

Ing. Elettrica

Disciplina: 0065240 **AFFIDABILITA' E CONTROLLO DI QUALITA'** ING-INF/07

Corso di Studio: INE **Crediti:** 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: CATELANI MARCANTONIO P1 ING-INF/07 **Copertura:** AFF03

Ente appartenenza: Dip. Ingegneria Elettron. e delle Telecom.

1. DISPONIBILITÀ DI SISTEMA E ANALISI DEI RISCHI/SICUREZZA

Richiami su affidabilità combinatoria e disponibilità/fidatezza di sistema. Modelli markoviani e markoviani omogenei; sistemi complessi: metodi dello spazio di eventi, dei tagli, delle unioni, della probabilità condizionata. Applicazioni. Analisi dei rischi: concetto di rischio e relativa valutazione, metodi induttivi e deduttivi; tecniche FMEA/FMECA ed FTA (albero delle avarie), Preliminary Hazard Analysis (PHA), Hazard and Operability Analysis (HAZOP), albero degli eventi (ETA); applicazioni.

Analisi di sicurezza: concetto di SIL e relativa classificazione; norme CEI EN 61508 e CEI EN 61511 e differenze applicative; sistema di gestione della sicurezza funzionale e sistema/funzioni strumentali di sicurezza (SIF); metodi di assegnazione dei SIL e SIF e relativa verifica.

2. DIAGNOSTICA

Concetti di guasto ed avaria e relativa classificazione; tecniche Fault Tolerant ed uso della ridondanza; tecniche di diagnosi di guasto per sistemi complessi; cenni su Reti neurali, Logica Fuzzy e Algoritmi genetici per l'affidabilità e la diagnostica. Applicazioni

3. QUALIFICAZIONE DI COMPONENTI E SISTEMI

Modi e meccanismi di guasto; comportamento materiali duttili e fragili; deformazioni elastiche e plastiche; fenomeni di diffusione: reticolare, per dislocazioni e per contorni granulari; modello di degradazione di Arrhenius; cariche elettrostatiche nei componenti elettronici: fenomeno e modelli di analisi.

Prove di laboratorio: definizione, profilo e severità di una prova; prove ambientali: norma CEI EN 60068; prove termiche, caldo-umido, vibrazione sinusoidale ed aleatoria; sensori di temperatura ed accelerometri: principio di funzionamento e criteri di scelta; attrezzature per prove: camera climatica e piatto vibrante; prove di qualifica, di affidabilità e di setacciatura (burn-in, ESS). Sistemi automatici di misura per la gestione delle prove.

Analisi de guasto: preparazione del campione e strumenti di indagine; microscopio elettronico a scansione (SEM): principio di funzionamento; analisi morfologiche per lo studio della fisica di guasto.

Introduzione alla direttiva RoHS ed applicazioni

Campionamento e inferenza statistica; stimatori e relative proprietà; valutazioni di affidabilità di componente sui lotti di produzione.

Disciplina: N243INE **AZIONAMENTI ELETTRICI**

ING-IND/32

Corso di Studio: INE AUS?

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: REATTI ALBERTO

P2 ING-IND/31

Copertura: AFF03

Ente appartenenza: Dip. Ingegneria Elettron. e delle Telecom.

Tutte le informazioni sui corsi (programmi e appelli d'esame) sono consultabili al seguente indirizzo:

http://www.reatti.net

1. INTRODUZIONE

Definizione di azionamento, classificazione generale, l'azionamento come sistema. Il sistema convertitore motore. Componenti fondamentali degli azionamenti elettrici per l'automazione. Servomotori e attuatori elettromagnetici, elettrostatici e piezoelettrici.

2. AZIONAMENTI DI MOTORI IN CORRENTE ALTERNATA

Richiami sui motori asincroni e sincroni trifasi. Convertitori a controllo di fase monofasi e trifasi. Richiami ad inverter monofasi e trifasi. Controllo della tensione e della frequenza di uscita di un inverter. Inverter a tecnica PWM: PWM sinusoidale, PWM a cancellazione di armoniche, PWM a ripple minimo, PWM di tipo adattivo, PWM a slittamento di fase. Avviamento di un motore sincrono con inverter. Modello dell'insieme inverter-motore.

3. AZIONAMENTI IN CORRENTE CONTINUA

Richiami allo stato dell'arte negli azionamenti in corrente continua e modello di un motore in corrente continua. Funzione di trasferimento del motore. Azionamenti con convertitori continua continua (chopper). Topologie fondamentali dei chopper. Azionamento con chopper di un motore in corrente continua. Frenatura dinamica di un motore in corrente continua. Frenatura a recupero di un motore in corrente continua. Controllo della velocità. Criteri di progetto di un controllo

4. AZIONAMENTI BRUSHLESS

Servomotori brushless: forme e particolarità costruttive. Modello matematico. Magnet permanenti di eccitazione tradizionali (ferrite) e ad alta energia (samario-cobalto, neodimio-ferro-boro); criteri di dimensionamento dei magneti.

Controllo con tecnica trapezoidale; risoluzione del sensore di posizione; commutazione; ripple di coppia; modulazione unipolare e bipolare dell'inverter; campi di funzionamento; ricostruzione della corrente di coppia. Caratteristica meccanica dell'azionamento. Controllo con tecnica sinusoidale; modulazione del convertitore; anelli di corrente; risoluzione del sensore di posizione e ripple di coppia. Controllo dell'angolo di coppia e orientamento di campo. Controllori sensorless.

Disciplina: N058INE **FONDAMENTI DI AUTOMATICA**

ING-INF/04

Corso di Studio: **INE** IME BMS INL ETL

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: **GENESIO ROBERTO**

P1 ING-INF/04

Copertura: AFF03

Ente appartenenza: Dip. Sistemi e Informatica

Disciplina: P481INE **IMPIANTI ELETTRICI**

ING-IND/33

Corso di Studio: INE

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: MARTARELLI GIANCARLO P2 ING-IND/33 **Copertura:** AFF03

Ente appartenenza: Dip. Ingegneria Elettron. e delle Telecom.

PROGRAMMA DEL CORSO DI IMPIANTI ELETTRICI

Caratteristiche generali dei sistemi di distribuzione dell'energia elettrica. Ripartizione delle potenze e dei consumi dell'utenza nazionale, diagrammi di carico.

Schemi tipici di reti di distribuzione di prima e seconda categoria (BT-MT-AT).

Trasformazione di variabili con i componenti simmetrici. Normalizzazione per-unit dei parametri dei componenti di rete.

Richiami della teoria dei trasformatori monofase e trifase. Prove a vuoto e in corto circuito e determinazione dei parametri equivalenti normalizzati dei trasformatori.

Principali apparecchi di potenza ed ausiliari impiegati nelle reti di distribuzione e negli impianti utilizzatori: definizioni e simboli grafici.

Schemi tipici di cabine di trasformazione MT/BT per distribuzione pubblica e di cabine di utente.

Sorgenti di energia di riserva e di sicurezza: gruppi elettrogeni e gruppi di continuità statici.

Strutture tipiche degli impianti elettrici utilizzatori di prima categoria (BT) e loro articolazione in sezioni normale, privilegiata, di continuità assoluta.

Metodologia di progetto degli impianti elettrici utilizzatori.

Definizione del lay-out delle utenze, valutazione delle potenze, dimensionamento delle sorgenti di energia e scelta degli schemi di distribuzione.

Dimensionamento dei conduttori in relazione alle portate a regime permanente e alle cadute di tensione. Calcolo delle correnti di corto circuito. Caratteristiche delle protezioni contro le sovracorrenti e loro scelta in relazione alle correnti di corto circuito e all'energia passante nei conduttori durante i guasti.

Elementi dei sistemi di protezione contro i contatti indiretti e loro dimensionamento: impianti di messa a terra e di protezione, protezioni differenziali.

Valutazione del rischio da fulmine e criteri di scelta e di progetto degli impianti di protezione.

Disciplina: N242INE **IMPIANTI INDUSTRIALI**

ING-IND/17

Corso di Studio: INE IGE, IME,TRA?

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note: .

Docente: BANDELLONI MARTINO

ROT ING-IND/17

Copertura: CONCS

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

Corso di Studio: INE**Crediti:** 6 **Tipo:** A**Note:****Docente:** LUCHETTA ANTONIO

P2 ING-IND/31

Copertura: AFF03**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Elettron. e delle Telecom.

INTRODUZIONE AL CORSO. Elementi costitutivi dell'elettronica di potenza. Scopo dell'elettronica di potenza. Confronto tra elettronica di potenza ed elettronica lineare. Applicazioni dei convertitori statici di energia. Classificazione dei convertitori di potenza. Natura interdisciplinare dell'elettronica di potenza. DISPOSITIVI A SEMICONDUZIONE. Semiconduttori. Forze, campi ed energia. Conduzione nei metalli. Semiconduttori intrinseci. Semiconduttori estrinseci. Effetti della temperatura sulle proprietà del silicio. Diffusione. Semiconduttori a drogaggio graduale. Il diodo a giunzione pn. La giunzione a circuito aperto. La giunzione pn polarizzata. La caratteristica corrente-tensione. Dipendenza dalla temperatura della caratteristica I-V. Diodi al germanio. Il diodo come elemento circuitale. Modelli per grandi segnali. Applicazioni elementari del diodo. Modelli per piccoli segnali. Tempi di commutazione del diodo a giunzione. Diodi Zener. Diodi Schottky. Il diodo a giunzione brusca. Caratteristiche di recupero inverso (Reverse Recovery). Diodi di Potenza. Modello del diodo con PSpice. Diodi in serie ed in parallelo. Transistori bipolari a giunzione. Il generatore ideale controllato in corrente. Il transistor a giunzione. Il modello di Ebers-Moll del BJT. Le caratteristiche a base comune (common base, CB). La configurazione a emettitore comune (common emitter, CE). Modi di funzionamento in interdizione e in saturazione. Modelli in continua. Il BJT come interruttore. Il BJT come amplificatore. Il BJT come diodo. Il modello per piccoli segnali del BJT. La coppia differenziale. Limiti di funzionamento dei transistori (transistor ratings). Transistori a effetto di campo. Il generatore ideale di corrente controllato in tensione. Il transistor MOSFET. Caratteristiche corrente-tensione del MOSFET ad arricchimento. Il MOSFET a svuotamento. Simboli circuitali dei MOSFET. Il transistor a effetto di campo a giunzione. Caratteristiche corrente-tensione del JFET. La caratteristica di trasferimento del JFET. Il MESFET. Analisi in continua dei FET. Il MOSFET come resistenza. Il FET come interruttore. Il FET come amplificatore. Modelli per piccoli segnali dei FET. Dispositivi CMOS (cenni).

INTERRUTTORI - Interruttori a singolo quadrante. Interruttori a due quadranti bidirezionali in corrente. Interruttori a due quadranti bidirezionali in tensione. Interruttori a quattro quadranti. Raddrizzatori sincroni. Perdite negli interruttori. Commutazione dei transistor senza e con carico RL. Carica di recupero nei diodi. Capacità ed induttanze di Leakage, Package e Stray nei dispositivi. Confronto tra rendimento e frequenza di commutazione.

RADDRIZZATORI. I raddrizzatori a diodi. Raddrizzatore Single-phase Half-wave. Indici di prestazione per un raddrizzatore. Rendimento, THD, DPF e PF. Raddrizzatore Single-phase Full-wave senza e con carico RL. Raddrizzatore multifase a stella. Raddrizzatore a ponte trifase senza e con carico RL. Confronto tra i raddrizzatori a diodi. Progetto di un raddrizzatore a diodi. Tensione in uscita con filtro LC. Effetti delle induttanze in ingresso ed in uscita. Raddrizzatore controllato a onda intera senza e con carico RL. Raddrizzatore controllato trifase a doppio ponte. Ottimizzazione del fattore di potenza. Controllo dell'angolo di spegnimento. Controllo ad angolo simmetrico. Controllo PWM. Controllo Single-phase PWM. Raddrizzatori controllati PWM trifase. Raddrizzatori semi-controllati single-phase senza e con carico RL. Raddrizzatori semi-controllati trifase senza e con carico RL. Raddrizzatori controllati single-phase in serie. Raddrizzatori controllati a dodici impulsi. Progetto dei raddrizzatori controllati. Effetti delle induttanze in ingresso ed in uscita. Raddrizzatori controllati. Principio di funzionamento dei convertitori a controllo di fase. Raddrizzatore controllato Single-phase Full-wave senza e con carico RL. Raddrizzatore controllato Single-phase a doppio ponte. Principio di funzionamento dei raddrizzatori controllati trifase a

semionda.

CONVERTITORI DC/DC - Principio di funzionamento del chopper Step-down. Generazione del duty-cycle. Chopper step-down con carico RL. Principio di funzionamento del chopper step-up. Chopper step-up con carico resistivo. Indici di prestazione di un convertitore DC/DC. Classificazione dei convertitori. Convertitori regolati a commutazione. Analisi stazionaria dei convertitori. Principio di bilanciamento dei volt-secondi nell'induttore. Principio di bilanciamento degli ampere-secondi nel condensatore. Approssimazione small-ripple. Convertitore Buck. Convertitore Boost. Convertitore Cuk. Limiti della conversione a stadio singolo (singlestage). Stima del ripple della tensione in uscita in convertitori con filtro passa-basso a due poli. Confronto tra convertitori. Convertitore boost multi-uscita. Equazioni contenenti la corrente sul condensatore e applicazione del principio di bilanciamento degli ampere-secondo. Modello circuitale completo. Rendimento. Inserimento della porta di ingresso nel modello completo. Esempio di applicazione con l'inserimento delle perdite dei dispositivi a semiconduttore in un boost. Modellizzazione del circuito equivalente in regime stazionario. Perdite e rendimento di un convertitore. Il modello del trasformatore in continua. Inserimento delle perdite nel rame di un induttore. Costruzione del modello equivalente. Equazioni contenenti la tensione sull'induttore e applicazione del principio di bilanciamento dei volt-secondo. Manipolazione circuitale. Inversione della sorgente con il carico. Connessione in cascata di convertitori. Rotazione della cella di commutazione a tre terminali. Connessione differenziale del carico. Breve lista di convertitori. Isolamento galvanico.

ESERCITAZIONI DI LABORATORIO

Simulazione al computer dei circuiti elettronici di potenza. Procedimento di simulazione: simulazione a larghi segnali, simulazione a piccoli segnali, comportamento del sistema ad anello aperto, studio dei particolari delle commutazioni. Simulatori orientati all'analisi circuitale (PSPICE). Simulatori orientati alla risoluzione delle equazioni di funzionamento (MATLAB). Tecniche di risoluzione nel dominio del tempo. Cenni all'analisi di Fourier. Analisi in regime distorto. Definizione di RMS in regime distorto. Potenza attiva e potenza complessa in regime distorto. Power factor. Displacement Power Factor. THD. Ripple Factor. Transformer Utilization Factor. Crest Factor. Simulazione al calcolatore di convertitori a commutazione. Analisi di circuiti a diodi mediante programmi di simulazione.

Effetti della corrente elettrica sul corpo umano. Protezione dai contatti diretti e indiretti.

Dimensionamento e realizzazione impianti di terra. Protezione dalle sovracorrenti. Apparecchiature di protezione.

Impianti elettrici: criteri generali per il dimensionamento di base anche con l'ausilio di software dedicato.

Simulazione di impianti elettrici TT, TN e IT tramite pannello didattico con misurazione di tensioni di contatto e correnti nel corpo umano. Dimensionamento di linea elettrica e delle protezioni da sovracorrenti. Verifica della caduta di tensione.

Misura di sicurezza e funzionali sugli impianti elettrici. Esami a vista e prove strumentali. Misura di terra con tellurimetro analogico e digitale. Check-up completo con strumento multifunzione: resistenza anello di guasto; resistenza di isolamento; prova dei differenziali; resistenza dei conduttori equipotenziali.

Quadri elettrici: modalità realizzative, prove e verifica della conformità.

Esecuzione prove per la verifica della conformità di un quadro: CEI 23-51 e CEI 17-13/1 (ANS).

Realizzazione e montaggio di un trasformatore monofase a mantello. Misura delle caratteristiche elettriche e determinazione dei parametri fondamentali.

Zelio Logic: relè intelligente low-cost per l'automazione e la telegestione degli impianti. Esempi pratici e programmazione di base.

Disciplina: N244INE **SISTEMI ELETTRICI PER L'ENERGIA**

ING-IND/33

Corso di Studio: INE

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: MARTARELLI GIANCARLO P2 ING-IND/33 **Copertura:** AFF03

Ente appartenenza: Dip. Ingegneria Elettron. e delle Telecom.

PROGRAMMA DEL CORSO SISTEMI ELETTRICI PER L'ENERGIA

Caratteristiche generali dei sistemi di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. Principali tipi di centrali di produzione, di stazioni e di linee. Bilancio nazionale dell'energia elettrica. Mercato elettrico. Trasformazioni di variabili. Componenti simmetrici. Trasformazione di Park. Metodo di normalizzazione per-unit dei parametri dei componenti di rete: generatori, trasformatori, linee, carichi. Richiami della teoria dei trasformatori monofase e trifase. Trasformatori speciali: trasformatori a tre avvolgimenti, autotrasformatori, trasformatori regolatori sotto carico. Macchine sincrone. Macchine sincrone isotrope e anisotrope: caratteristiche costruttive principali, reti equivalenti. Equazioni di equilibrio elettrico e meccanico e loro trasformazione di Park. Reti equivalenti di asse diretto, di quadratura, omopolare. Equazioni della macchina isotropa a regime permanente e loro rappresentazione nel piano delle potenze. Funzionamento della macchina isotropa in parallelo con la rete. Cenni sulla stabilità. Carta di funzionamento di una centrale. Linee. Principali caratteristiche costruttive delle linee, con particolare riferimento alle linee aeree. Calcolo dei parametri resistivi, induttivi e capacitivi delle linee, con e senza trasposizioni e funi di guardia. Analisi di sistemi a regime permanente. Load flow: modello di rete, ipotesi, equazioni risolutive. Metodi di soluzione delle equazioni di load flow: metodi di Glimm-Stagg, di Ward-Hale, di Carpentier, di Stott, metodo in corrente continua. Correnti di corto circuito. Metodo generale di calcolo e relative ipotesi. Calcolo di correnti di corto circuito trifase monofase a terra, bifase isolato, bifase a terra, con e senza impedenze di guasto. Stazioni ad alta tensione (AT). Principali apparecchiature di manovra e di protezione dei trasformatori e delle linee. Schemi tipici di stazioni AT.

