

# 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.

---

**Disciplina:** N445INE ANALISI MATEMATICA

MAT/05

**Corso di Studio:** INE IGE

**Crediti:** 12 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** PERA MARIA PATRIZIA

P1 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.
- Equazioni differenziali ordinarie.

**Disciplina:** N243INE    **AZIONAMENTI ELETTRICI**

ING-IND/32

**Corso di Studio:** INE

**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:

<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.

**Note:**

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 Pes Atomici ed i Pes Molecolari (0,20).

La struttura elettronica degli atomi. 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: i criteri 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 (0,30).

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 (0,60).

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).

Sostanze solubili ed insolubili in acqua. Il meccanismo di dissoluzione di un soluto nell'acqua, in particolare delle sostanze ioniche e molecolari. Le soluzioni acquose; gli aspetti quantitativi delle soluzioni: la concentrazione molare. Il prodotto di solubilità (0,30).

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. La fusione nucleare (0,20).

**Note:****DISPOSITIVI A SEMICONDUCTTORE (2.1 CFU)**

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. Analisi di circuiti a diodi mediante programmi di simulazione. 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 modello per piccoli segnali del BJT. Il BJT come diodo. 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).

**SIMULAZIONE AL COMPUTER DEI CIRCUITI ELETTRONICI DI POTENZA (0.3 CFU)**

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.

**RADDRIZZATORI (1.2 CFU)**

Raddrizzatori monofasi e semplice e doppia semionda, di tipo non controllato, semicontrollato, e controllato. Cenni su Raddrizzatori trifasi e semplice e doppia semionda, di tipo non controllato semicontrollato, e controllato. Fattore di potenza in circuiti non lineari, distorsione armonica totale, problemi legati alla distorsione armonica della corrente assorbita nei raddrizzatori a monofasi non controllati. Progetto di raddrizzatori.

**CONVERTITORI DC-DC. (1.0 CFU)**

Principio di funzionamento e criteri di progetto di convertitori di tipo PWM: Convertitore di tipo buck Convertitore di tipo boost. Convertitore di tipo buck-boost. Convertitore di tipo push-pull. Convertitore di tipo a mezzo ponte. Convertitore di tipo a ponte intero. Modelli lineari di convertitori DC-DC di tipo PWM. Esempi di dimensionamento.

**ALIMENTATORI (0.8 CFU)**

Alimentatori stabilizzati. Regolatori lineari e a commutazione. Convertitori dc-dc isolati. Convertitore di tipo forward. Convertitore di tipo flyback. Controllo dei convertitori dc-dc a commutazione usati come stabilizzatori. Progetto di regolatori dc-dc

**CONSIDERAZIONI PROGETTUALI PRATICHE ( 0.6 )**

Controllo della temperatura dei componenti di potenza. Progetto di componenti avvolti. Modellamento dei convertitori dc-dc e criteri di progetto della rete di retroazione. Esempi applicativi di progetto di convertitori dc-dc ed ac-dc con regolatori PWM completi di rete di compensazione.

**Disciplina:** 45667887 **DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE**

ING-IND/15

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

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

**Note:**

**Docente:** POGGI MARCO

25U ING-IND/15 **Copertura:** CRETR

**Ente appartenenza:** Studenti/Personale Vario

---

Vedi [www.dmti.unifi.it/disegno\\_ge](http://www.dmti.unifi.it/disegno_ge)

Introduzione al corso

Le normative

Rappresentazione

- Introduzione

- Proiezioni ortogonali

- Viste ausiliarie

- Particolarita'

- Sezioni

- Quotatura

- Esempi

Materiali da costruzione

Tecnologie di fabbricazione

Tolleranze dimensionali

Tolleranze geometriche

Rugosita'

Quotatura funzionale

Elementi delle macchine

- Collegamenti

- Collegamenti albero-mozzo

- Ruote dentate

- Cinghie

- Giunti

- Supporti e cuscinetti volventi

- Cuscinetti di strisciamento

Assemblaggi

- Riduttore

- Compressore

- Pompa

Modellazione funzionale di Prodotto e di Processo



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

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

**Note:** IL CORSO FUNGE DA CORSO DI RECUPERO PER IDT,IGE,IIN,IME

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

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

---

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,IME

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

**Note:**

**Docente:** MANETTI STEFANO

P1 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:** N002INE **FISICA GENERALE I A**

FIS/01

**Corso di Studio:** INE IGE

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

**Note:**

**Docente:** VASSALLI MASSIMO 25U

**Copertura:** CRETR

**Ente appartenenza:** SERVIZI GENERALI

---

\* Cinematica del punto materiale: Legge oraria, velocità, accelerazione. Moto armonico, circolare, parabolico. Moti relativi

\* Dinamica del punto materiale: Principio d'inerzia. Il concetto di forza. Legge di Newton. Forza peso. Forza elastica. Forze d'attrito e viscoso. Forze vincolari. Sistemi non inerziali e forze fittizie. Lavoro. Potenza. Forze conservative e potenziale. Energia. Impulso e quantità di moto. Momento di una forza e momento angolare. Pendolo semplice (piccole oscillazioni)

\* Sistemi di punti materiali: Principio di azione e reazione. Leggi di moto dei sistemi. Quantità di moto. Moto del centro di massa. Conservazione della quantità di moto per sistemi isolati. Momento angolare. Equivalenza di sistemi di forze. Riferimenti baricentrali e teoremi di König. Lavoro e teoremi dell'energia per i sistemi. Urti elastici ed anelastici. Sistemi continui.

\* Corpo rigido: Moto traslatorio. Moto rotatorio. Momento angolare e velocità angolare. Moto rototraslatorio e formula fondamentale del moto rigido. Momento d'inerzia rispetto ad un asse. Teorema di Huygens-Steiner. Pendolo composto. Lavoro ed energia cinetica nel moto rigido. Equilibrio dei corpi rigidi. Rotolamento puro.

\* Termodinamica: Temperatura e calore. Primo principio, energia interna. Trasformazioni termodinamiche. Calori specifici. Leggi dei gas. Teoria cinetica dei gas. Il secondo principio. Ciclo e teorema di Carnot. Entropia.

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

FIS/01

**Corso di Studio:** INE IGE

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

**Note:**

**Docente:** BORCHI EMILIO

25U FIS/01

**Copertura:** CONCS

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

---

Salvo diversa indicazione gli argomenti si intendono svolti come in [1] e [2].

**ELETTROSTATICA DI SISTEMI DI CARICHE NEL VUOTO:** Carica elettrica – Legge di Coulomb – Principio di sovrapposizione degli effetti - - Il campo elettrico - - Teorema di Gauss - Lavoro del campo elettrico - Potenziale elettrico - Energia elettrostatica di un sistema di cariche – Equazione di Poisson.

**CONDUTTORI:** Elettrostatica dei conduttori – Teorema di Coulomb- Induzione elettrostatica – Energia potenziale di un sistema di N conduttori – Energia elettrostatica – Capacità di un conduttore – Condensatori – Energia elettrostatica nei condensatori – Condensatore ad armature piane e parallele, sferico e cilindrico - Condensatori in serie e in parallelo – Condensatore con lamina metallica inserita – Forze sui condensatori.

**DIELETTICI:** Dipolo elettrico – Potenziale generato dal dipolo in punti lontani – Campo elettrico generato da un dipolo a grande distanza - Proprietà dei dielettrici - Polarizzazione – Potenziale generato da un dielettrico polarizzato in un punto esterno – Campo elettrico all'interno di un dielettrico – Teorema di Gauss nei dielettrici - Suscettività e costante dielettrica - Condizioni al contorno per E e D - Condensatori riempiti con dielettrici.

**CORRENTI ELETTRICHE IN REGIME STAZIONARIO:** Materiali conduttori, semiconduttori ed isolanti - Definizione di intensità di corrente elettrica - Densità di corrente - Equazione di continuità - Conducibilità elettrica nei metalli - Legge di Ohm - Resistenza elettrica - Resistività e conducibilità elettrica - Forza elettromotrice - Generatori - Legge di Ohm generalizzata - Legge di Joule.

**CIRCUITI ELETTRICI IN CORRENTE CONTINUA:** Gli elementi delle reti: il resistore, il condensatore, l' induttore e loro relazioni costitutive – Principi di Kirchhoff - Metodo delle correnti cicliche di maglia - Elementi passivi ed attivi in serie ed in parallelo - Teorema di Thevenin.

**MAGNETOSTATICA NEL VUOTO :** forza di Lorentz - Campo magnetico B generato da un filo rettilineo percorso da corrente: legge di Biot-Savart - Prima formula di Laplace – Campo magnetico generato da una spira circolare – Campo magnetico sull'asse di un solenoide – Legge di Gauss per il campo magnetico – Seconda formula di Laplace – Forze esercitate tra due fili rettilinei percorsi da corrente – Definizione meccanica di Ampère – Momento magnetico e momento meccanico agente su una spira percorsa da corrente – Spira rettangolare immersa in un campo magnetico uniforme – Dimostrazione elementare del teorema di Ampère.

**INDUZIONE ELETTROMAGNETICA:** Esperienze di induzione elettromagnetica: Legge di Faraday-Neumann e legge di Lenz – F.e.m. indotta associata alla deformazione di un circuito – Legge di Felici - Autoinduzione – Energia magnetica.

**CIRCUITI CON FENOMENI INDUTTIVI:** Risposta transitoria e risposta di regime permanente di un circuito RL serie – Costante di tempo.

**MAGNETOSTATICA NEI MEZZI MATERIALI:** magnetizzazione della materia - densità di correnti di magnetizzazione di volume e di superficie - intensità di campo magnetico H - teorema di Ampère nei mezzi materiali - suscettività e permeabilità magnetica nei mezzi lineari, isotropi ed omogenei - condizioni al contorno per B ed H - diamagnetismo - paramagnetismo - ferromagnetismo - circuiti magnetici - riluttanza magnetica - legge di Hopkinson

**EQUAZIONI DI MAXWELL:** La densità di corrente di spostamento – Le equazioni di Maxwell in forma differenziale ed integrale.

-----  
Nell'anno accademico 2007-2008 (secondo periodo didattico) sono stati sviluppati gli argomenti sotto menzionati (con riferimento ai paragrafi del libro Elettromagnetismo di Borchi e Nicoletti citato tra i testi di base adottati):

Capitolo 1 - Elettrostatica dei sistemi di cariche nel vuoto:

1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11 (equazione di Poisson)

Capitolo 2 - Conduttori:

2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.13

Capitolo 3 - Dielettrici;

3.1, 3.2, 3.3, 3.5 energia potenziale di un dipolo, 3.6, 3.7, 3.8, 3.10, 3.11, 3.12 condizioni al contorno per i vettori E e

D, 3.13, 3.12 energia elettrostatica nei dielettrici (senza dimostrazione), 3.13 equazione di Poisson e di Laplace nei dielettrici

Capitolo 4 - La corrente elettrica:

4.1, 4.2, 4.6, 4.7, 4.8, 4.10, 4.13

Capitolo 5 - Circuiti elettrici in corrente continua (tutto)

Capitolo 6 - Magnetostatica nel vuoto:

6.1, 6.2, 6.3 prima formula di Laplace, campo magnetico di un filo rettilineo indefinito (senza dimostrazione), campo di una spira circolare, campo di un solenoide (senza dimostrazione), 6.4, 6.5 seconda formula di Laplace, azioni elettrodinamiche tra fili rettilinei percorsi da corrente, la corrente superficiale, 6.7, 6.8, 6.9 momento magnetico e momento meccanico agente su una spira, 6.10, 6.11, 6.14, 6.17 senza dimostrazione

Capitolo 7 - Induzione elettromagnetica:

7.1, 7.2, 7.3 induzione elettromagnetica di movimento, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7

Capitolo 8 - Circuiti con fenomeni induttivi e capacitivi:

8.1, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.9

Capitolo 9 - Magnetostatica nei mezzi materiali:

9.1, 9.2 campo magnetico generato da un materiale magnetizzato, 9.3, 9.4, 9.7, 9.8, 9.9, 9.10

Capitolo 10 - Equazioni di Maxwell e onde elettromagnetiche:

10.1, 10.2

E' richiesta inoltre la conoscenza, anche non approfondita, delle proprietà matematiche dei campi vettoriali (appendice A)

**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



**Note:**

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.

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:** N091INE **FONDAMENTI DI INFORMATICA**

ING-INF/05

**Corso di Studio:** INE IGE

**Crediti:** 6 **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&#8217;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&#8217;architettura di un calcolatore

Linguaggi di programmazione

Il processo di compilazione

Il linguaggio di programmazione Java

Fondamenti di programmazione strutturata.

Concetti di base di Object-Oriented Programming.

Definizione di una classe: gerarchia delle classi, packages.

Classe System

Principali modificatori: public, private, abstract, static. Classi e metodi static.

Principali packages del linguaggio

Esempi di programmazione Java

Implementazione di GUI. Design Container-Component. Eventi e ascoltatori di eventi

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 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

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

MAT/03

**Corso di Studio:** INE IGE

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

**Note:** .

**Docente:** DE BARTOLOMEIS PAOLO P1 MAT/03

**Copertura:** AFF03

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

---

---

## 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

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

**Note:** .

**Docente:** BANDELLONI MARTINO

25U ING-IND/17

**Copertura:** CONCS

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

---

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:** 15867687 **SICUREZZA INDUSTRIALE**

IUS/07

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

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

**Note:** SICUR IMP INDUS 3CFU ING-IND/17+LEG.ANT.DIRIT.LAV 3CF IUS/07

**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:** 65233 **TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA** ING-IND/22  
**APPLICATA**

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

**Note:**

**Docente:** GALVANETTO EMANUELE P2 ING-IND/22 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Civile

---

Introduzione alla scienza e tecnologia dei materiali.

Classi di materiali. Legami atomici e molecolari. Solidi ionici, covalenti, metallici e molecolari.

Proprietà dei materiali. Cenni sulla struttura a bande dei solidi. Proprietà ottiche ed elettriche.

Comportamento meccanico dei materiali. Determinazione delle proprietà meccaniche dei materiali. Prova di trazione.

Rigidezza, resistenza, durezza, tenacità. Rottura duttile e fragile. Resilienza. Materiali cristallini e amorfi.

Celle elementari e reticoli cristallini. Principali strutture cristalline dei metalli. Difetti reticolari. Solidificazione.

Cinetiche di nucleazione ed accrescimento. Diffusione atomica nei solidi. Leggi di Fick. Trattamenti di diffusione.

Trasformazioni di fase non-diffusive.

Principi di microscopia ottica, elettronica e di diffrazione di raggi X.

Diagrammi di stato a due componenti con solubilità reciproca completa, nulla e parziale allo stato solido. Formazione di composti. Trasformazioni eutettiche e peritettiche.

Rafforzamento dei materiali metallici.

Diagramma Fe-C. Trasformazione dell'austenite al raffreddamento. Trattamenti termici massivi e superficiali degli acciai. Trattamenti termici degli acciai al carbonio: ricottura, normalizzazione, tempra, rinvenimento.

Classificazione e designazione degli acciai. Riduzione degli ossidi di ferro. Alto forno. Affinazione della ghisa.

Convertitori. Proprietà degli acciai al variare del tenore di carbonio. Acciai al carbonio. Acciai inossidabili.

Leghe di alluminio. Indurimento per precipitazione.

Ossidazione a caldo. Cinetica.

Meccanismo elettrochimico di corrosione ad umido: aspetti stechiometrici, termodinamici e cinetici. Accoppiamento galvanico o polarizzazione esterna. Metodi di prevenzione e protezione: prevenzione per modifica della superficie del metallo, protezione elettrica. Forme di corrosione localizzata. Ambienti di corrosione.

Potere calorifico. Aria di combustione, volume e composizione dei fumi. Temperatura teorica di combustione.

Temperatura di ignizione, limiti di infiammabilità. Potenziale termico.

Classificazione dei combustibili, combustibili di interesse industriale, cokificazione, raffinazione del petrolio, gas naturale. Carburanti: benzine e oli per diesel.

**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.

---

