
Sperimentazione sulle macchine

Finalità

Il corso fornisce un approccio basilare alla materia delle misure e dei collaudi sulle macchine. Da un primo esame funzionale del generico sistema di misurazione, si descrivono i parametri fondamentali che ne caratterizzano il funzionamento e le metodologie per l'analisi del comportamento nelle condizioni d'impiego stazionarie e non. Successivamente si presentano i principali strumenti impiegati nell'ambito dei collaudi delle macchine, con esempi di applicazione per il collaudo di macchine a fluido.

Programma

Richiami generali

Concetto di Misura

Definizioni. Modello specifico e dettagliato alla base del processo di misurazione

Sistemi di Unità di Misura

Grandezze fisiche fondamentali e derivate. Sistemi del passato e il Sistema Internazionale

Qualità della Misura

Concetto di precisione: errore ed incertezza. Errori sistematici e casuali

Valutazione dell'errore residuo:

metodo a priori: errori di lettura, di mobilità, di isteresi, di fedeltà, di zero, di taratura

metodo a posteriori. Distribuzione di Gauss. Stima della media da campioni di misure, distribuzione di Student. Criterio di Chauvenet. Analisi di normalità della distribuzione

Propagazione dell'incertezza. Formula di Kline-McClintock. Metodo della perturbazione sequenziale

Incertezza in fase di progetto, nella misura singola e nelle misure multiple

Sistemi di misurazione

Le misure secondo la loro finalità. Analisi funzionale dello strumento

Trasduttore elementare. Impedenze meccaniche

Errori di carico o inserzione

Disturbi interferenti e modificanti. Riduzione degli errori dovuti ad ingressi di disturbo

Analisi delle prestazioni statiche e dinamiche degli strumenti

Qualità metrologiche dello strumento. Taratura statica e dinamica

Caratteristiche statiche: Sensibilità statica. Linearità

Caratteristiche dinamiche:

Rappresentazione analitica del comportamento dinamico dello strumento

Evoluzione libera e risposta forzata; metodo della trasformata di Laplace

Funzione di trasferimento

Funzione di trasferimento sinusoidale, diagrammi di Bode e di Nyquist

Strumenti elementari: di ordine zero, a tempo morto, del primo ordine, del secondo ordine

Risposta ad un ingresso periodico e non periodico

Determinazione sperimentale dei parametri caratteristici in fase di taratura

Misure di Pressione

Manometri a deformazione di elementi elastici (a tubo di Bourdon, a membrana, a capsula)

Manometri a dislivello di liquidi

Manometri differenziali (a campana, cella Barton, a toro pendolare, capacitivo)

Strumenti assoluti: manometro a pistone a peso diretto, manometro di MacLeod

Manometro di Knudsen

Indicatore di Watt. Indicatori stroboscopici

Trasduttori di pressione, trasduttori piezoelettrici

Effetti dinamici dei volumi e dei condotti di connessione

Misura della pressione statica e di ristagno nei fluidi

Misure di Temperatura

Scale Internazionale Pratica di Temperatura

Termometri a dilatazione (di liquido, di gas, di vapore saturo, bimetallici)

Termometri a coppia termoelettrica. Compensazione della temperatura del giunto freddo. Misura della forza elettromotrice

Termometri a resistenza elettrica

Termistori

Pirometri ad irraggiamento totale e parziale (monocromatico, a temperatura del colore)

Altri metodi di misura della temperatura (metodi basati sul rumore di fondo e sul punto di Curie, campioni Seger, cristalli liquidi)

Misure di temperatura nei flussi. Errori di conduzione e per irraggiamento, effetti della velocità

Misure di Flusso

Metodi qualitativi di visualizzazione del flusso

Misure di velocità

Tubo di Pitot. Determinazione della direzione della velocità

Anemometri a filo e a film caldo
Cenni alla tecnica Laser Doppler
Misure di portata
Misura della portata volumetrica
Gasometro. Contatori per gas: a liquido, a soffietto, a lobi
Contatori per liquidi
Dispositivo a burette tarate
Mulinelli e misuratori a turbina
Misura della portata massica
Metodi a strozzamento
Rotametri
Misuratore a flusso laminare, per pesata, a galleggiante, a ponte, a forza di Coriolis
Dispositivi a spinta di fluido

Attività d'esercitazione

Nella seconda parte del corso verranno effettuate esercitazioni a gruppi relative al collaudo di pompe centrifughe e ventilatori di piccolo taglia, su attrezzature disponibili presso i laboratori del Dipartimento di Ingegneria Industriale.
Visita presso un banco prova industriale per la caratterizzazione di pompe e motori oleodinamico.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale sugli argomenti trattati durante le lezioni teoriche e, eventualmente su una discussione dei risultati ottenuti dalle esercitazioni svolte in laboratorio

Propedeuticità

nessuna

Testi consigliati

1. Angrilli, F., 1996, Appunti di Misure Meccaniche e Termiche Ed. CUSL Nuova Vita, Padova
2. Doebelin, E. O., 1990, Measurement System – Application and Design 4th edition, McGraw-Hill.
3. Minelli, G. 1974, Misure Meccaniche, Ed. Patron