

Sensori caratteristiche metrologiche in regime dinamico

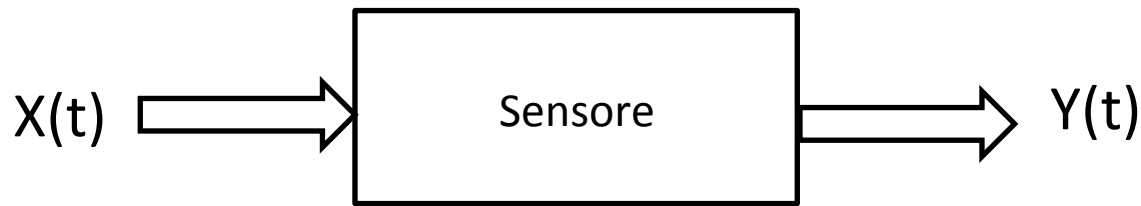
Premessa

- Caratteristiche metrologiche in regime stazionario
 - Sono l'insieme delle indicazioni necessarie a legare l'uscita del sensore al misurando, quando il sensore funziona in regime stazionario

- Caratteristiche metrologiche in regime dinamico
 - Sono l'insieme di quelle indicazioni che consentono di legare l'uscita del sensore al misurando, quando questo varia in modo tale che non si può più assumere che il sistema funzioni in regime stazionario.
 - Spesso sono tra le indicazioni più difficili da interpretare; spesso sono del tutto mancanti, perché il costruttore presume che il sensore venga usato in regime stazionario.

Sensori caratteristiche metrologiche in regime dinamico

- La domanda a cui si vuole rispondere è: come si comporta l'uscita del sensore quando il misurando varia nel tempo?

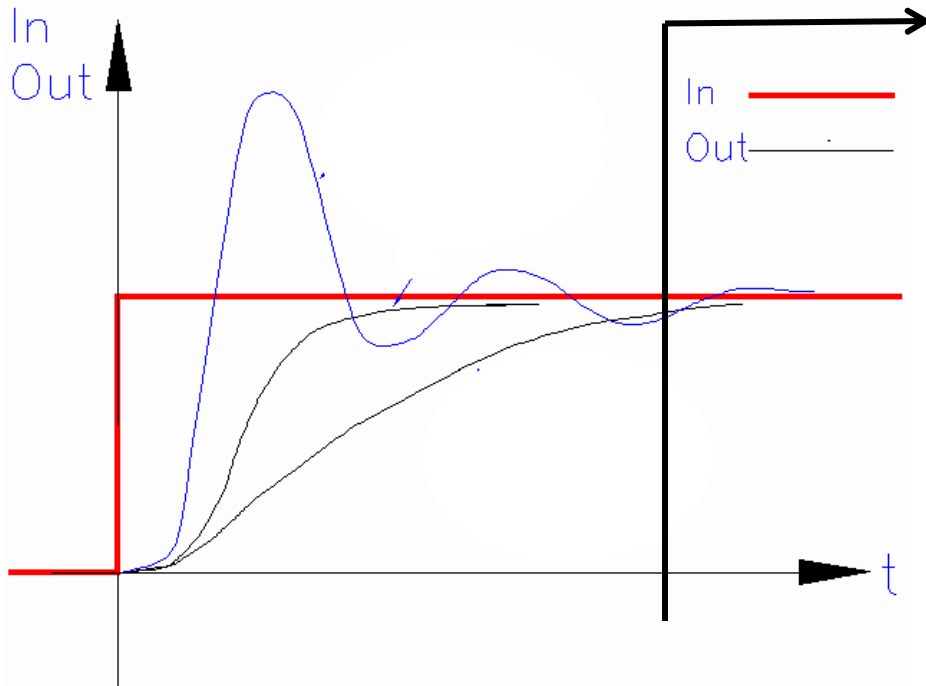


Sistema dinamico caratterizzato dalle leggi fisiche legate al suo principio di funzionamento

- Studiamo quali sono i parametri che ci danno informazioni sul nostro trasduttore sia nel dominio della frequenza che del tempo

Sensori caratteristiche dinamiche

Cosa ci aspettiamo ad esempio per un misurando che varia con una funzione a gradino?



Da qui in poi valgono le condizioni stazionarie viste prima

Necessità di fornire parametri sintetici che descrivano il comportamento dinamico del sensore.

Non viene mai data la funzione di trasferimento o la risposta al gradino.

Sensori caratteristiche dinamiche

- Dominio frequenza

- risposta in frequenza

- Ipotesi: trasduttore lineare

- » ovvero rappresentato da un sistema dinamico di tipo lineare

- Supponiamo di poter applicare in ingresso al trasduttore un misurando che ha l'andamento di un segnale sinusoidale di ampiezza costante (X) e di poter quindi variare la sua frequenza ($f=\omega/2\pi$)

$$x(t) = X \sin(\omega t)$$

Sensori caratteristiche dinamiche

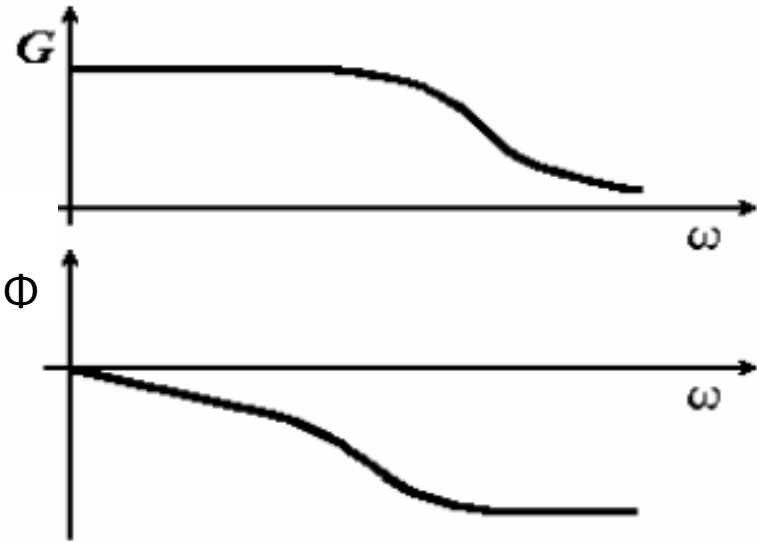
■ Dominio frequenza

- Ci aspettiamo che l'uscita abbia ampiezza costante (non più X a causa della trasformazione avvenuta) e di frequenza uguale a quella del corrispondente misurando.
- Possiamo anche ragionevolmente pensare che l'uscita sia in lieve ritardo sull'ingresso e quindi che le due onde sinusoidali che rappresentano ingresso ed uscita siano sfasate (Φ) con quest'ultima in ritardo.

$$y(t) = G(\omega)X \sin(\omega t + \phi(\omega)) \quad \tau_{ritardo} = \frac{\phi(\omega)}{\omega}$$

- G rapporto tra l'ampiezza della sinusoide in uscita e l'ampiezza di quella di ingresso (guadagno del trasduttore)
- **G e Φ variano al variare di ω**

Sensori caratteristiche dinamiche



Risposta in ampiezza

Risposta in fase

Banda passante

- La banda passante rappresenta **il campo di frequenze del misurando per cui l'ampiezza delle oscillazioni dell'uscita viene mantenuta proporzionale alla ampiezza delle oscillazioni del misurando stesso**
 - il campo di frequenze in cui il guadagno G può essere considerato costante.

La banda passante è solitamente l'unico parametro che ci viene fornito

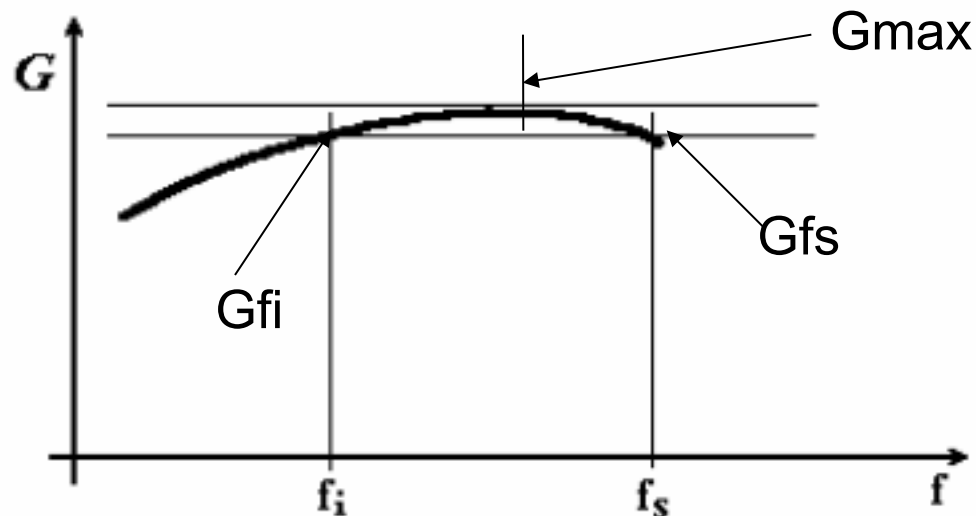
Sensori caratteristiche dinamiche

- Per frequenze maggiori della banda passante cosa succede?
 - Distorsione di ampiezza: le componenti frequenziali al di fuori della banda passante subiscono un'attenuazione maggiore e **non nota** visto che non ci viene di solito fornita la risposta in frequenza del sensore
 - In altre parole non siamo in grado di risalire tramite l'uscita all'ampiezza dell'oscillazione del misurando visto che non conosciamo la relazione che intercorre tra le due
 - Distorsione di fase: se la fase non ha un andamento lineare in ω le componenti frequenziali a frequenza diversa subiscono ritardi diversi

▪ **Come comportarsi in un caso pratico?**

- Considero il campo utile di frequenze del segnale da analizzare. Scelgo il sensore che ha una banda passante maggiore rispetto alla massima frequenza utile e mi comporto come se fossi nel caso stazionario.

Sensori caratteristiche dinamiche



Caso Reale:

Si considera come banda passante quel campo di frequenze in cui il guadagno G del trasduttore si mantiene entro una fascia di valore prefissata (rispetto al massimo). Gli estremi della banda passante si chiamano "frequenza di taglio inferiore" e "frequenza di taglio superiore"

- Nota: nella maggioranza dei casi troveremo $f_i=0$
- Di solito si parla di banda a -3dB ovvero attenuazione rispetto al massimo di $1/2^{0.5}=0.707\dots$ circa il 70% del guadagno massimo

$$(20 \log(G_{fi}/G_{max})= 20 \log(G_{fs}/G_{max})=-3)$$

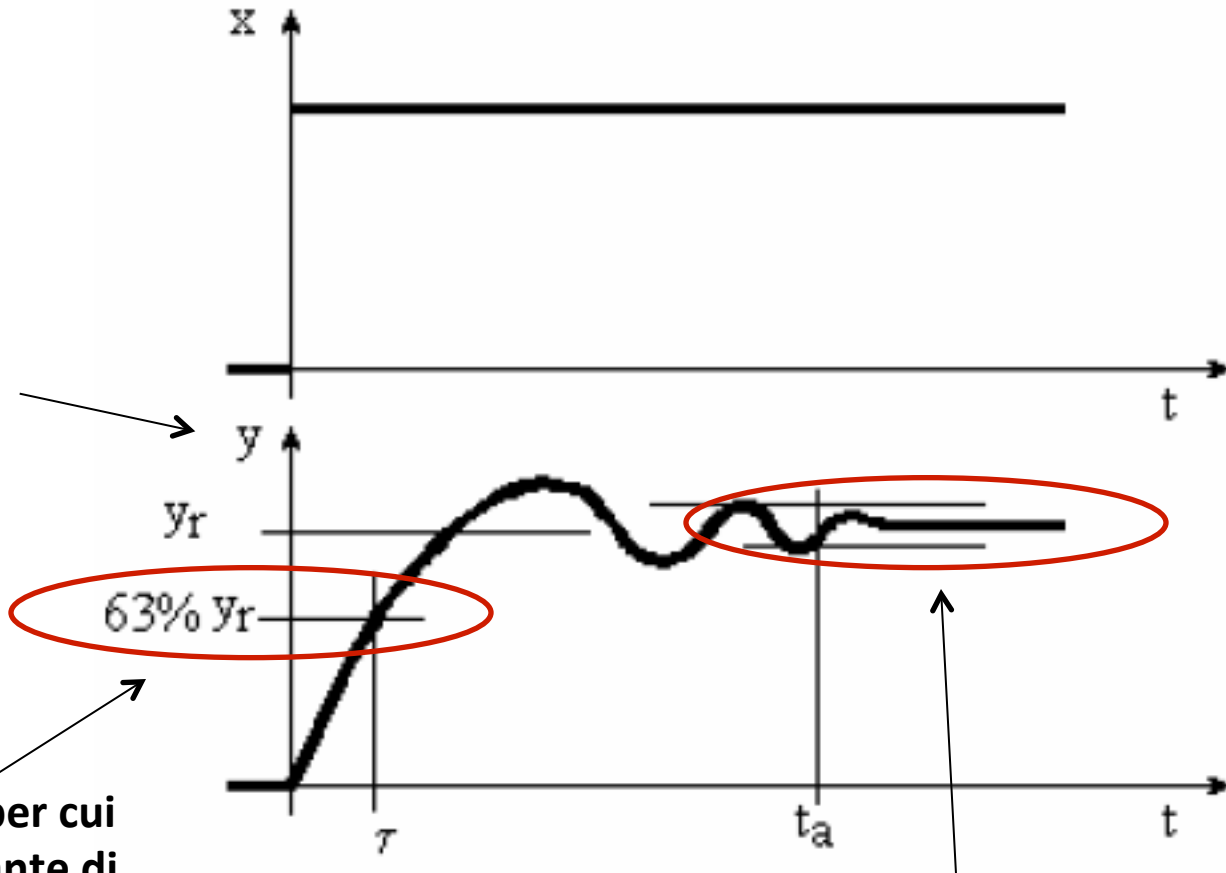
Caratteristiche del Sensore – Dominio del Tempo

■ Dominio tempo

- Si valuta la risposta del sensore a una variazione a gradino del misurando.
 - Costante di tempo: ritardo fra la applicazione dell'ingresso e l'istante in cui il valore dell'uscita raggiunge il **63%** del valore che avrà una volta terminato il transitorio (quest'ultimo valore viene chiamato "valore di regime").
 - Tempo di assestamento (settling time): fissata una fascia di valore intorno al valore di regime dell'uscita (ad esempio 5%), è l'intervallo di tempo fra l'istante in cui ha inizio il gradino del misurando e l'istante in cui l'uscita entra, per non uscirne più, nella suddetta fascia di valore.

Caratteristiche del Sensore – Dominio del Tempo (2)

Nota: In questo caso particolare l'offset è nullo



Valore dell'uscita per cui determino la Costante di tempo

Valore dell'uscita per cui determino il Settling Time

Esempi di Possibili Domande teoriche

- Definire le seguenti caratteristiche di un sensore:
 - Funzione di taratura, incertezza di taratura, linearità
 - Banda passante
 - Grandezze di influenza e funzioni di influenza
 - Fare al meno un esempio di un caso reale.
- Descrivere le principali caratteristiche metrologiche di un sensore in regime stazionario
- Descrivere le principali caratteristiche metrologiche di un sensore in regime dinamico
- Definire la calibrazione di un sensore