

- ERRORE
- MISURE DI TEMPERATURA
- ESTENSIBILITÀ
- MISURE DI PRESSIONE
- MISURE DI PORTATA
- CONTROLLI NON DISTINTIVI E ULTRASUONI
- CATENA DI MISURA

ASSISTENTE: FAGIOLI

DOMANDA 1: Disegnare e descrivere il tubo di Pitot, mettere in relazione la differenza di quota misurata nel manometro con la velocità del flusso

. Disegno Tubo di Pitot

. Descrivo P_0 (ristagno), P [strato limite, effetti di NASO (crollo di P per effetto del gradiente favorevole) e STELO (aumento di P per effetto del bloccaggio) auto compensanti]

. Applico Bernoulli sulla streamline di ristagno e ottengo l'espressione di P_0 , la inverto e scrivo la velocità (relazione A)

. Applico Bernoulli tra le superfici libere del manometro (corrisponde ad applicare Stevino, siamo in fluidostatica) per ottenere la differenza di pressione e la sostituisco nella "relazione A". Così facendo ho ottenuto la relazione che lega velocità del flusso e differenza di quota.

DOMANDA 2: Disegnare un collegamento a Ponte di Wheatstone e sottolineare le differenze fondamentali tra i collegamenti a 2 e 3 fili (quali sono i fili 1 e 2, quali sono i fili 1, 2 e 3?). Disegnare le resistenze parassita nei fili di collegamento.

DOMANDA 3: Disegnare schematicamente un Misuratore di Portata Massico – Termico e descriverne il funzionamento

. Serve un HoneyComb nel condotto principale in modo da rendere laminare il flusso (che è laminare anche nel capillare). Così facendo la portata nel capillare risulta proporzionale a quella nel condotto principale secondo il rapporto delle aree delle due sezioni.

DOMANDA 4: Termocoppie, le proprietà caratteristiche. Differenze principali tra termocoppia e termistore.

In un unico grafico con R o FEM in ordinata e T in ascissa mettere a confronto andamenti di termistore e termocoppia, evidenziando le differenze, in particolare la sensibilità degli strumenti. C'è da fare attenzione a far finire il grafico del termistore a T non troppo alte e fare poco inclinata la curva della termocoppia

DOMANDA 5: Come trovo il valore di sensibilità? E' la derivata e quindi la pendenza della curva in un intervallo, è importante sottolineare quest'ultima cosa perché l'andamento della termocoppia in particolare non è lineare, ma lo può essere a tratti

DOMANDA 6: Per cosa uso un termistore piuttosto che una termocoppia? Per temperature più piccole e soprattutto per variazioni di temperatura piccole (è più sensibile)

DOMANDA 7: Caratteristiche degli strumenti di misura. Range, span, curva caratteristica, linearità e i suoi 3 tipi.

DOMANDA 8: Grafico della linearità nelle sue tre forme. Quante volte salgo e quante volte scendo per fare una taratura? Se lo faccio più volte, quale è il criterio per dire basta? Devo sottoporre gli output registrati a un'analisi statistica

ASSISTENTE: GULINO**DOMANDA 1: E' assegnata una tabella di dati con ingresso x e uscita y. Quali sono i metodi di regressione per capire il trend di questi dati?**

. Metodo ai minimi quadrati (va scritta la formula e indicato il significato degli elementi che compongono la formula): scrivo l'equazione di minima distanza:

$$\text{somma}[y(\text{tabella}) - f(x, \text{BETA}_i)]^2 = \min$$

poi sostituendo la curva approssimante (ad esempio una retta $f(x) = m \cdot x(\text{tabella}) + b$, i cui BETA_i sono m e b) si deriva la sommatoria rispetto alle variabili BETA_i e si pone la derivata nulla. Si ottengono due equazioni (grado n della curva scelta + 1) nelle incognite BETA_i (m e b nel caso della retta) e sostituendo $n+1$ punti della tabella si possono ricavare i valori di m e b .

. Metodo ai punti estremi: traccio la retta passante per i valori di OUTPUT min e max.

. Metodo salita/discesa: traccio una retta passante per gli OUTPUT con INPUT in salita e poi un'altra passante per gli OUTPUT con INPUT in discesa. La media delle due rette sarà la mia retta di best fit.

DOMANDA 2: Quali analisi possono essere condotte nel dominio tempo-variante e tempo-invariante?

. Tempo-Invariante: si utilizzano per analisi di carichi statici o ciclici, si può condurre un'analisi di REGRESSIONE, di DERIVA, di CARATTERISTICA (legge di corrispondenza IN/OUT, permette di associare ad un valore in kg una tensione in mV ad esempio), di ACCURATEZZA, di RIPETIBILITA', di DERIVA, di PRECISIONE, di FONDO SCALA, di SENSIBILITA', di ISTERESI.

. Tempo-Variante: si utilizzano per analisi di carichi dinamici, si ottiene un segnale ANALOGICO che deve essere convertito in digitale per una più comprensibile lettura. Il rischio è quello di incorrere nel fenomeno di ALIASING (distorsione del segnale), per evitarlo ci serviamo del Teorema del Campionamento (o della frequenza di Nyquist): si deve campionare ad una frequenza pari MINIMO al doppio della frequenza massima.

Fa disegnare una sinusoide e chiede supponendo $f=1\text{Hz}$, dove sono i punti nel caso in cui il campionamento avvenga con la frequenza minima accettabile, cioè $f_c=2\text{Hz}$ (si devono indicare i punti che sono sui massimi/minimi della sinusoide e unirli, ma nel caso sfortunato potrebbero essere anche negli 0, ottenendo un segnale costante che non permette una lettura: è questo il motivo per cui si deve fare MINIMO un campionamento al doppio della frequenza massima e solitamente si campiona almeno a 3-5 volte tale frequenza).

DOMANDA 3: Parlare dell'utilizzo degli ultrasuoni nel caso di Prove non Distruttive

. Trattazione generale sugli ultrasuoni, esistono 2 modalità che dipendono dall'utilizzo che si fa della sonda emettitrice.

. Parlare dello Scattering

. Per determinare la posizione e dimensione delle cricche devo contornare il pezzo con la sonda (farla scorrere in tutte le direzioni) e osservare il segnale di ritorno nella sonda, quando l'ampiezza del segnale sonoro di ritorno (che se non siamo sopra al difetto corrisponde con l'ECO DI FONDO) cala di 6dB (6dB

Drop) significa che la pressione sonora si è dimezzata a causa della presenza del difetto, che ne induce sempre un calo. Si tiene conto di un valore percentuale del 50% perché il fascio ultrasonoro è planare e non rettilineo, per cui non è possibile eseguire una misura puntuale.

DOMANDA 4: Parlare degli errori casuali

. Sono dispersi e hanno media nulla

. I dati affetti da errori casuali si valutano per mezzo di distribuzioni Gaussiane. Disegno la campana di GAUSS (Attenzione: ASSE X: rappresenta le variabili casuali, ASSE Y: frequenza, che diventa pari alla densità di probabilità nel caso in cui i campioni tendano a infinito). L'area sottostante alla campana di Gauss rappresenta la PROBABILITA' (che è la cumulata della frequenza).

DOMANDA 5: Come si arriva alla legge che regola il comportamento degli estensimetri?

. Si scrive la legge di OHM ($R = \text{resistività} \cdot \text{lunghezza} / \text{sezione}$) si passa all'espressione logaritmica e poi differenziale (differenziale logaritmico). *Lui vuole la dimostrazione, quindi controlla le slides!* Quando si passa all'espressione differenziale si deve prendere un volume di controllo (un cilindretto di estensimetro, da disegnare nel tratto longitudinale di filo). Attraverso le sostituzioni con deformazioni e gauge factor si arriva all'espressione: $dR/R = k \cdot \text{Epsilon}$.

. Se mettesi il cilindretto infinitesimo nel tratto trasversale di filamento otterrei la stessa espressione per dR/R , ma con il gauge factor e Epsilon trasversali. Per ridurre l'effetto della variazione di resistenza legata alle deformazioni trasversali posso (guardando la legge di ohm scritta prima) aumentare la sezione del filamento oppure ridurre la lunghezza del tratto trasversale, però non posso farlo più di una certa quantità, ho un limite superiore! Allora invece di ridurre la lunghezza trasversale, per ridurre la lettura delle deformazioni trasversali e massimizzare quella delle deformazioni longitudinali posso aumentare la lunghezza del tratto longitudinale e questo avviene aumentando il numero degli avvolgimenti.

. La CONSTANTANA si chiama così perché ha la resistività costante (per cui $d(\rho)/\rho$ può essere semplificato).

. Come mai c'è il meno nell'espressione $\text{Epsilon}_T = - \text{Ni} \cdot \text{Epsilon}_A$? Perché nel caso di trazione, ad un allungamento assiale corrisponderà un accorciamento trasversale per la costanza del volume.

DOMANDA 6: Come faccio a misurare le forze di flessione su una mensola?

. Posso mettere 1, 2, 4 estensimetri. Descrivere gli effetti di compensazione che si ottengono con 2 estensimetri uno sopra e uno sotto opposti nel ponte di Wheatstone (compensazione sforzi normali nel caso di carichi oscillanti). Inoltre 2 estensimetri permettono di prescindere dagli effetti di variazione termica (uno sul pezzo che si deforma per effetto termico+carichi e un altro su un pezzo che si deforma soltanto per effetto termico). Indicare i vantaggi di mettere 4 estensimetri e come andrebbero posizionati (maggior sensibilità, vedi slides per il posizionamento).

DOMANDA 7: Come faccio a tarare una cella di carico?

. Si esegue un'analisi sulla CARATTERISTICA: applico carichi noti, da 0 a F_{max} (minore del limite di snervamento dell'estensimetro) e poi da F_{max} a 0. Registro gli OUTPUT noti gli INPUT: ho eseguito la taratura.

ASSISTENTE: TADDEI

1) Misure di portata con diaframma, grafico caduta di pressione

2) Perché non posso conoscere il coefficiente di efflusso a priori? Come uso il diaframma se non conosco Reynolds? Procedura iterativa, ipotizzo una portata, risalgo alla velocità, al Reynolds e infine al coeff. Di efflusso

3) Se voglio l'incertezza sulla portata, ho uno strumento con errore noto, so l'errore sulla densità, qual è l'incertezza totale?

Uso il metodo di propagazione degli errori di Gauss $\sigma_Q = \text{radice quadrata di } (\text{derivata parziale di } Q \text{ rispetto a } \rho \text{ al quadrato per } \sigma_\rho \text{ al quadrato più derivata parziale di } Q \text{ rispetto a } P \text{ al quadrato per } \sigma_P \text{ al quadrato})$

4) Termocoppie discorso generale

La curva caratteristica del sensore (curva di taratura)

La termocoppia è uno strumento lineare? No, perché i coefficienti di misura variano con la temperatura stessa (fig pg 11)

Perché uso una coppia di materiali piuttosto che un'altra? Voglio linearità nella zona in cui sta lavorando la termocoppia

Spiegazione grafico pg 13

Confronto RTD-Termocoppie-resistori (curve di taratura in particolare)

3 modi per ottenere linearità

5) Curva di taratura e come la ottengo? Misuro tante volte con ingresso diverso, lo faccio per tutto il range sia a crescere che a decrescere e interpolo i punti, trovo poi le curve di taratura. Non ha senso confrontare le uscite, soprattutto se queste sono tra grandezze diverse.

6) Significato di accuratezza e precisione, ho uno strumento molto accurato e uno molto preciso, quale uso per misurare? Posso risolvere un difetto a uno dei due? La soluzione migliore è prendere uno strumento preciso e renderlo accurato tarandolo. Adesso quello preciso è anche accurato, l'altro non saprò mai se mi sta dando il valore corretto, nemmeno dopo infinite prove

PROFESSORE: VANGI

1) Estensimetri ottici. Come è fatto e su che principio si basa

2) Ispezione a ultrasuoni, come funziona e come dimensiono il difetto

ASSISTENTE: ANTONIO VIRGA

- Errori : Classificazione errori:** sistematici, parassiti, casuali. Definizioni.

Osservazione: casuali= spiegare media e varianza e quindi la Gaussiana (con il teorema del limite centrale). Questa ci da la stima del valore vero se non ci sono errori sistematici.

Dopo aver trovato un errore parassita che si fa?: si usa **Chauvenet**-> spiegare criterio di utilizzo e formula $n(1-p)=1/2$ (dove p è l'intervallo di accettabilità). Descrivere la procedura e le altre tecniche di rigetto (togliere le code di Gauss oppure togliere i valori più alti e più bassi) e sottolineare che Chauvenet è più raffinato.

Errori sistematici: definizione (insensibili al ripetersi delle misure). Si hanno per strumento non calibrato. Si possono evitare in 2 modi: 1) a valle con software (?) 2) con calibrazione usando campioni noti.

Taratura: definizione e procedimento. Serve per trovare la curva di trasferimento. Servono campioni noti e si fa per confronto. Si parte con ingresso nullo -> uscita nulla (altrimenti c'è deriva). Registrazione all'andata e al ritorno (per evitare isteresi e altri problemi). Il campione più piccolo con cui si parte è 0 e il massimo è il fondo scala.

Osservazione: quanti campioni servono? Dipende da quanto la funzione è complicata (per la retta ne servono meno rispetto alla parabola) -> devono essere 3 o 4 volte il grado della curva.

Come si passa da punti sperimentali a retta?: polinomio interpolante, ma è meglio usare la retta di best-fit. Come funziona e come si ricava: conoscendo ingressi e uscita si devono trovare (pendenza e termine noto)-> retta dei minimi quadrati (retta con le minime distanze al quadrato)= si minimizza la somma delle distanze al quadrato.
- Estensimetro autocompensato rispetto alla Temperatura:** la deformazione apparante deve essere circa nulla (di solito a 23°C). La taratura si fa a Temperatura ambiente.

E' sempre autocompensato a Temperatura ambiente o c'è condizione particolare?: lo è per uno specifico materiale.
- Conversione Analogico/Digitale (A/D):** definizioni di Campionamento e di Quantizzazione

Descrivere Quantizzazione: passo di quantizzazione $[(p=D/(2^b))]$ e errore massimo $[q=-(p/2)]$. Errore casuale è dentro questo passo, ma ha distribuzione Rettangolare (e non Gaussiana).

Campionamento e teorema del campionamento: definizione del campionamento. Teorema=frequenza minima per fare campionamento (Nyquist->almeno 2 volte frequenza massima). Evitare aliasing così che non ci siano errori nel ripassare da D ad A. Si possono usare filtri poiché non si conosce la frequenza massima. Se non si rispetta Nyquist c'è sovrapposizione nel diagramma ampiezza/frequenza.

Osservazione: spettro= rappresentazione del segnale nel dominio della frequenza.
- Estensimetri perché si usa il Wheatstone:** legge di Lagrange e di Eulero (che per noi sono equivalenti). $\xi=\Delta l/\text{lunghezza iniziale}$. Sensibilità= se si varia ξ varia la Resistenza elettrica (R)-> $dR/R= K\xi$. E' un condizionatore del segnale e ci fa passare da ΔR a ΔV . Fare schema del circuito a ponte intero (ricordarsi di specificare dove si fa la misura e dove si mette alimentazione). $V=E/4(\Delta R1/R1..)$ poiché $\Delta R/R = K\xi$ allora $\Delta V= EK/4(\xi1-\xi2+\xi3-\xi4)$.

Osservazione: il K è la pendenza della retta di best-fit!

Spiegare un po' le altre configurazioni ($\frac{1}{2}$ ponte e $\frac{1}{4}$ ponte).

Bilanciamento nullo=> $R1 \cdot R3=R2 \cdot R4$ allora ΔV e $\Delta R =0$.

Osservazione: i rami adiacenti si sottraggono per compensare la Temp o carichi che non ci servono. Il ponte si usa anche per aumentare la sensibilità: esempio provino a trazione con 4 facce dove si orientano a 90° uno rispetto all'altro (a parità di carico aumenta il ΔV in uscita).

ASSISTENTE: MAURIZIO DE LUCIA

1. **Sonde Pneumatiche a 3 fori**: da sapere le formule dei coefficienti. A cosa servono queste sonde e cosa misurano (P_{tot} e $P_{statica}$). Viene tarata con un flusso noto \rightarrow si mette la sonda nella direzione della velocità e si misurano le 3 pressioni facendo variare l'angolo (si ripetono le misurazioni per le varie angolazioni). Una volta note le Pressioni si possono trovare i coefficienti in forma diretta e inversa. Con i coefficienti si può rendere la sonda insensibile alla velocità. Fatto ciò la sonda è tarata e si può adesso usare su un flusso non noto. Per usarla però il foro centrale deve essere allineato al flusso così da poter misurare P massima. Si possono quindi trovare le P statiche e quindi risalire alla velocità del fluido.

Come ci accorgiamo del cambio di velocità?: ad esempio se aumenta la velocità non è detto che aumenti la P_{tot} dipende se si agisce a monte o a valle del condotto. Quello che si registra è una variazione della ΔP tra P_{tot} e $P_{statica}$. Questo si può poi registrare nella variazione del denominatore di uno dei coefficienti (che ci fa da spia).

Osservazione: i coefficienti sono insensibili alla velocità perché le pressioni dipendono dalle accelerazioni che a loro volta dipendono dalla variazione di geometria della sonda. Siccome la sonda è sempre la stessa allora la variazione di pressione dipende dall'aerodinamica.

RICORDA: per questo durante la taratura si tiene il flusso fermo e si varia l'angolazione della sonda (così da "sistemare" la variazione di geometria).

La non dipendenza dei coefficienti dalla velocità può essere un fatto positivo poiché così si può tarare la sonda con un fluido diverso da quello incognito da studiare.

2. **Essiccatore**: si disegna un essiccatore per prosciutti e si deve fare un collaudo. Le cose che ci interessano di più sono: la Temperatura nella camera dove ci sono i prosciutti (poiché deve lavorare a temp basse) e l'UMIDITA'. Quindi la chiave è capire quanta acqua si porta via con questo processo e quanto calore serve fornire per farlo (all'interno della camera c'è una resistenza che fornisce calore, ma era meglio metterla all'imbocco della sezione 1 e non dentro la camera [così da non rovinare i prosciutti]). La temperatura si poteva misurare con termocoppie o termoresistenze. Si poteva pensare di misurare anche la portata (ma non era troppo necessario) e per farlo sarebbe stato meglio usare un tubo di Venturi (poiché diaframma o boccaglio creano troppe perdite).

Diaframma: spiegare cos'è e le sue applicazioni. Parlare delle prese (in particolare quelle a D e a $D/2$). Per spiegarle fare schema e applicare Bernoulli (trascurando variazioni di quota). Come si tara? Non si tara. Ci sono delle norme e va dimensionato caso per caso.

Differenze tra termocoppie e termoresistenze: descrizione.

Pitot: descrizione. Misurazione di ΔP tra P_{tot} e $P_{statica}$ \rightarrow spiegare il funzionamento. Come si tara? Bisogna metterlo allineato al flusso e non serve una specifica taratura (è costruito per misurare P_{tot} e $P_{statica}$).

ASSISTENTE: PIERUCCI

Candidato 1

entrato a metà interrogazione mentre faceva domanda sul tubo di Pitot. Gli stava chiedendo come si fa a capire che il tubo è allineato col flusso. Si deve farlo girare sui 360°, è allineato col flusso quando la differenza di pressione registrata è massima (questo perché la statica è sempre costante, mentre solo quando il tubo è allineato col flusso in testa al tubo si registra la pressione di ristagno, che è la massima).

Candidato 2

-dimmi tutto quello che sai delle termoresistenze (come sono fatte, come si collegano ecc.) poi mentre parlava aggiungeva domande:

-relazione tra R e T (lineare a mezzo di fattore alfa)

-vantaggi delle termoresistenze rispetto alle termocoppie

-come si collegano le termoresistenze

-come è fatto e come funziona il ponte di Wheatstone

-come funziona il collegamento a 3 fili, svantaggi e vantaggi, confronto con 4 fili

-differenze tra termoresistenze, termistori e termocoppie. La differenza, oltre che nel funzionamento, risiede anche nel range di utilizzo (range T resist. > range T termist.); inoltre termoresistenze e termistori hanno un andamento lineare rispetto alle termocoppie. Chiesto di disegnare i grafici). La maggior pendenza del grafico dei termistori è indice di maggior sensibilità.

-ordine di grandezza segnale uscita delle termocoppie (microVolt). Perché così basso? Perché la pendenza della curva è molto minore rispetto a quella delle termoresistenze e dei termistori.

Un altro vantaggio è che sono autoalimentate, il che permette di usarle anche in ambienti difficili da raggiungere. Quali sono i più costosi? Termistori.

-Sensore massico termico. Come funziona e cos'è? (disegnare schema) importante spiegare che si può usare solo per portate piccole poiché per portate (v) elevate la misura della T2 è influenzata dagli effetti convettivi, che sono più rilevanti.

Candidato 3

-Sensore massico di Coriolis (è sufficiente spiegare come funziona e schema, in più formule e dimostrazione) (MOLTA importanza a questa domanda, nel senso che non la sa mai nessuno)

-Termocoppie

gli svantaggi principali sono che hanno bisogno di Trif. e il segnale in uscita è molto basso.

Candidato 4

-Caratteristiche principali che si trovano in tutti i trasduttori (es. caratteristiche date che descrivono il funzionamento e le performance).

Attivo/passivo, sensibilità, fondo scala, span, accuratezza, ripetibilità, risoluzione. (con spiegazione di tutte le car.)

-es. sensore non accurato. Che tipo di errore è? Casuale. Qual è l'unico modo per ovviare a quest'errore? Svolgere molte misurazioni.

-isteresi: quando avviene e quali tipi ci sono. Tra salita e discesa ci sono differenze a causa dell'attrito.

-domanda per 30 e lode: data una mattonella W x L x H, voglio calcolare la conducibilità termica. Come procedo?

Considero $Q=A*k/S (T2 - T1)$

Con delle resistenze elettriche scaldo la mattonella da un lato, isolando le resistenze per non generare perdite di potenza termica e rendere il flusso monodimensionale. Poi misuro T sulle due facce. Per farlo ipotizzo un delta T di qualche grado, quindi posso usare termoristenze o termistori. Sull'altra faccia pongo i sensori, su tutta la faccia per verificare che il flusso sia monodimensionale. La formula è valida per condizioni stazionarie e fl. Monodimensionale., quindi devo anche aspettare che le condizioni si stabilizzino.

Candidato 5

- Tubo di Pitot: funzionamento e car. Principali.
- sensore massico termico (cand 2)

ASSISTENTE: SALVESTRINI

Candidato 1

Misure di portata (generale). Spiegazione e funzionamento
Supponiamo di avere tubo con flusso all'interno. Misuriamo T_{in} e T_{out} ($T_{out} > T_{in}$). Si misura la portata massica. Sapendo le incertezze sulle 3 misure, siccome $Q = m \cdot c_p \cdot (T_{out} - T_{in})$, qual è l'errore associato alla potenza Q?

Candidato 2

- Parla del Rotometro: a cosa serve, come è fatto.
- Misuratore di portata elettromagnetico: come funziona, come è fatto. Come deve essere il fluido? Conduttore ma non magnetizzabile (per evitare autoinduzione). Vantaggi? Non si aggiungono perdite, non si altera il campo di moto.
- Quali sono le precauzioni da prendere quando si fanno misure di temperatura. Errori di conduzione, di convezione, di irraggiamento.

Candidato 3

- Tubo di Pitot. Dove si mettono le prese statiche e con che criterio. Effetto di naso, effetto di stelo. Graficare i due effetti.
- termistori
- termoresistenze. Considerazioni sulla durata e sulla velocità di risposta in funzione della geometria e del tipo di sonda. Differenza tra 2, 3, 4 fili
- trasduttori piezoresistivi: caratteristiche e esempi di materiali. Fattore di gage. Drogando i materiali si ottiene un effetto diretto su gage factor, che diventa costante.
- Gli altri tutte le stesse