



Comitato tecnico 4.2 – Ponti

Caratteristiche e performance dei sensori

Ing. Riccardo Romanelli
DSPM Industria – Ufficio Tecnico

Roma

Ottobre 2022

Importanza dei Sensori nei Monitoraggi Statici e Dinamici

Il monitoraggio richiede un complesso sistema di dispositivi HW e SW in grado di rilevare le principali grandezze fisiche di interesse, per la loro successiva analisi.

Il sensore rappresenta il nodo di trasduzione tra grandezza fisica da rilevare e grandezza elettrica gestibile dal sistema.

➔ **L'attendibilità e qualità delle analisi** ottenibili è direttamente dipendente dalle caratteristiche dei **Sensori adottati**

Monitoraggi Statici

- Inclinatori (MEMS, Servoinclinatori)
- Sensori di deformazione (Estensometri)
- Sensori di spostamento (Potenziometri lineari, LVDT, Trasduttori a filo)

Monitoraggi Dinamici

- Accelerometri Force Balance
- Accelerometri MEMS (Capacitivi)
- Accelerometri Piezo

Principali caratteristiche dei sensori

A prescindere dalla tipologia di sensore e tecnologia costruttiva, le performance vengono descritte da una moltitudine di parametri, che costituiscono le **Caratteristiche Tecniche** del sensore.

- Range di misura
- Risoluzione
- Linearità
- Isteresi
- Ripetibilità
- Stabilità termica
- Risposta in frequenza
- Offset
- Sensibilità
- Cross axis
- Uscita Elettrica
- Rapporto Segnale/Rumore
- Grado di protezione ambientale
- Resistenza agli agenti esterni

➔ Nonostante esistano degli Standard Internazionali che definiscono le caratteristiche e la loro determinazione (ISO, IEEE, ASTM, NEMA etc..), per ragioni storiche e di collocazione geografica NON si ha una perfetta omogeneità e comparabilità delle caratteristiche dichiarate dai diversi Costruttori.

Caratterizzazione Metrologica dei sensori

I sensori sono forniti con documentazione tecnica a crescenti livelli di approfondimento metrologico:

- Scheda tecnica / Datasheet nominale (requisito minimo)
- Test funzionale
- Test report con misure a temperatura ambiente
- Test report con misure a diversi livelli di temperatura
- Test Report di taratura Riferibile e Certificato di Conformità
- Taratura LAT (ISO 17025)



E' fondamentale disporre di un livello di caratterizzazione **adeguato ai requisiti** di misura.

Performance Index

E' la metodologia sviluppata con l'intento di fornire uno strumento analitico di valutazione dei sensori, finalizzato a determinarne l'idoneità per gli scopi di monitoraggio.

I suoi punti cardine sono:

- Definizione delle caratteristiche tecniche essenziali per ogni tipologia di sensore / impiego
- Definizione delle unità di misura di dette caratteristiche
- Formula di calcolo della Performance
- Classificazione d'idoneità

Per la definizione dei coefficienti nelle formule di calcolo si è utilizzato un campione di oltre 50 sensori per tipologia, dei quali sono note le prestazioni in condizioni operative.

➡ La metodologia è di **semplice applicazione** e fornisce un risultato affidabile e concludente per stabilire il **livello di adeguatezza** del sensore in esame per l'impiego previsto.

Esempio di applicazione ad Accelerometro monoassiale

Calcolo del PI (Performance Index) a partire dalle caratteristiche tecniche essenziali:

- **LIN**: Errore di linearità (BFSL), espresso in **g**
 $LIN [g] = (\text{Err. linearità} [\%FS] * FS [g]) / 100$
- **RIS**: Risoluzione, dipendente dal rumore, espresso in $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
 $RIS [g] = \text{Noise} [\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}] * 12,25 * (10^{-6})$
- **DTZ**: Stabilità Termica di zero, espressa in **g**
 $DTZ [g] = (STZ [mg/^{\circ}C] * 40) / 1000$

$$PI = \frac{1}{DTZ + \sqrt{10 * LIN^2 + 1000 * RIS^2}}$$

Correzione del PI in funzione della documentazione metrologia

- Per accelerometri con Certificato di Calibrazione LAT + Certificato di Conformità (CoC), si assume:

$$PI_{Tot} = PI$$

- Con Test Report riferibile di risposta in Frequenza e Sensibilità + Certificate di Conformità (CoC):

$$PI_{Tot} = \frac{PI}{1,5}$$

- Con il solo datasheet nominale o test funzionale:

$$PI_{Tot} = \frac{PI}{4,0}$$

Classificazione di idoneità

Il risultato finale è quello di stabilire la classe di idoneità dell'accelerometro

$PI_{Tot} > 40$ adeguato per misure in tutte le posizioni della struttura

$35 < PI_{Tot} < 40$ adeguato per misure in posizioni strutturali con piccole deformazioni dinamiche

$25 < PI_{Tot} < 35$ NON adeguato per misure in posizioni strutturali con piccole deformazioni dinamiche

$PI_{Tot} < 25$ NON adeguato per monitoraggi dinamici