

# Ing. Elettrica

**Disciplina:** N240INE    **AFFIDABILITA' E CONTROLLO DI QUALITA'**    ING-INF/07

**Corso di Studio:** INE    0060779    **Crediti:** 6    **Tipo:** M

**Note:**

**Docente:** CATELANI MARCANTONIO    P2    ING-INF/07    **Copertura:** MUT

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

---

**Disciplina:** N445INE ANALISI MATEMATICA I - II

MAT/05

**Corso di Studio:** INE IGE

**Crediti:** 9 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** PERA MARIA PATRIZIA

P2 MAT/05

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Matematica Applicata "G.Sansone"

---

Il programma del corso e il registro dettagliato delle lezioni sono reperibili all'indirizzo:  
<http://www.dma.unifi.it/~pera/>

Programma sintetico:

- Numeri, applicazioni tra insiemi, funzioni elementari.
- Limiti e continuita'.
- Derivate.
- Alcune applicazioni delle derivate. Ricerca di valori estremi.
- Le funzioni trascendenti (funzioni logaritmiche ed esponenziali).
- Formula di Taylor, sviluppi asintotici.
- L'integrale di Riemann.
- Integrali generalizzati.
- Successioni e serie numeriche.
- Funzioni di piu' variabili.
- Derivate parziali e direzionali.
- Differenziabilita' e ricerca di estremi.
- Integrali doppi e tripli.

**Note:**

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

<a href="http://www.reatti.net">http://www.reatti.net</a>

### 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:** N261INE **CALCOLO DELLE PROBABILITA' E STATISTICA** MAT/06

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

**Note:**

**Docente:** ANICHINI GIUSEPPE P1 MAT/05 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Matematica Applicata "G.Sansone"

---

Presentazione, eventi, algebra degli eventi, assiomi della probabilità, probabilità condizionata, teorema di Bayes, indipendenza stocastica.(0,5 CR)

Variabili aleatorie discrete e continue, distribuzioni, funzioni di ripartizione, valore atteso, varianza, covarianza.(0,5 CR)

Campionamento casuale semplice da popolazioni finite e infinite, media e varianza campionaria.(0,5 CR)

Modello classico di regressione semplice (0,5 CR)

Principi fondamentali di inferenza per popolazione infinita: campionamento casuale, stima puntuale, proprietà degli stimatori, metodi di stima, stima per intervalli.(1 CR)

**Disciplina:** N019INE **CALCOLO NUMERICO**

MAT/08

**Corso di Studio:** INE IGE,IME

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** MORANDI ROSSANA

P1 MAT/08

**Copertura:** AFF03

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

---

#### {1} CONCETTI GENERALI

- Condizionamento
- Stabilità
- Algoritmi

#### {2} ANALISI DELL'ERRORE

- Rappresentazione in base di numeri interi e reali
- Algoritmi di conversione
- Numeri di macchina
- Operazioni di macchina

#### {3} EQUAZIONI NON LINEARI

- Bisezione, Corde, Regula Falsi, Secanti e Tangenti:  
descrizione ed analisi dei metodi.
- Criteri di arresto
- Ordine di convergenza

#### {4} SISTEMI LINEARI

- Condizionamento
- Metodi diretti per la soluzione di sistemi lineari:  
descrizione ed analisi della fattorizzazione
- Metodo di Gauss; stabilità e strategie di pivot

#### {5} INTERPOLAZIONE ED APPROSSIMAZIONE

- Il problema dell'interpolazione polinomiale
- Interpolazione di Lagrange: forma di  
Lagrange e di Newton del polinomio interpolante
- Espressione dell'errore
- Funzioni splines
- Il problema della migliore approssimazione polinomiale ai minimi quadrati nel  
discreto

**Disciplina:** N003INE **CHIMICA**

CHIM/07

**Corso di Studio:** INE IGE

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** MANI FABRIZIO

P1 CHIM/07

**Copertura:** TITAN

**Ente appartenenza:** Dip. di Chimica

---

I crediti relativi ad ogni argomento (CFU) sono riportati in parentesi.

La realtà ed i modelli che servono a descrivere la struttura, lo stato di aggregazione ed il comportamento chimico della materia: miscele omogenee ed eterogenee; sostanze pure. Il modello atomico della materia. Gli elementi chimici. Il linguaggio della chimica: i simboli degli elementi, le formule delle sostanze, le equazioni chimiche (0,30).

Il modello col quale si descrive la struttura dell'atomo: il nucleo e gli elettroni. La carica unitaria degli elettroni e dei protoni, il numero atomico ed il numero di massa. Gli isotopi degli elementi naturali. La massa degli atomi relativa a  $1/12$  la massa di  $^{12}\text{C}$ . I Pesì Atomici ed i Pesì Molecolari (0,20).

La struttura elettronica degli atomi. Lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche. Lo spettro dell'idrogeno atomico: un meccanismo di interazione energia-materia. I livelli energetici quantizzati dell'elettrone. La distribuzione nello spazio della densità elettronica: gli orbitali s, p, d. La configurazione elettronica degli elementi e la Tabella Periodica. Le proprietà periodiche degli elementi (energia di ionizzazione, affinità elettronica, elettronegatività, dimensioni atomiche) sono correlate alla loro configurazione elettronica esterna: metalli e non metalli (0,50).

Il legame covalente. Coppie di elettroni condivise fra due atomi. La sovrapposizione degli orbitali atomici ed i legami semplici e multipli correlati alle configurazioni elettroniche esterne degli elementi. Le formule di struttura. La regola delle repulsioni delle coppie di elettroni e la geometria molecolare (0,50).

Il legame ionico. L'interazione elettrostatica fra ioni di carica opposta che si ripete in modo continuo nello spazio. La formazione di ioni positivi e negativi correlata alla configurazione elettronica esterna degli elementi ed alle loro proprietà atomiche. La durezza, la fragilità e la solubilità in acqua delle sostanze ioniche (0,20).

Il legame metallico. La differenza fra metalli e non-metalli allo stato elementare. Il modello semplificato del legame metallico: ioni positivi legati insieme da elettroni delocalizzati su tutta la sostanza. Le proprietà meccaniche ed elettriche dei metalli correlate al modello del legame. Il modello dell'orbitale molecolare delocalizzato nei metalli, nel diamante nella grafite. La conduzione elettrica nei metalli, nei semiconduttori e nella grafite (0,20).

I legami intermolecolari. Le interazioni fra molecole polari, in particolare il legame a ponte di idrogeno. Le interazioni fra molecole apolari correlate alla polarizzabilità degli atomi e delle molecole. Le temperature di fusione e di ebollizione correlate alle forze di interazione fra le molecole (0,20).

I legami e le proprietà della materia. Gli stati di aggregazione e le proprietà meccaniche delle sostanze sono razionalizzate sulla base dei modelli di legame e sulla loro forza. La competizione fra l'energia cinetica correlata alla temperatura e l'energia potenziale correlata ai legami chimici. Le sostanze con struttura continua caratterizzate da concatenazioni dei legami (ioniche, covalenti, metalliche) e le sostanze molecolari. La disposizione regolare nello spazio delle unità strutturali che caratterizzano lo stato solido. Le caratteristiche che distinguono i tre stati di aggregazione della materia (0,20).

Gli stati gassoso e liquido della materia. Il modello ideale del gas e l'equazione di stato del gas ideale. L'energia cinetica del gas correlata alla sua temperatura ed alla sua pressione. Il sistema internazionale delle unità di misura. La grandezza fondamentale "quantità di sostanza" e la sua unità di misura, la mole. La massa molare. Le caratteristiche distintive degli stati di aggregazione solido, liquido e gassoso. Lo stato liquido. Viscosità e tensione superficiale dei liquidi. Lo stato amorfo. Calcoli stechiometrici sull'equazione di stato del gas ideale e su massa e quantità delle sostanze pure che si trasformano nelle reazioni (0,50).

Chimica inorganica sistematica. I legami e le proprietà chimiche delle sostanze elementari, degli ossidi, degli idruri, degli idrossidi, degli ossoacidi e dei sali. Le formule e la nomenclatura delle sostanze. Il numero di ossidazione. I modelli acido-base di Bronsted e di Lewis. La scrittura ed il bilanciamento delle reazioni acido-base. Il significato quantitativo delle reazioni (0,60).

Gli equilibri acido-base. Il significato generale di equilibrio e di costante di equilibrio. La concentrazione molare delle soluzioni acquose. Acidi e basi forti e deboli; la scala di  $K_a$  e  $K_b$ . La forza degli acidi compresa fra  $\text{H}^+$  ed  $\text{H}_2\text{O}$  e delle basi compresa fra  $\text{OH}^-$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . L'autoprotolisi dell'acqua ed il pH. Il comportamento acido-base delle sostanze ricavato dai valori di  $K_a$  e  $K_b$ . Gli aspetti quantitativi delle reazioni fra un acido forte ed una qualunque base, oppure fra una base forte ed un qualunque acido (0,50).

Sostanze solubili ed insolubili in acqua. Il meccanismo di dissoluzione di un soluto nell'acqua, in particolare delle sostanze ioniche. Le soluzioni acquose; gli aspetti quantitativi delle soluzioni: la concentrazione molare (0,1).

Gli equilibri elettrochimici. La scrittura ed il bilanciamento delle reazioni di ossido-riduzione in soluzione acquosa. Il funzionamento dei sistemi elettrochimici ideali. Reazioni spontanee di ossido-riduzione producono energia elettrica e determinano il segno degli elettrodi. La scala dei potenziali standard relativa all'elettrodo standard ad idrogeno. La differenza di potenziale alle condizioni standard come criterio di spontaneità delle reazioni redox. L'attacco del ferro da parte degli agenti atmosferici e la sua protezione elettrochimica. Celle reversibili: la batteria Pb/acido. Celle a combustibile  $\text{H}_2$ /aria. L'elettrolisi delle soluzioni acquose di elettroliti: la scelta delle reazioni agli elettrodi in base ai

potenziali standard di riduzione. La competizione fra l'elettrolita e l'acqua. Calcoli su carica elettrica e quantità delle sostanze che si trasformano (0,80).

Termodinamica delle reazioni. I fondamenti chimici dei processi energetici.

Il significato di equilibrio chimico e le costanti di equilibrio delle reazioni in fase gassosa. Gli equilibri spostati a destra e a sinistra. Il principio di Le Chatelier e lo spostamento degli equilibri. Il calore scambiato fra un sistema e l'ambiente. Trasformazioni esotermiche ed endotermiche. L'entalpia e l'energia libera di formazione delle sostanze definite alle condizioni standard. L'entropia assoluta di una sostanza correlata allo stato di ordine o di disordine molecolare. Le variazioni di entalpia e di energia libera di reazione alle condizioni standard. Il criterio di spontaneità e di equilibrio nelle reazioni in fase gassosa. Calcoli stechiometrici su entalpia di reazione alle condizioni standard(0,70).

Le transizioni di stato e le proprietà colligative delle soluzioni. L'evaporazione di un liquido puro e di una soluzione. La tensione di vapore di un liquido. La competizione fra l'energia potenziale di legame e l'energia cinetica. La distribuzione statistica dell'energia cinetica. L'aumento di entalpia e di entropia nell'evaporazione. I diagrammi di stato di H<sub>2</sub>O e di CO<sub>2</sub>: le temperature normali di fusione e di ebollizione. L'innalzamento ebullioscopico e l'abbassamento crioscopico delle soluzioni. La pressione osmotica delle soluzioni; l'osmosi inversa (0,20).

Cinetica Chimica. La velocità di una reazione espressa mediante la variazione di concentrazione in funzione del tempo. La legge cinetica delle reazioni: la dipendenza della velocità iniziale dalla concentrazione dei reagenti e dalla temperatura. Il profilo energetico delle reazioni: l'energia di attivazione. Il meccanismo molecolare delle reazioni: il modello delle collisioni. La catalisi eterogenea (0,20).

Le proprietà nucleari della materia. Le proprietà della materia che dipendono dalla struttura elettronica e quelle che dipendono dalla struttura nucleare. Il difetto di massa e l'energia di interazione fra nucleoni; il diagramma dell'energia media per nucleone. Il diagramma dei nuclidi stabili ed instabili in funzione del rapporto n/p+. la radioattività naturale e quella artificiale. La fissione nucleare di <sup>235</sup>U con neutroni; la reazione controllata e quella divergente (0,10).

**Disciplina:** N241INE    **CIRCUITI ELETTRONICI DI POTENZA**    ING-IND/31

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

**Note:**

**Docente:** GRASSO FRANCESCO    RL    ING-IND/31    **Copertura:** AFF03

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

---

Vedere il sito ufficiale del corso:

[http://www.cirlab.unifi.it/didattica/cep\\_ine](http://www.cirlab.unifi.it/didattica/cep_ine)

**Note:**

---

Vedi [www.dmti.unifi.it/diseagno](http://www.dmti.unifi.it/diseagno)

Modulo 1 - Progettazione e disegno

Progettazione e disegno 243Kb (zip file)

Modulo 2 - Norme Tecniche di rappresentazione

2.1 le normative 1.4Mb (zip file)

2.2 Introduzione alla rappresentazione 524 Kb (zip file)

2.3 Proiezioni ortogonali 3.0Mb (zip file)

2.4 Viste ausiliare 979Kb (zip file)

2.5 Particolarità 1.6Mb (zip file)

2.6 Sezioni 3.9Mb (zip file)

2.7 Assonometria 1.2Mb (zip file)

2.8 Quotatura 1.2Mb (zip file)

2.9 Esempi 250Kb (zip file)

Modulo 3 - Materiali da costruzione

3.1 Materiali 3.8Mb (zip file)

Modulo 4 - Tecnologie di fabbricazione

4.1 Tecnologia 5.7Mb (zip file)

4.2 Tecnologia 7.1Mb (zip file)

4.3 Tecnologia 5.1Mb (zip file)

Modulo 5 - Quotatura e tolleranze

5.1 Tolleranze Dimensionali 8.7Mb (zip file)

5.2 Tolleranze Geometriche 4.3Mb (zip file)

5.3 Rugosità 1.4Mb (zip file)

5.4 Quotatura Funzionale 1.6Mb (zip file)

Modulo 6 - Elementi delle macchine

6.1 Collegamenti 4.8Mb(zip file)

6.2 Collegamenti albero mozzo 3.3Mb(zip file)

6.3 Ruote detate 5.1Mb(zip file)

6.4 Cinghie 250Kb(zip file)

6.5 Giunti 7.0Mb(zip file)

6.6 Supporti e cuscinetti volventi 9.0Mb(zip file)

6.7 Cuscinetti di strisciamento 1.5Mb(zip file)

Modulo 7 - Complessivi ed assemblaggi

7.1 Riduttore 1.5Mb(zip file)

7.2 Compressore 1.5Mb(zip file)

7.3 Pompa 2.4Mb(zip file)

Modulo 8 - Schemi di impianti

8.1 Simboli elettrici

8.2 Simboli impiantistici

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

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

**Note:**

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

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

---

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE IGE

**Disciplina:** N238INE **ELEMENTI DI RICERCA OPERATIVA** MAT/09

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

**Note:**

**Docente:** SCHOEN FABIO P1 MAT/09 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Sistemi e Informatica

---

**Disciplina:** N057INE **ELETTROTECNICA**

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 Operazionale. 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 I° 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 riflessa. Parametri di diffusione.

**Disciplina:** N002INE **FISICA GENERALE I**

FIS/01

**Corso di Studio:** INE IGE

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** POLI MARIO

P2 FIS/01

**Copertura:** TITAN

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

---

FISICA GENERALE I (Nuovo ordinamento)

Introduzione: metodo sperimentale, errori di misura, elementi di calcolo vettoriale, vettori applicati e loro momenti.

Cinematica: relatività del moto, posizione, velocità, velocità angolare, accelerazione, esempi (moto rettilineo uniforme, moto rettilineo uniformemente accelerato, moto circolare uniforme, moto armonico, moto armonico smorzato), vincoli e gradi di libertà, cinematica del corpo rigido (formula fondamentale dei moti rigidi, velocità angolare, moto traslatorio, moto rotatorio, rotolamento puro, moto rototraslatorio), cambiamento del sistema di riferimento (trasformazioni del vettore posizionale, della velocità e dell'accelerazione).

Statica: forze (misura statica delle forze, regola 1 della statica), statica del punto materiale, statica del corpo rigido (regola 2 della statica, equivalenza e riducibilità fra insiemi di forze, equazioni cardinali della statica), baricentro, vincoli e forze vincolari, esempi di vincoli ideali, attrito fra corpi solidi (radente e volvente).

Dinamica: principio d'inerzia, secondo principio della dinamica, massa e densità, quantità di moto e impulso, misura dinamica delle forze, leggi di Keplero e legge di gravitazione universale di Newton, esperimento di Cavendish e massa gravitazionale, problema fondamentale della dinamica del punto materiale con vari esempi, dinamica del punto materiale vincolato con vari esempi, sistemi di riferimento inerziali e non inerziali, forze di interazione e forze apparenti, principio di azione e reazione, principi di conservazione della quantità di moto e del momento angolare per i sistemi isolati, urti, equazioni cardinali della dinamica, centro di massa, momento angolare dei corpi rigidi, momento d'inerzia e raggio d'inerzia, dinamica dei sistemi, esempi di applicazione delle equazioni cardinali della dinamica.

Lavoro ed energia: lavoro, principio dei lavori virtuali, teorema delle forze vive, energia cinetica, equazione simbolica della statica, lavoro delle forze peso, forze posizionali e campi vettoriali, forze conservative e loro proprietà (esempi: forza costante, forza centrifuga, forze elastiche, forze e campi gravitazionali), lavoro in campi di forze non conservativi, energia potenziale ed energia meccanica, motori e potenza, statica ed energia potenziale (teorema della stazionarietà dell'energia potenziale e tipi di equilibrio, esempi di ricerca della stabilità dell'equilibrio), applicazioni del teorema della conservazione dell'energia meccanica. Pressione nei fluidi.

**Disciplina:** N016INE **FISICA GENERALE II**

FIS/01

**Corso di Studio:** INE IME, IGE

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** BORCHI EMILIO

P1 FIS/01

**Copertura:** TITAN

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

---

PROGRAMMA del corso di FISICA GENERALE II per studenti di Ingegneria Elettrica  
Anno Accademico 2002 - 03

Parte prima

Termodinamica: temperatura, principio zero della termodinamica, temperatura del termometro a gas perfetto, scala di temperatura internazionale (STI), trasformazioni termodinamiche, le tradizionali leggi dei gas e l'equazione di stato dei gas perfetti, sviluppo del viriale, trasformazioni isoterme di fluidi reali, equazione di stato di Van der Waals, coefficienti termometrici. Lavoro nelle trasformazioni quasi statiche di un fluido, lavoro nelle trasformazioni adiabatiche, primo principio della termodinamica, energia interna, quantità di calore, espressione matematica del primo principio della termodinamica, capacità termiche, calori molari e calori specifici, calori latenti, calori di reazione e legge di Hess, entalpia, coefficienti calorimetrici, definizione termodinamica di gas perfetto, proprietà dei gas perfetti. Trasformazioni reversibili e irreversibili, macchine termiche, secondo principio della termodinamica, teorema di Carnot, temperatura termodinamica assoluta, rendimento di un generico ciclo di Carnot, teorema di Clausius, entropia, espressione matematica del secondo principio della termodinamica, metodo per accertare se una trasformazione è reversibile o irreversibile, legge dell'accrescimento dell'entropia, diagramma entropico, equazione dell'energia interna, equazione dell'entalpia.

Testo consigliato:

A. Bertin, M. Poli, A. Vitale, Fondamenti di TERMODINAMICA, Progetto Leonardo, Soc. Ed. Esculapio, Bologna.

Parte seconda

Elettrostatica: Carica elettrica - Induzione elettrostatica; Forza di Coulomb - Energia elettrostatica di un sistema di cariche - Il campo elettrico - Lavoro del campo elettrico - Potenziale elettrico - Teorema di Gauss; Campo elettrico prodotto da semplici distribuzioni di cariche - Elettrostatica dei conduttori; Energia di un sistema di conduttori - Dipolo elettrico - Proprietà dei dielettrici - Polarizzazione (cenno) - Costante dielettrica - Capacità dei conduttori - Condensatore ad armature piane e parallele e cilindrico - Condensatori in serie ed in parallelo - Energia immagazzinata in un condensatore - Condensatori riempiti con dielettrici; Vettore spostamento elettrico  $D$ ; Condizioni al contorno per  $E$  e  $D$ .

Correnti elettriche in regime stazionario: Cenni sulla struttura atomica della materia - Materiali conduttori, semiconduttori ed isolanti - Definizione di intensità di corrente elettrica - Densità di corrente - Conducibilità elettrica nei metalli - Legge di Ohm - Resistenza elettrica - Variazione della resistività elettrica con la temperatura - Forza elettromotrice - Generatori ideali e reali; Legge di Ohm generalizzata - Potenza dissipata da un resistore - Trasferimento di energia da un generatore reale; Resistenze in serie ed in parallelo - Un cenno sul diodo a semiconduttore - Principi di Kirchhoff - Il partitore di tensione - Principio di sovrapposizione degli effetti; Transitori: Circuito RC - Costante di tempo.

Campo magnetico nel vuoto: Campo magnetico  $B$  - Particelle cariche in campi magnetici - Forza di Lorentz - Teorema di Ampère - Azioni meccaniche tra conduttori percorsi da correnti - Legge di Biot-Savart - Calcolo dell'induzione magnetica prodotta da un solenoide; Momento di una spira percorsa da corrente; Momento di dipolo magnetico; Legge di Gauss per il magnetismo; Energia magnetica; Condizioni al contorno.

Induzione elettromagnetica: Esperienze di induzione magnetica - Legge di Faraday-Lenz - Autoinduzione - Mutua induzione; Forza elettromotrice di movimento; Moto di una sbarretta conduttrice immersa in un campo magnetico e applicazioni - L'induttore e la sua relazione costitutiva - Circuito RL; Calcolo del coefficiente di autoinduzione e di mutua induzione in casi semplici.

Equazioni di Maxwell ed onde elettromagnetiche: Corrente di spostamento; Legge di Ampère-Maxwell; Cenni sulle equazioni di Maxwell e sulle onde elettromagnetiche piane nel vuoto

Testi consigliati:

E. Borchioni, R. Nicoletti, "Elettromagnetismo", vol. 1, Progetto Leonardo, Soc. Ed. Esculapio, Bologna.

Dispense distribuite durante il corso.

**Note:**

---

Il 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

Miscele 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; tubo di Venturi e Pitot

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 e-NTU e DTML per dimensionamento

6

**Disciplina:** N058INE **FONDAMENTI DI AUTOMATICA**

ING-INF/04

**Corso di Studio:** INE IME

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** TESI ALBERTO

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 correttrici elementari.

**Disciplina:** N091INE **FONDAMENTI DI INFORMATICA**

ING-INF/05

**Corso di Studio:** INE IGE, IME

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** FANTECHI ALESSANDRO

P1 ING-INF/05

**Copertura:** TITAN

**Ente appartenenza:** Dip. Sistemi e Informatica

---

Il calcolatore come strumento che permette di fare operazioni su oggetti

Concetto di algoritmo

La notazione dei diagrammi di flusso per la descrizione degli algoritmi

Concetto di variabile

Il sistema operativo

Struttura a livelli di un calcolatore

L'algebra booleana

Rappresentazione posizionale di numeri interi in una base qualsiasi

Sistemi di numerazione in modulo

Rappresentazione binaria

Rappresentazione di numeri negativi

Rappresentazione di numeri reali in virgola fissa e in virgola

Rappresentazione di testi e altre informazioni

L'architettura di un calcolatore

Linguaggi di programmazione

Il processo di compilazione

Il linguaggio di programmazione C

Struttura generale di un programma C

Strutture linguistiche per il controllo del flusso

Tipi predefiniti del linguaggio C

I tipi strutturati

Sottoprogrammi

Passaggio di parametri a una funzione C

Regole di visibilità degli identificatori

Passaggio di parametri per indirizzo

Variabili globali

Effetti laterali

Algoritmi di ordinamento

Considerazioni sulla complessità degli algoritmi

Algoritmi di ricerca in un vettore: ricerca esaustiva ricerca binaria

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

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

**Note:**

**Docente:** GIUSTI ROBERTO RC ING-IND/13 **Copertura:** AFF03

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

---

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

**Note:** RINNOVO

**Docente:** MASSETI MAURIZIO 25U **Copertura:** CRETR

**Ente appartenenza:** Servizi Generali

---

#### Introduzione alle reti di calcolatori e Internet

Cos'è Internet in termini di componenti e servizi. I protocolli. La struttura della rete. Il nucleo della rete. Commutazione di circuito e di pacchetto. Reti di accesso e mezzi trasmissivi. Accesso residenziale, accesso istituzionale e accesso wireless. I mezzi fisici: doppino telefonico, cavo coassiale, fibra ottica, collegamento radio

#### Introduzione all'HTML

Il web: generalità e terminologia. Le Uniform Resource Identifiers (URI). I principi dell'HTML. Gli elementi e i tag dell'HTML. Finestre, frame e tabelle. Gli strati nelle pagine HTML. Il collegamento ipertestuale. Il passaggio di parametri: i form.

#### I protocolli a strati

Cos'è un protocollo. Interfacce ed API. La stratificazione: principi e caratteristiche. Stratificazione protocollare e dati. La pila protocollare di Internet. Il modello di riferimento ISO/OSI. La gerarchia degli strati. Il modello funzionale degli strati. Formattazione dell'informazione. Incapsulamento dei dati. Descrizione dei livelli della pila ISO/OSI.

#### Lo strato applicativo

Protocollo dello strato di applicazione. Applicazioni di rete: terminologia. Il paradigma Client-Server. L'indirizzamento. Tipologie di trasporto richieste dalle applicazioni. Il Web: terminologia. Il web: il protocollo HTTP. Il protocollo FTP. La posta elettronica: principi, formati dei messaggi, protocolli. Il DNS.

#### TCP/IP

Il modello a strati di TCP/IP. La suite di protocolli di TCP/IP. Il protocollo IP. Il protocollo UDP. Il protocollo TCP. I datagrammi. La finestra di trasmissione TCP. Il concetto di porta e endpoint. Esempi di porte.

#### HTTP

Generalità di funzionamento. Proxy, Gateway e Tunnel. Uniform Resource Identifiers (URI). Messaggi HTTP. Gli header HTTP. HTTP Request e HTTP Response. Le Entità.

#### Principi di sicurezza nelle Reti di Telecomunicazioni

Sicurezza fisica, logica, di rete. I principali attacchi informatici. I principali virus. L'attacco di rete. Le patch. Architettura per la Sicurezza. Principi di Crittografia. Firma elettronica. Certificati Digitali. Il Packet Filtering. I Firewall: principi e implementazione. Sicurezza a livello IP: IPSEC. Le Virtual Private Network. Sicurezza a livello di trasporto: SSL. Sicurezza nelle applicazioni: PGP

**Disciplina:** N001INE **GEOMETRIA**

MAT/03

**Corso di Studio:** INE IGE

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:** RINNOVO

**Docente:** CASAGLIA IVAN

25U

**Copertura:** CRETR

**Ente appartenenza:** Servizi Generali

---

#### ALGEBRA VETTORIALE

Coordinate cartesiane nel piano e nello spazio. Vettori applicati e vettori liberi. Addizione tra vettori. Moltiplicazione tra uno scalare e un vettore. Prodotto scalare. Proiezione ortogonale e componente orientata. Prodotto vettoriale. Prodotto misto. Combinazione lineare di vettori. Vettori linearmente dipendenti e indipendenti. Teorema della base. Lo spazio vettoriale  $\mathbb{R}^n$ .

#### ALGEBRA MATRICIALE E SISTEMI LINEARI

Lo spazio vettoriale delle matrici  $m \times n$ . Prodotto di matrici. Rango per righe e rango per colonne. Matrici a scala. Metodo di riduzione. Determinante e sue proprietà. Minori di una matrice e caratteristica. Caratteristica e rango. Equazioni e sistemi lineari. Metodo di Gauss. Teorema di Rouché-Capelli. Soluzione generale di un sistema lineare. Teorema e regola di Cramer. Inversa di una matrice. Interpolazione polinomiale. Matrici simili. Matrici diagonalizzabili. Autovalori e autovettori di una matrice. Calcolo degli autovalori. Diagonalizzazione delle matrici reali di ordine 2 e 3.

#### GEOMETRIA VETTORIALE

Equazioni parametriche della retta nello spazio. Equazione cartesiana del piano nello spazio. Parallelismo e perpendicolarità fra piani. Equazioni cartesiane della retta. Parallelismo e perpendicolarità fra rette nello spazio. Parallelismo e perpendicolarità fra una retta ed un piano. Problemi angolari nel piano e nello spazio. Distanza di un punto da un piano e da una retta. Rette sghembe. Distanza tra due rette sghembe.

#### PROGRAMMA DEL CORSO IMPIANTI ELETTRICI E SICUREZZA

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.

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 0060589

**Crediti:** 6 **Tipo:** M

**Note:** Mut. da Impianti meccanici c.l. MEC v.o. in comune IGE IME

**Docente:** BANDELLONI MARTINO P1 ING-IND/17 **Copertura:** MUT

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

---

**Note:**

## 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:** N161INE **MISURE ELETTRICHE**

ING-INF/07

**Corso di Studio:** INE IEL

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** IUCULANO GAETANO

P1 ING-INF/07

**Copertura:** AFF03

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

---

**Disciplina:** N236INE **PRINCIPI DI INGEGNERIA ELETTRICA**

ING-IND/31

**Corso di Studio:** INE IGE

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** MANETTI STEFANO

P1 ING-IND/31

**Copertura:** TITAN

**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. Parallelo di trasformatori. Autotrasformatore.

**Disciplina:** N309INE **PRINCIPI DI PROGETTAZIONE MECCANICA** ING-IND/14

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

**Note:**

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

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

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

ING-IND/33

**Corso di Studio:** INE 0060799

**Crediti:** 6 **Tipo:** M

**Note:** Mut. da Impianti Elettrici c.I. ELE v.o.

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

**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:** N233INE **TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA** ING-IND/22  
**APPLICATA**

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

**Note:**

**Docente:** PRADELLI GIORGIO P1 ING-IND/22 **Copertura:** TITAN

**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Civile

---

A.A. 2001/2002

Combustione: potere calorifico, aria di combustione, volume e composizione dei fumi, temperatura di infiammabilità, limiti di accensione, temperatura teorica di combustione, perdita al camino, potenziale termico. Combustibili: classificazione, combustibili di interesse industriale, cokificazione, raffinazione del petrolio, gas naturale. Carburanti: benzine e oli per diesel.

Diagrammi di fase. Teoria dei diagrammi di fase di sistemi a due componenti.

Materiali metallici. Caratteristiche e classificazione. Diagramma ferro-carbonio. Acciai di base e di qualità. Ghise di seconda fusione.

Leghe di alluminio: Al-Si, Al-Cu.

