

Programma del corso di misure elettriche

II ANNO – I E II SEMESTRE – MODULI: II, III – 9 CFU

DOCENTE: CIRO SPATARO

ELEMENTI DI TEORIA DELLE MISURE

Fondamenti: Definizione di misura. Scopi di una misura. Esecuzione di una misura. Grandezze misurabili. Schema logico di una misura. Misure dirette ed indirette.

Qualità di una misura: Definizione di incertezza. Cause di variabilità dei risultati. Errore assoluto, relativo ed incertezza. Stima dell'incertezza nelle misure dirette. Modello deterministico e probabilistico. Incertezze di categoria A e B e loro valutazione. Compatibilità delle misure. Stima delle incertezze nelle misure indirette. Esempi di applicazione.

Sistemi di misura. Metodi di misura. Catena di misura. Tipi di trasformazione. Funzione di trasferimento.

Comportamento dinamico di alcuni sistemi lineari semplici: Funzioni di trasferimento ridotte. Sistemi del primo ordine. Sistemi del secondo ordine. Risposta a regime ad ingresso sinusoidale. Risposte al gradino. Risposta all'impulso.

UNITÀ E CAMPIONI DELLE MISURE ELETTRICHE

Sistemi ed unità di misure: Organizzazione internazionale della metrologia. Sistemi di unità di misura. Sistema internazionale. Grandezze fondamentali. Grandezze derivate. Prefissi. Unità non SI ammesse. Regole di scrittura.

Conservazione e confronto delle unità elettriche: I campioni delle unità elettriche. Determinazione assoluta delle unità elettriche. Conservazione e confronto delle unità elettriche derivate. Normalizzazione internazionale e nazionale.

Campioni per corrente continua: Campioni di f.e.m. Materiali per campioni di resistenza. Campioni per corrente continua. Resistori a cassetta e a decadi. Resistori campioni di valore elevato e di piccolo valore. Principio dei quattro morsetti.

Definizione di un'impedenza: Conduttanze di dispersione. Impedenza in c.a. Effetti induttivi.

Campioni di capacità: Requisiti dei condensatori campioni. Condensatori a tre morsetti. Angolo di perdita. Campioni di valore calcolabile. Tipi di condensatori campioni.

Altri campioni per corrente alternata: Resistori campioni per c.a. Campioni di induttanza. Tipi di induttori campioni. Mutui induttori campioni. Induttori variabili.

STRUMENTI ELETTROMECCANICI

Strumenti di misura: Caratteristiche generali. Principi generali. Azioni meccaniche delle grandezze elettriche. Equipaggi ad azione proporzionale, ad azione quadratica, ad azione quasi quadratica, a prodotto, a quoziente. Portata, costante strumentale, sensibilità. Errori. Consumo. Limiti d'impiego. Classe di precisione. Coppia d'attrito. Sospensioni. Molle. Scale. Indici. Custodie. Contrassegni. Requisiti di un rivelatore di zero.

Il moto dell'equipaggio mobile degli strumenti: Funzione di trasferimento dell'equipaggio mobile. Requisiti dinamici di uno strumento indicatore. Smorzatori a fluido. Smorzatori elettromagnetici. Integratori. Strumenti selettivi.

Strumenti magneto-elettrici: Costituzione, principio di funzionamento e caratteristiche degli strumenti magneto-elettrici. Milliamperometro. Voltmetro. Amperometro. Strumenti a più portate. Strumenti universali. Galvanometro per corrente continua. Galvanometro a vibrazione.

Strumenti elettrodinamici: Costituzione, principio di funzionamento e caratteristiche degli strumenti elettrodinamici. Milliamperometro. Voltmetro. Amperometro. Voltmetro a più portate e amperometro a due portate. Wattmetro. Portata, valori nominali e valori massimi di tensione e corrente in un wattmetro. Morsettiera dei wattmetri. Influenza del fattore di potenza del carico sull'errore relativo di un wattmetro. Connessioni di un wattmetro e suoi errori di consumo: Errore d'angolo di un wattmetro. Wattmetri compensati per basso fattore di potenza. Varmetri elettrodinamici. Logometri elettrodinamici e loro applicazioni come cosfimetri e frequenzimetri.

Strumenti elettromagnetici (o a ferro mobile): Costituzione, principio di funzionamento e caratteristiche degli strumenti elettromagnetici. Amperometro. Voltmetro. Frequenzimetro a lamelle. Galvanometri ferromagnetici. Cuffia telefonica.

Strumenti elettrostatici: Costituzione, principio di funzionamento e caratteristiche degli strumenti elettrostatici. Voltmetro. Elettrometro a quadranti.

Strumenti termici: Costituzione, principio di funzionamento e caratteristiche degli strumenti a filo caldo, a termocoppia e a spirale bimetallica. Amperometri e voltmetri a filo caldo e a termocoppia. Wattmetri a filo caldo e a termocoppia.

Strumenti a induzione: Costituzione e principio di funzionamento degli strumenti a induzione. Contatore di energia attiva ad induzione. Caratteristiche costruttive. Caratteristiche di errore dei contatori e relativa compensazione. Contatori polifasi. Contatori per energia reattiva. Morsettiera dei contatori monofasi e trifasi.

MISURE SUI CIRCUITI A REGIME

Fondamenti generali. Circuiti in corrente continua: Sezione di misura. Misura su un bipolo. Correzione per i consumi strumentali. Errori strumentali. Misura di piccole resistenze. Misura di grandi resistenze.

Misure di potenza su circuiti in corrente alternata monofase: Misura delle grandezze di bipolo. Determinazione del segno della potenza reattiva. Correzioni per i consumi strumentali. Metodo dei tre voltmetri.

Principi generali delle misure sui circuiti trifasi: Misure di potenza su sistemi a più fili. Misure wattmetriche nei sistemi trifasi a tre fili. Potenze di fase nei sistemi a tre fili. Potenze reattive nei sistemi trifasi a tre fili. Potenze reattive nei sistemi trifasi con tensioni simmetriche. Determinazione del senso ciclico. Sistemi trifasi a quattro fili. Misure sui sistemi trifasi a tre fili. Sistemi trifasi simmetrici ed equilibrati. Segno delle potenze. Sistemi trifasi simmetrici ma squilibrati. Costruzione del diagramma vettoriale. Segno delle potenze nei sistemi squilibrati. Considerazioni sugli errori. Sistemi dissimmetrici e squilibrati. Uso di tre wattmetri. Schemi per la misura di energia con contatori.

METODI DI CONFRONTO

Metodi di zero: Principi generali. Sensibilità della misura. Metodi di sostituzione. Metodi in corrente continua ed alternata. Rivelatori di zero per c.c. Equilibrio in c.c. Interpolazione. Equilibrio in c.a. Rivelatori di zero in c.a.

Metodi di ponte in c.c.: Ponte di Wheatstone. Precisione del metodo di ponte. Calcolo della sensibilità della misura. Applicazioni del ponte di Wheatstone. Doppio ponte. Sensibilità del doppio ponte.

Metodi potenziometrici: Principio del potenziometro. Potenziometro in c.c. (a corrente costante). Tipi di potenziometri a corrente costante.

Cenni sui metodi di ponte in c.a. (Condizioni di equilibrio. Ponti a quattro lati. Classificazione dei ponti in c.a. Ponti a rapporto. Ponti a prodotto. Elementi parassiti. Determinazione per mezzo del ponte di Schering della costante dielettrica e dell'angolo di perdita di un dielettrico).

STRUMENTI ELETTRONICI

Aspetti generali: Amplificatori di misura. Limitazioni degli amplificatori di misura. Collegamento a massa e schermature. Deriva. Rumore. Amplificatori operazionali e loro applicazioni.

Strumentazione elettronica analogica e numerica: Multimetri e circuiti di condizionamento di ingresso. Voltmetri elettronici per c.c. Voltmetri elettronici per c.a. (a valor medio, a valore di cresta, a vero valore efficace).

Oscilloscopio analogico e digitale: Principio di funzionamento e uso dell'oscilloscopio. Base dei tempi e sincronizzazione. Principali caratteristiche costruttive. Caratteristiche di impiego.

Evoluzione dei sistemi numerici: Strumenti con microprocessori. Condizionatori di segnali. Elaborazione. Sistemi di acquisizione dati. Sistemi automatici di misura. BUS di interfaccia per strumentazione.

ALTRI APPARECCHI DI MISURA

Trasformatori di misura: Scopo e funzioni dei trasformatori di misura. Richiami della teoria dei trasformatori. Convenzioni per i TA e i TV. Caratteristiche costruttive dei TA. Caratteristiche costruttive per i TV. Riduttori capacitivi.

Bibliografia consigliata

- G. Zingales: MISURE ELETTRICHE Metodi e strumenti, Ediz. UTET, 1992.
- U. Pisani: MISURE ELETTRONICHE Strumentazione elettronica di misura Ediz. Politeko 1999.