

Ing. Elettrica

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

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

Note:

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

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

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. Magneti 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: 11556666 CALCOLO NUMERICO

MAT/08

Corso di Studio: INE IGE

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: MACCONI MARIA

P1 MAT/08

Copertura: AFF03

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

METODI NUMERICI e ALGORITMI – Introduzione: modelli matematici e algoritmi numerici. Descrizione di un algoritmo: istruzioni fondamentali, strutture di ripetizione, costrutti decisionali. Esempi.

ARITMETICA FINITA ED ERRORI - Sorgenti di errore nella risoluzione numerica di un problema. Rappresentazione dei numeri: il sistema posizionale e quello floating point. Precisione finita: la precisione di macchina. Operazioni di macchina in virgola mobile. Errori di arrotondamento e loro propagazione. Algoritmi numerici e loro stabilità. Il condizionamento di un problema matematico.

EQUAZIONI NON LINEARI - Calcolo approssimato delle radici di equazioni non lineari con metodi iterativi. Descrizione e analisi dei metodi della bisezione e delle tangenti. Convergenza, criteri di arresto e algoritmi. Errori di troncamento. Cenno alla risoluzione di sistemi non lineari.

CALCOLO MATRICIALE e SISTEMI LINEARI - Operazioni tra vettori e matrici: algoritmi e costo computazionale. Norme vettoriali e norme di matrici. Sistemi lineari: risoluzione numerica e condizionamento. Metodi diretti: il metodo di eliminazione di Gauss e tecnica del pivoting parziale. Vettore errore e vettore residuo.

INTERPOLAZIONE E INTEGRAZIONE NUMERICA - Interpolazione polinomiale. Polinomio interpolante nella forma di Lagrange. Calcolo numerico di integrali definiti: la formula del trapezio e quella di Simpson. Formule composite e algoritmi di integrazione automatica.

MIGLIORE APPROSSIMAZIONE AI MINIMI QUADRATI – Posizione del problema. Retta di migliore approssimazione. Problema ai minimi quadrati lineare.

Disciplina: N170INE **ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE** ING-IND/35
AZIENDALE

Corso di Studio: INE IGE **Crediti:** 6 **Tipo:** R

Note: .

Docente: RAPACCINI MARIO RC ING-IND/35 **Copertura:** AFF03

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE IGE

Disciplina: 05616130 **ELETTRONICA GENERALE**

ING-INF/01

Corso di Studio: INE IDT,IEL

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: MANES GIANFRANCO

P1 ING-INF/01

Copertura: AFF03

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

Disciplina: N057INE **ELETTROTECNICA**

ING-IND/31

Corso di Studio: INE IGE

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: GRASSO FRANCESCO

RC ING-IND/31

Copertura: AFF03

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

Grandezze elettriche fondamentali. Teoria dei Circuiti e suoi limiti di applicabilità. Leggi di Kirchoff. Componenti passivi. Connessioni serie e parallelo di componenti. Partitore di tensione e di corrente. Trasformazioni stella-triangolo. Principio di sovrapposizione degli effetti. Teoremi di Millman, Thevenin, Norton. Metodi di Analisi su base Maglie e Nodi. Generatori controllati. Trasformatore ideale. Analisi di circuiti nel dominio del tempo. Analisi mediante soluzione di equazioni differenziali. Risposta transitoria e risposta permanente. Calcolo della risposta a regime con eccitazioni costanti. Valore efficace. Fasori. Circuiti equivalenti nel dominio dei fasori. Risposta in frequenza. Risposta in ampiezza e risposta in fase. Circuiti risonanti serie e parallelo. Coefficiente di risonanza. Larghezza di banda. Potenza attiva, fattore di potenza, potenza reattiva, potenza apparente e potenza complessa. Triangolo delle potenze. Conservazione della potenza complessa. Rifasamento. Teorema del massimo trasferimento di potenza. Analisi di sistemi trifase simmetrici ed equilibrati, simmetrici e non equilibrati, con e senza filo neutro. Rifasamento di carichi trifase. Potenza nei sistemi trifase. Induttori mutuamente accoppiati. Trasformatore monofase. Circuito equivalente del trasformatore. Prova a vuoto e prova in corto circuito del trasformatore. Rendimento del trasformatore. Autotrasformatore.

Disciplina: A000005 **ELETTROTECNICA II**

ING-IND/31

Corso di Studio: INE

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: PICCIRILLI MARIA CRISTINA P2 ING-IND/31 **Copertura:** AFF03

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

Definizioni e proprietà topologiche: ramo, nodo, grafo, taglio, anello, maglia, albero, coalbero, anelli e tagli fondamentali. Metodi di analisi su base tagli ed anelli.

Amplificatore operativo. Analisi di reti resistive contenenti componenti attivi.

Analisi mediante soluzione di equazioni differenziali di circuiti dinamici. Proprietà di continuità delle tensioni sui condensatori e delle correnti sugli induttori. Analisi di circuiti del primo ordine con metodo semplificato. Risposta transitoria e risposta permanente. Costante di tempo. Calcolo della risposta a regime con eccitazioni costanti e con eccitazioni sinusoidali.

Funzioni gradino unitario e a rampa, delta di Dirac. Circuiti degeneri. Analisi di circuiti degeneri.

Concetti di base sulla Trasformata di Laplace. Antitrasformata di Laplace. Circuiti equivalenti nel dominio di Laplace.

Analisi dei circuiti con la trasformata di Laplace. Funzione di rete. Risposta in frequenza, risposta in ampiezza e risposta in fase. Risposta impulsiva. Stabilità dei circuiti.

Parametri per la rappresentazione di reti due porte: parametri z , y , h , g e di trasmissione.

Onda incidente e onda riflessa. Parametri di diffusione.

Disciplina: N232INE **FISICA TECNICA INDUSTRIALE**

ING-IND/10

Corso di Studio: INE IGE

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note: .

Docente: MILAZZO ADRIANO

RC ING-IND/10

Copertura: AFF03

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

Numero indica i crediti parziali dell'argomento che precede

Richiami

Sistema termodinamico; equilibrio termodinamico; principio zero e temperatura. Termometri.

0.15

Termodinamica sistema chiuso

Lavoro e calore; trasformazioni reversibili. Primo principio della termodinamica. Energia Interna. Secondo principio della termodinamica; teorema di Clausius; entropia ed irreversibilita'

0.65

Termodinamica sistema aperto

Bilanci di massa e di energia per sistemi aperti; entalpia; applicazione del secondo principio ai sistemi aperti; uso combinato dei due principi; exergia; rendimenti di I e II principio

1.45

Comportamento dei materiali

Caratteristiche dei fluidi termodinamici; coefficienti calorimetrici; relazione di Clapeyron; gas ideale; liquidi; sistemi bifase; processi sui gas ideali; diagrammi termodinamici. Miscele di gas perfetti

2.35

Psicrometria

Miscela di aria e vapor d'acqua e relative grandezze e trasformazioni; diagramma psicrome-trico

2.75

Moto fluidi

Fluidi newtoniani e non; equazione di Bernoulli gen; numero di Reynolds; perdite di carico. Camini

3.05

Scambio termico

Conduttività termica dei materiali; equazioni della conduzione termica; sistemi con generazione di energia; strutture composte.

3.65

Transitori

3.75

Convezione naturale e forzata; strato limite; coefficiente di scambio termico; equazioni rappresentative del fenomeno; analisi dimensionale. Alette.

4.65

Concetti di base nello scambio termico con cambiamento di fase.

4.8

Leggi dell'irraggiamento; interazioni tra radiazione e corpi; comportamento dei corpi reali; fattori di vista; irraggiamento tra corpi neri e grigi; effetto serra

5.8

Scambiatori di calore

Coefficiente globale di trasmissione del calore; rendimento superfici alettate. Metodo DTML per il dimensionamento

Disciplina: N058INE **FONDAMENTI DI AUTOMATICA**

ING-INF/04

Corso di Studio: INE IME,IEL,BMS,IIN

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: GENESIO ROBERTO

P1 ING-INF/04

Copertura: AFF03

Ente appartenenza: Dip. Sistemi e Informatica

1. Introduzione.

Scopo e linee principali del corso.

2. Sistemi e modelli.

Modelli matematici di sistemi fisici; classificazione dei sistemi; schemi a blocchi. Modelli dinamici lineari stazionari ingresso-uscita ed in equazioni di stato, e loro relazioni.

3. Studio del comportamento ingresso-uscita dei sistemi.

Risposta libera. Risposta forzata ed integrale di convoluzione. Analisi nel dominio della trasformata di Laplace; funzione di trasferimento e sua rappresentazione. Risposta al gradino: parametri caratteristici; sistemi del secondo ordine. Risposta a segnali sinusoidali: risposta in frequenza e sua rappresentazione in diagrammi di Bode e Nyquist; sistemi del secondo ordine.

4. Proprietà globali dei sistemi.

Stabilità rispetto a perturbazioni di durata finita per sistemi lineari stazionari; criterio di Routh-Hurwitz. Stabilità rispetto a segnali persistenti per sistemi lineari stazionari; stabilità ingresso limitato - uscita limitata.

5. Sistemi con retroazione.

Generalità; sistema con retroazione unitaria. Rappresentazioni della funzione di trasferimento ad anello chiuso; circonferenze a modulo costante; il luogo delle radici. Stabilità interna e criterio di Nyquist. Stabilità relativa; margini di fase e di guadagno. Problema di inseguimento asintotico per ingressi canonici; tipo del sistema; reiezione dei disturbi. Il transitorio di un sistema con retroazione; relazioni con la risposta in frequenza del guadagno d'anello.

6. Il problema del controllo.

Schemi di controllo; controllo in catena aperta e controllo in retroazione. Controllo con retroazione unitaria.

7. Tecniche di sintesi.

Sintesi per tentativi; specifiche di controllo; progetto delle reti correttive elementari.

8. Sistemi a dati campionati.

Cenni al problema di campionamento e ricostruzione dei segnali. Implementazione digitale di controllori analogici; tecniche di integrazione e matching.

Disciplina: 18613022 **FONDAMENTI DI ELETTROMAGNETISMO** ING-INF/02

Corso di Studio: INE IDT,IEL,BMS **Crediti:** 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: SELLERI STEFANO RC ING-INF/02 **Copertura:** AFF03

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

Disciplina: N235INE **FONDAMENTI DI MECCANICA TEORICA E APPLICATA** ING-IND/13

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

Note:

Docente: RINCHI MIRKO P2 ING-IND/13 **Copertura:** AFF03

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

Geometria delle masse: baricentro e momento di inerzia.

Nozioni fondamentali di dinamica e cinematica del punto materiale.

Definizione di meccanismo, coppie cinematiche, coppie elementari.

Le forze di contatto nelle coppie cinematiche non lubrificate. L'attrito di strisciamento e quello di rotolamento.

L'usura e le leggi elementari (ipotesi di Reye) con applicazioni all'innesto a frizione, al pattino su superficie piana e al freno a ceppi. Il rendimento meccanico dei sistemi elementari e di quelli disposti in serie e in parallelo. Il moto retrogrado e i meccanismi ad arresto spontaneo. Applicazioni al calcolo del rendimento del piano inclinato, della guida prismatica, della coppia rotoidale e di quella elicoidale.

Cenni alle coppie cinematiche lubrificate con particolare riferimento al sostentamento dei rotori nelle turbomacchine.

Analisi cinetostatica dei sistemi articolati piani (caso ideale e reale).

I sistemi meccanici con organi flessibili: trasmissione con cinghie, paranchi ordinari e differenziali, freni a nastro.

Analisi cinematica dei sistemi articolati piani con applicazioni al quadrilatero articolato e al manovellismo di spinta (risoluzioni grafiche e analitiche).

Analisi cinematica dei meccanismi con sagome e camme (risoluzioni grafiche e analitiche).

Le ruote dentate ad evolvente a dentatura diritta: generazione dei profili, caratteristiche geometriche (continuità del moto, condizioni non interferenza). Cenni alle ruote dentate elicoidali, ruote coniche.

Rotismi ordinari ed epicicloidali ad uno e più gradi di libertà (differenziale).

Elementi di analisi dinamica dei sistemi meccanici.

Forze sul telaio e loro bilanciamento con particolare attenzione al manovellismo di spinta mono e pluricilindrico

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, seconda e terza 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.

Scelta delle caratteristiche costruttive dei componenti e degli impianti, in relazione con le caratteristiche ambientali e di destinazione d'uso.

Elementi di illuminotecnica: grandezze fondamentali, caratteristiche delle sorgenti luminose, metodi di progetto e calcoli semplificati.

Legislazione nazionale ed europea in materia di sicurezza degli apparecchi, dei componenti e degli impianti elettrici.

Norme di Legge e norme tecniche. Verifiche degli impianti.

Disciplina: N242INE **IMPIANTI INDUSTRIALI**

ING-IND/17

Corso di Studio: INE IGE, IME,TRA

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note: .

Docente: BANDELLONI MARTINO

25U ING-IND/17

Copertura: CONCS

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

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 SEMICONDUCTTORE. 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 transistorore 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 transistorore MOSFET. Caratteristiche corrente-tensione del MOSFET ad arricchimento. Il MOSFET a svuotamento. Simboli circuitali dei MOSFET. Il transistorore 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.

FUNZIONAMENTO DISCONTINUO - Origini del funzionamento discontinuo. Funzionamento limite. Coefficiente di discontinuità K. Concetti di Resistenza e induttanza critiche. Analisi della funzione di trasferimento $M(D,K)$ in presenza del funzionamento discontinuo. Validità dei principi di bilanciamento e dell'approssimazione small-ripple. Analisi del convertitore boost in funzionamento discontinuo.

ALIMENTATORI - Alimentatore buck isolato full-bridge e half-bridge. Alimentatore forward. Alimentatore buck isolato push-pull. Alimentatore flyback. Alimentatori isolati derivati dal boost. Alimentatore Watkins-Johnson. Alimentatore SEPIC isolato. Valutazione e progetto degli alimentatori. Stress degli interruttori e indice di utilizzo. Progetto tramite fogli di calcolo.

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: 15867687 **LEGIS.ANTINFOR.DIRITTO DEL LAV(modulo** IUS/07
SICUREZZA INDUSTRIALE)

Corso di Studio: INE IGE,IAT **Crediti:** 6 **Tipo:** A

Note: 2 MOD:IUS/07 LEG.ANT.DIRIT.LAV 3 CFU+SIC.IMP.IND ING-IND/17

Docente: LAI MARCO 25U **Copertura:** CRETR

Ente appartenenza: Servizi Generali

1 - Richiami sui circuiti magnetici.

Relazioni i-H e B-H. Circuiti magnetici equivalenti senza traferri e con traferri. Curve di magnetizzazione - Calcolo di circuiti magnetici: noto il flusso, determinare la forza magnetomotrice, e viceversa - Isteresi; perdite per isteresi - Correnti Parassite e perdite connesse - Perdite del nucleo magnetico - Eccitazione sinusoidale dell'induttanza senza isteresi e con isteresi del nucleo magnetico: caratteristica j-i; circuito equivalente - Magneti permanenti.

2 - Trasformatori

Cenni costruttivi - Trasformatore ideale - Relazioni costitutive - Adattamento di impedenza - Trasformatore reale monofase - Circuito equivalente - Circuiti equivalenti approssimati - Prova a vuoto e prova in corto circuito - Regolazione di tensione - Rendimento. Autotrasformatore - Trasformatore trifase. Gruppi di collegamento - Trasformatori trifase con circuito magnetico unico - Armoniche - Trasformatori di misura.

3 - Conversione elettromeccanica dell'energia

Equazione che regola il trasferimento dell'energia elettrica in energia meccanica, più energia magnetica del campo di interfaccia, più l'energia legata alle perdite - Caso del sistema lineare - Espressione della forza e della coppia meccanica, dell'energia di campo magnetico - Macchine di traslazione e di rotazione - Trasduttore elettrico - magneto - meccanico e suo modello circuitale, ideale e reale: trasformatore elettrico - magneto - meccanico - Reversibilità del dispositivo.

4 - Macchine asincrone

Cenni costruttivi - Campo magnetico rotante con metodo grafico ed analitico. Tensioni indotte - Macchine trifase anche a più coppie polari - Scorrimento - Relazioni fra frequenza elettrica dello statore del campo magnetico rotante di statore, meccanica del rotore, della f.e.m. indotta negli avvolgimenti rotorici, del campo magnetico rotante del rotore. I tre modi di lavoro: motore, generatore, freno - Rotore avvolto e rotore a gabbia di scoiattolo semplice e doppia. Avvolgimenti di statore - Circuito equivalente - Prova con rotore senza carico e con rotore bloccato. Espressione della coppia motrice - Rendimento - Flusso della potenza nei tre modi di funzionamento - Controllo della velocità del rotore - Avviamento. Motore ad induzione lineare - Motore asincrono monofase, vari tipi.

5 - Macchina sincrona

Cenni costruttivi. Particolarità della macchina sincrona: doppia eccitazione (corrente continua sul rotore e corrente alternata sullo statore) - Generatore sincrono - Caratteristica di eccitazione a circuito di statore aperto - Collegamento alla rete di distribuzione pubblica dell'energia elettrica - Collegamento a una rete individuale - Avviamento come motore (con convertitore a frequenza variabile), oppure come motore ad induzione con avvolgimento aggiunto - Reazione di indotto - Circuito equivalente secondo Behn Eschemburg e secondo Poiter - Prova con circuito di statore aperto e chiuso in corto circuito - Diagrammi fasoriali nel funzionamento come generatore e come motore. Potenza, coppia, angolo di coppia, rendimento. Controllo del fattore di potenza mediante la corrente di eccitazione - Macchine a poli salienti; trasferimento di potenza. Cenni sul motore sincrono lineare. Motore sincrono e riluttanza anche con corrente a commutazione di statore.

6 - Macchina in corrente continua

Cenni costruttivi - Tipi di eccitazione. Tensione indotta di armatura e coppia di reazione sviluppata sul rotore nel caso di generatore e coppia sviluppata sul rotore e tensione di reazione nel caso del motore - Motore con eccitazione indipendente, in parallelo, serie - Controllo della velocità - Motori con magnete permanente - Motore universale.

7 - Macchine speciali

Cenni sui servomotori e sui motori passo-passo.

Disciplina: 0065161 **MISURE ELETTRICHE**

ING-INF/07

Corso di Studio: INE IEL

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note: .

Docente: CAROBBI CARLO

RC ING-INF/07

Copertura: AFF03

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

Vedi Misure Elettriche per il corso di laurea in Ingegneria Elettronica.

Disciplina: 16695456 **PRINCIPI DI PROGETTAZIONE MECCANICA** ING-IND/14

Corso di Studio: INE IGE, BMS **Crediti:** 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: VANGI DARIO P2 ING-IND/14 **Copertura:** AFF03

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

Disciplina: WWWW **SICUREZZA IMPIANTI INDUSTRIALI(modulo** ING-IND/17
SICUREZZA INDUSTRIALE)

Corso di Studio: INE IGE IAT **Crediti:** 3 **Tipo:** A

Note:

Docente: TUCCI MARIO P1 ING-IND/17 **Copertura:** AFF03

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

Disciplina: 05649896 **SISTEMI E TECNOLOGIE PER L'ENERGIA** ING-IND/08

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

Note:

Docente: CARCASI CARLO RC ING-IND/09 **Copertura:** AFF03

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

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.

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.

Disciplina: N052INE **SISTEMI ENERGETICI**

ING-IND/09

Corso di Studio: INE IGE

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: FIASCHI DANIELE

RC ING-IND/08

Copertura: AFF03

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

Mutuato dal Corso di SISTEMI ENERGETICI corso di Laurea Nuovo Ordinamento Ingegneria Meccanica IME (vedi corrispondente scheda)

BOZZA PROGRAMMA DI SISTEMI ENERGETICI INGEGNERIA GESTIONALE/ELETTRICA A. A. 2004 - 2005

1) Impianti con turbina a vapore 12 h (9 lezione + 3 esercitazione)

Circuito e ciclo Elementare

-Rappresentazione sui vari piani termodinamici

Espressioni del rendimento

Influenza dei parametri operativi sulle prestazioni degli impianti a vapore

-Pressione minima (al condensatore)

-Pressione massima

-Temperatura massima

Componenti degli Impianti a vapore

- Condensatore

- Scambiatori a miscela

- Degasatori

- Turbopompa

- Caldaia

2) Impianti con turbina a gas 12 h (9 lezione + 3 esercitazione)

Ciclo termodinamico base

-Descrizione ciclo termodinamico ideale

-Cenni storici

-Sviluppi e caratteristiche

-Rendimento del ciclo ideale

Modifiche del ciclo

-Rigenerazione

-Interrefrigerazione

-Post combustione (Reheat)

-Ciclo Ericsson

-Iniezione di acqua

-Iniezione di vapore

-Cicli Rigenerativi-Evaporativi

3) Motori a combustione interna 6 h (4 lezione + 2 esercitazione)

-Classificazione

-Parametri geometrici

- Ciclo ideale accensione comandata e spontanea a quattro tempi

-Ciclo reale e prestazioni

-Parametri caratteristici

-Cenni alle problematiche di impatto ambientale

4) Impianti frigoriferi 4 h (3 lezione + 1 esercitazione)

-Introduzione

-Coefficiente di prestazione

-Cicli Frigoriferi a Compressione Semplice

-Cicli Frigoriferi perfezionati a compressione semplice

-Cicli Frigoriferi a doppio livello di pressione

-Cicli Frigoriferi a compressione in serie

- Fluidi frigoriferi
- Cicli frigoriferi ad assorbimento
- Pompe di calore

5) Impianti combinati e cogenerativi 5 h (3 lezione + 2 esercitazione)

- Introduzione e principi di funzionamento
- Tipologie e classificazione
- Tipologie caldaie a recupero
- Criteri di progettazione delle caldaie a recupero
- Esempi di impianto
- Principio della cogenerazione
- Tipologie di impianti

6) Fluidodinamica monodimensionale delle turbomacchine 12 h (9 lezione + 3 esercitazione)

Bilanci energetici nelle turbomacchine

- Equazione di Eulero
- Formulazione del lavoro tramite energie cinetiche
- Considerazioni sulla potenza
- Rotalpia ed entalpia totale
- Coefficienti di carico e di portata

Triangoli di velocità

- Definizioni
- Studio delle turbomacchine
- Triangoli di velocità
- Costruzione dei triangoli di velocità
- Triangoli per macchine assiali
- Triangoli per turbina assiale
- Triangoli per compressore assiale
- Triangoli per macchine radiali

Lo scambio energetico negli stadi delle turbomacchine - diagrammi h-s

- Rappresentazione di una trasformazione nel piano h-s
- Rappresentazione nel piano h-s per turbina assiale
- Grado di reazione
- Rendimento di stadio di turbina
- Rendimento di stadio di compressore

7) Teoria della similitudine nelle turbomacchine 4 h (3 lezione + 1 esercitazione)

- Analisi dimensionale
- similitudine dinamica per flussi comprimibili
- Curve caratteristiche per turbina e compressore
- Similitudine dinamica per flussi incomprimibili

8) Le turbomacchine idrauliche operatrici (pompe) 5 h (4 lezione + 1 esercitazione)

- Introduzione
- Prevalenza e potenza delle pompe
- Tipologia
- Componenti della pompa centrifuga
- Curve caratteristiche
- Pompe assiali
- Pompe centrifughe
- Punto di funzionamento
- Parametri adimensionali
- Numero di giri specifico
- Pompe in serie e parallelo

Disciplina: 10572000 **STATISTICA INDUSTRIALE**

SECS-S/03

Corso di Studio: **INE** IGE-GES

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note:

Docente: **VIVIANI ALESSANDRO**

P1 SECS-S/03

Copertura: AFF03

Ente appartenenza: Servizi Generali

Disciplina: 0065305 **TECNOLOGIA MECCANICA**

ING-IND/16

Corso di Studio: INE IGE IME BMS

Crediti: 6 **Tipo:** A

Note: .

Docente: DEL TAGLIA ANDREA

25U ING-IND/16

Copertura: CONCS

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

Note:

Sistemi dinamici – Sistemi reali, loro modelli e rappresentazioni matematiche. Causalità e concetto di stato. Rappresentazioni locali e globali i/s/u e i/u. Classificazione di sistemi dinamici: sistemi tempo-discreti e tempo-continui, sistemi tempo-invarianti e tempo-varianti, sistemi con ritardo ingresso/uscita, automi a stati finiti, sistemi non-lineari, lineari e linearizzazione. Esempi di sistemi dinamici e loro modelli.

Sistemi dinamici lineari – Analisi nel dominio del tempo: Rappresentazioni i/s/u e loro proprietà, risposta libera e risposta forzata, forme canoniche per la realizzazione. Analisi modale, armonica e risposte canoniche. Rappresentazioni ingresso uscita di sistemi tempo-invarianti: risposta impulsiva e sua proprietà di ricorsività, modelli AR, MA e ARMA, relazioni con i modelli di stato, taratura dei modelli ARMA da serie storiche temporali. Analisi nel dominio della frequenza: richiami sulla trasformata di Fourier, sulla trasformata Z e sulla trasformata di Laplace, funzioni di trasferimento e funzioni di risposta in frequenza. Connessioni con i Modelli ARMA. Zeri e poli. Sistemi a fase non-minima. Ingressi nascosti e ricostruzione degli ingressi. Sistemi di particolare interesse: sistemi del primo e second'ordine, sistemi a dati campionati e sistemi positivi.

Stabilità – Definizioni di moto e traiettoria. Concetti di stabilità del moto: stabilità, attrattività, stabilità asintotica e stabilità esponenziale. Stabilità locale e globale. Stati d'equilibrio, moti periodici e cicli limite. Stabilità dell'equilibrio. Criterio di Lyapunov e stima del dominio di attrazione. Stabilità dei sistemi lineari. Equazione di Lyapunov. Classificazione dei punti di equilibrio di sistemi del secondo ordine: fuoco, centro, nodo e sella. Analisi di stabilità mediante linearizzazione. Stabilità esterna (ingresso limitato uscita limitata). Criteri di stabilità esterna per sistemi lineari, criterio di Routh.

Proprietà strutturali – Raggiungibilità e controllabilità di sistemi lineari tempo-invarianti (caso tempo-discreto e tempo-continuo). Trasferibilità dello stato ad energia minima. Osservabilità e ricostruibilità di sistemi lineari tempo-invarianti. Ricostruzione dello stato a minimo errore quadratico medio. Dualità. Decomposizioni canoniche di raggiungibilità ed osservabilità. Realizzazioni minimali. Relazioni fra stabilità interna ed esterna. Sistemi interconnessi (connessioni serie, parallelo ed in retroazione) e loro proprietà strutturali.

Controllo in retroazione – Generalità sui problemi di controllo (regolazione ed inseguimento) e sulle configurazioni adottate (controllo ad azione diretta ed in retroazione). Retroazione dallo stato: teorema di assegnazione degli autovalori, stabilizzabilità, regolatore dead-beat. Retroazione dall'uscita: sintesi di ricostruttori asintotici dello stato, osservatore dead-beat, rivelabilità, compensatore dinamico, teorema di separazione. Inseguimento e reiezione dei disturbi: il principio del modello interno. Controllore PID e cenni di controllo ottimo e predittivo.

Esercitazioni – Software MATLAB-SIMULINK-CONTROL TOOLBOX per l'analisi, la simulazione e la sintesi di sistemi dinamici. Esercitazioni in laboratorio di esemplificazione dei concetti e dei metodi sviluppati a lezione attraverso la presentazione di casi di studio.

