



**POLITECNICO
DI TORINO**

SOMMARIO

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA	7
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI	21
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI IMPARTITI A MONDOVI	137
PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE	
INDICE ALFABETICO PER INSEGNAMENTO	

**INGEGNERIA
ELETTRICA**

Guida
ai programmi
dei corsi

2000/2001

■ INTRODUZIONE ALLA GUIDA AI PROGRAMMI

Lo scopo fondamentale del presente opuscolo è quello di orientare gli studenti nella scelta dei piani di studio. Nella guida sono contenuti i programmi dei corsi obbligatori e facoltativi per permettere agli studenti di poter decidere con chiarezza anno per anno come adeguare le scelte del piano di studio a seguito delle verifiche delle proprie attitudini.

Le guide ai programmi dell'anno 1999/2000 introducono il valore in crediti e l'articolazione in moduli di quasi tutti i corsi, queste novità sono il primo passo verso il cambiamento del sistema universitario italiano che adeguerà i propri percorsi formativi a quanto concordato a livello europeo.

Si consiglia la lettura del capitolo "l'università sta cambiando" pubblicato sul Manifesto degli Studi, ove sono riportate tutte le informazioni relative alla trasformazione dei corsi universitari.

Cosa sono i crediti

Per gli studi politecnici un credito didattico corrisponderà, per un allievo di medie capacità, a circa trenta ore di attività didattica comprensive delle ore di lezione, esercitazione, laboratorio e studio individuale. L'indicazione di massima è che per conseguire il titolo di I livello (attuale diploma universitario) occorrerà acquisire circa 180 crediti e che per il titolo di II livello (attuale laurea) ne occorreranno circa 300, tenendo conto che anche la preparazione e la discussione della tesi costituirà un valore in crediti.

Il parametro di riferimento è quello di acquisire circa sessanta crediti annuali.

Cosa sono i moduli didattici

Nel nuovo sistema i moduli didattici rappresenteranno per molti degli attuali corsi una suddivisione del programma precedente, quindi aumenterà la possibilità di combinare in modo più articolato le diverse materie.

Supponendo che un attuale corso venga suddiviso in tre moduli, in molti casi sarà sufficiente scegliere solo un modulo o due a secondo del percorso scelto; vi saranno moduli obbligatori e moduli facoltativi, e saranno previste precedenzae.

I moduli indicati in questa guida rappresentano la prima fase di trasformazione della didattica ma non sono ancora validi come singoli moduli didattici, ai fini della predisposizione dei piani di studio.

Ai fini della definizione del carico didattico e per la formazione delle graduatorie per l'accesso alle iniziative di sostegno al diritto allo studio è stato deciso di assegnare il valore di **10 crediti** a tutti i corsi annuali e di **5 crediti** a tutti i corsi ridotti.

Resta invariata la norma che prevede per conseguire la Laurea il superamento di 29 annualità indipendentemente dal numero di crediti raggiunto.

PROFILO PROFESSIONALE

La figura dell'ingegnere elettrico è una delle figure professionali più richieste nel mondo industriale e dei servizi, e ciò sia per l'ovvia importanza del servizio elettrico in tutte le attività, sia per la forte caratterizzazione interdisciplinare, con competenze di base nei settori dell'elettronica, dell'informatica, della meccanica, della termotecnica e dell'ingegneria strutturale.

Il corso di laurea in *Ingegneria elettrica* è strutturato in modo da offrire un efficiente equilibrio fra competenze di carattere generale (garanzia di flessibilità e di adattabilità alle evoluzioni del mercato del lavoro) e competenze specialistiche su problematiche avanzate.

L'area culturale, particolarmente ampia e variegata, comprende fra l'altro:

- i sistemi di produzione e trasmissione dell'energia elettrica;
- i sistemi di distribuzione dell'energia elettrica, sia pubblici che privati;
- le apparecchiature industriali elettriche ed elettroniche di potenza;
- l'energetica elettrica, intesa come complesso di metodologie per l'ottimizzazione della gestione e dell'uso dell'energia elettrica;
- i sistemi per lo sfruttamento dell'energia rinnovabile, con particolare riguardo alla tecnologia dei sistemi eolici e solari;
- gli azionamenti per uso industriale, per la robotica e per la trazione elettrica;
- i sistemi elettrici per l'automazione, per il traffico e per i servizi a bordo di unità mobili;
- le utilizzazioni elettriche in contesti particolarmente innovativi (edifici intelligenti, domotica, etc.).

Tutto ciò riguarda sia le tecnologie tradizionali, ampiamente consolidate, sia le nuove tecnologie informatiche, elettroniche e digitali, che stanno impetuosamente rivoluzionando l'intero mondo elettrico.

Sono alla base della rivoluzione tecnologica in atto:

- i nuovi materiali;
- i nuovi componenti dell'elettronica industriale di potenza;
- lo sviluppo delle tecniche di controllo digitale;
- le enormi possibilità offerte dalle tecniche informatiche;
- l'importanza che la società civile attribuisce ai problemi dell'uso delle risorse energetiche, con le accentuate esigenze di risparmio, affidabilità, compatibilità ambientale e sicurezza.

In termini sintetici, l'ingegneria elettrica comprende lo studio e la realizzazione di tutti i sistemi e componenti che in qualche modo utilizzano l'energia elettrica, sia in forma esclusiva, sia con conversione da o verso altre forme di energia, ma sempre in quantità significative (a differenza dell'ingegneria elettronica, che utilizza il vettore elettrico per elaborare e/o trasmettere dati e segnali).

Gli sbocchi professionali dell'ingegneria elettrica, tradizionalmente molto ampi, sono una conseguenza diretta del ruolo centrale dell'elettricità in tutti gli ambiti industriali, commerciali e, più in generale, per la qualità della vita organizzata. Tali sbocchi sono stati di recente ulteriormente accresciuti dall'evoluzione legislativa che, estendendo radicalmente l'obbligo della progettazione e della certificazione elettrica, ha di fatto aperto ai neo-ingegneri nuove interessanti opportunità.

■ INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

Il corso di laurea prevede diverse opzioni per ciascuno dei due indirizzi Automazione industriale ed Energia. Per ciascun indirizzo, i piani di studio programmati prevedono 26 insegnamenti comuni (di cui tre caratterizzanti l'indirizzo) e 3 insegnamenti scelti dallo studente nell'ambito delle opzioni più avanti indicate.

Per una formazione congruente con l'indicazione del profilo professionale precedentemente esposta, tra gli insegnamenti obbligatori viene proposto un *curriculum* di studi articolato sulle seguenti fasi:

a) formazione matematico-fisica di base

- I corsi di Analisi matematica 1 e 2 e Analisi matematica 3 (1/2 unità didattica, il cui svolgimento è previsto nel terzo anno) hanno lo scopo di fornire allo studente gli strumenti di base del calcolo differenziale. Essi insegnano come affrontare i problemi con rigore e spirito critico e completano la formazione matematica con particolare riferimento all'integrazione in più dimensioni, alla integrazione di sistemi di equazioni differenziali e allo sviluppo in serie.
- Il corso di Geometria fornisce una preparazione di base allo studio di problemi con l'uso di coordinate in relazione alla geometria analitica del piano e dello spazio. Il corso tratta anche dei metodi di calcolo matriciale e dello studio delle funzioni di più variabili.
- I corsi di Fisica 1 e 2 svolgono un ruolo formativo sulla metodologia interpretativa propria della fisica, con approfondimento dei fondamenti dell'elettromagnetismo.

b) formazione ingegneristica di base

- Il corso di *Fondamenti di informatica* fornisce le nozioni di base relative all'architettura dei sistemi di elaborazione e alla programmazione mediante linguaggi di livello superiore. A questo si accompagna il corso di *Calcolo numerico* che ha lo scopo di illustrare i metodi numerici fondamentali e le loro caratteristiche.
- Il corso di *Economia e organizzazione aziendale* presenta i principi e le applicazioni dell'organizzazione aziendale e delle tecniche aziendali nel quadro delle decisioni relative sia alla gestione operativa sia alla evoluzione ed allo sviluppo dell'impresa.
- Il corso di *Chimica* si propone di fornire le basi teoriche necessarie per la comprensione e l'interpretazione dei fenomeni chimici e di dare una breve rassegna delle proprietà degli elementi più comuni e dei loro principali composti.
- Il corso di *Fisica tecnica* ha come scopo di fornire le basi progettuali per l'illuminazione, l'acustica, la termodinamica dei fluidi e la trasmissione del calore.
- *Meccanica analitica* (1/2 unità didattica) e *Meccanica applicata alle macchine* insieme con l'acquisizione dei fondamenti della meccanica e dei relativi metodi matematici esaminano le leggi fondamentali dell'analisi funzionale di componenti meccanici e l'analisi dinamica dei sistemi meccanici.
- La formazione meccanica si completa con i corsi di *Disegno assistito dal calcolatore* (1/2 unità didattica) e *Costruzione di macchine* (1/2 unità didattica), e infine con un corso di *Macchine* in cui sono esposti i principi di funzionamento delle macchine a fluido, con approfondimento dei criteri di utilizzazione, di scelta e di esercizio delle macchine stesse.
- Per quanto riguarda la formazione nel campo degli aspetti strutturali, questa è affidata al corso di *Scienza delle costruzioni* che fornisce i fondamenti della teoria dell'elasticità, della teoria delle travi inflesse e dei problemi della stabilità e dell'equilibrio.

c) formazione specialistica elettrica.

- La formazione viene introdotta con i corsi di *Elettronica* ed *Elettrotecnica 2* che, dopo aver fornito le basi concettuali della teoria dei circuiti, approfondiscono tematiche di aspetto appli-

cativo nel campo delle macchine e degli impianti elettrici. Accanto a questi il corso di *Scienza e tecnologia dei materiali elettrici* evidenzia, in funzione della loro utilizzazione in settori specifici, le proprietà dei più comuni materiali di interesse elettrotecnico.

– Il corso di *Macchine elettriche* analizza i fenomeni e i principi di funzionamento delle macchine elettriche e descrive le principali tecniche realizzative e di impiego delle stesse.

– Il corso di *Impianti elettrici 1* ha lo scopo di rendere disponibile una descrizione completa e coordinata delle regole di progettazione, installazione, esercizio degli impianti di distribuzione di media e bassa tensione.

A integrazione della formazione svolta nei precedenti corsi sussistono ancora i seguenti insegnamenti:

– *Misure elettriche*, atto a fornire la base teorica e applicativa nel campo delle misure su apparecchiature e impianti elettrici a frequenza industriale.

– *Controlli automatici*, rivolto alla determinazione delle leggi del funzionamento dinamico e al progetto degli organi di controllo di sistemi.

– *Elettronica applicata*, destinata a fornire gli elementi di base nel funzionamento statico e dinamico di circuiti contenenti dispositivi elettronici.

Primo anno	Titolo
1	H1000 Fisica generale
1	H1001 Fisica sperimentale
1	H1002 Matematica I
1	H1003 Matematica II
1	H1004 Scienze della Terra
1	H1005 Scienze e tecnologia dei materiali elettrici
1	H1010 Meccanica applicata alle macchine
1	HA410 Elettronica
1	H1092 Elettrotecnica II

Secondo anno	Titolo
1	H3120 Macchine elettriche
1	H3500 Misure elettriche
1	01ABY Analisi di sistemi per il controllo (tr) *
1	01CAP Progetto di sistemi di controllo (tr) (tr) *
1	H3701 Impianti elettrici I
1	H3890 Conversione statica dell'energia elettrica
1	H1135 Disegno tecnico industriale/Costruzione di macchine (tr)

Terzo anno	Titolo
1	H1770 Elettrotecnica industriale di potenza
1	H3780 Modellistica dei sistemi elettromeccanici
1	X
1	01ALA Controllo degli azionamenti Azion. in corrente continua (tr) *
1	01ACH Azionamenti ad alta prestazioni in corrente continua (tr) *
1	Y
1	Z

* Corso integrato. ** Corso ridotto. - X, Y, Z corsi di orientamento. - In seguito ai corsi di orientamento l'iscrizione all'università di Padova è subordinata alla verifica di idoneità dell'abituato allo studio delle discipline universitarie anche in materia di elettrotecnica.

■ INDIRIZZI

Il corso di laurea in *Ingegneria elettrica* si articola in due Indirizzi, a scelta dello studente: l'indirizzo *Automazione industriale* e l'indirizzo *Energia*.

L'indirizzo *Automazione industriale* presenta i corsi di:

- *Elettronica industriale di potenza*, che fornisce le basi di progetto dei circuiti elettronici per il comando in potenza di apparecchiature elettromeccaniche.
- *Azionamenti elettrici per l'automazione*, che tratta gli azionamenti impiegato nel campo delle macchine utensili a controllo numerico e della robotica industriale. Vengono esaminati gli aspetti elettromeccanici, elettronici e controllistici, con particolare riferimento alle moderne soluzioni in corrente alternata.
- *Modellistica di sistemi elettromeccanici*, che fornisce le conoscenze teoriche per il funzionamento delle macchine elettriche in transitorio o in regimi di alimentazione non convenzionale.

L'indirizzo *Energia* presenta i corsi di:

- *Elettronica industriale di potenza*, che fornisce le basi di progetto dei circuiti elettronici per il comando in potenza di apparecchiature elettromeccaniche.
- *Impianti elettrici 2*, che tratta i concetti fondamentali per l'analisi e la gestione dei sistemi elettrici di produzione, di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica, con particolare riferimento alle problematiche statiche e progettuali.
- *Sistemi elettrici per l'energia*, in prosecuzione del corso di *Impianti elettrici 2*, che tratta il funzionamento transitorio e dinamico dei sistemi elettrici per l'energia.

■ INDIRIZZO AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

Primo anno (non attivato)

P. D.		Titolo
1	H0231	Analisi matematica I
1	H0620	Chimica
2	H2300	Geometria
2	H1901	Fisica generale I
2	H2170	Fondamenti di informatica

Secondo anno

P. D.		Titolo
1	01CGI	Serie di funzioni (r) *
1	01AGH	Calcolo in più variabili (r) *
1	01ATC	Elettromagnetismo (r) *
1	01AWM	Fenomeni ondulatori (r) *
1	H1530	Economia ed organizzazione aziendale
2	H0234	Analisi matematica III (r)
2	H3204	Meccanica analitica (r)
2	H0510	Calcolo numerico
2	H1791	Elettrotecnica I

Terzo anno

P. D.		Titolo
1	H2060	Fisica tecnica
1	H4600	Scienza delle costruzioni
1	H4660	Scienza e tecnologia dei materiali elettrici
2	H3210	Meccanica applicata alle macchine
2	HA410	Elettronica
2	H1792	Elettrotecnica II

Quarto anno

P. D.		Titolo
1	H3130	Macchine elettriche
1	H3660	Misure elettriche
1	01ABY	Analisi di sistemi per il controllo (r) *
1	01CAP	Progetto di sistemi di controllo (inf) (r) *
2	H2701	Impianti elettrici I
2	H0890	Conversione statica dell'energia elettrica
2	H1435	Disegno tecnico industriale/Costruzione di macchine (i)

Quinto anno

P. D.		Titolo
1	H1770	Elettronica industriale di potenza
1	H3780	Modellistica dei sistemi elettromeccanici
1	X	
1	01ALA	Controllo degli azionamenti. Azion. in corrente continua (r) *
1	01AFH	Azionamenti ad alte prestazioni in corrente alternata (r) *
2	Y	
2	Z	

(i) Corso integrato. (r) Corso ridotto. - X, Y, Z corsi di orientamento. - in corsivo i corsi caratterizzanti l'indirizzo

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

■ ORIENTAMENTI INDIRIZZO AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

Sono previsti tre orientamenti (Automazione industriale, Tecnologico, Trasporti), ciascuno caratterizzato dalle tre annualità X, Y, Z. Per ogni orientamento sono indicate le collocazioni negli anni e nei periodi didattici dei singoli insegnamenti e quali di essi siano obbligatori.

Orientamento Automazione industriale

Insegnamento obbligatorio

P. D.	Titolo
2	H0290 Applicazioni industriali elettriche

Una annualità a scelta dalla seguente tabella A1.A:

P. D.	Titolo
1	01AEY Aspetti applicativi e sviluppo di casi (r) *
1	01CUD Teoria dell'automazione industriale (r) *
1	H1060 Costruzioni elettromeccaniche
1	01AAZ Alimentatori a commutazione (r) *
1	01BIZ Interruttori e amplificatori (r) *
1	HA180 Propulsione elettrica
1	01CJF Sistemi per l'acquisizione dei dati (r) *
1	01CNT Strumentazione programmabile (r) *
1	01ALB Controllo dei manipolatori industriali (r) *
1	01BTT Modellistica dei manipolatori industriali (r) *
2	01AZA Fondamenti di controllo digitale (r) *
2	01AJF Complementi di controllo digitale (r) *

Una annualità a scelta dalla seguente tabella A1.B:

P. D.	Titolo
1	H2702 Impianti elettrici II
1	H3280 Meccanica dei robot
1	P4090 Produzione assistita da calcolatore
1	H5450 Tecnica della sicurezza elettrica
1	01BRR Metodologie e progetto del controllo dei processi (r) *
1	01CAH Progetto del controllo di processo (r) *
1	H0350 Automazione a fluido
2	HA170 Distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica
2	H3850 Oleodinamica e pneumatica
2	01ASR Elementi di intelligenza artificiale (r) *
2	01CET Riconoscimento di immagini (r) *
2	H3110 Macchine

Orientamento Tecnologico

Insegnamento obbligatorio

P. D.	Titolo
1	H1060 Costruzioni elettromeccaniche

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

Una annualità a scelta dalla seguente tabella A2.A:

P. D.	TITOLO	
1	P4090	Automazione industriale
1	01CGG	Sensori ottici (r) *
1	01CGH	Sensoristica classica (r) *
1	HA180	Propulsione elettrica
2	H0290	Applicazioni industriali elettriche
2	H5640	Tecnologia meccanica
2	E3950	Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica

Una annualità a scelta dalla seguente tabella A2.B:

P. D.	TITOLO	
1	H2702	Impianti elettrici II
1	E4630	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
1	H5450	Tecnica della sicurezza elettrica
2	HA170	Distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica
2	E4640	Scienza e tecnologia dei materiali compositi
2	P5575	Tecnologia dei materiali e chimica applicata/ Tecnologia dei materiali metallici (i)
2	E4681	Scienza e tecnologia dei materiali polimerici I
2	P5720	Tecnologie speciali
2	H3850	Oleodinamica e pneumatica
2	H3110	Macchine

Orientamento Trasporti

Insegnamento obbligatorio

P. D.	TITOLO	
1	HA180	Propulsione elettrica

Una annualità a scelta dalla seguente tabella A3.A:

P. D.	TITOLO	
1	H1060	Costruzioni elettromeccaniche
1	01AYN	Flusso su reti e elementi di programmazione intera (r) *
1	01CBU	Programmazione lineare e allocazione di risorse (r) *
2	H0290	Applicazioni industriali elettriche
2	H3110	Macchine

Una annualità a scelta dalla seguente tabella A3.B:

P. D.	TITOLO	
1	H2702	Impianti elettrici II
1	P5490	Tecnica ed economia dei trasporti
1	PA650	Gestione ed esercizio dei sistemi di trasporto
1	H5450	Tecnica della sicurezza elettrica
1	H1360	Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche
2	HA170	Distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica
2	P3910	Pianificazione dei trasporti
2	MA390	Economia ed organizzazione dei servizi
2	D5880	Teoria e tecnica della circolazione

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

■ INDIRIZZO ENERGIA

Primo anno (non attivato)

P. D.		Titolo
1	H0231	Analisi matematica I
1	H0620	Chimica
2	H2300	Geometria
2	H1901	Fisica generale I
2	H2170	Fondamenti di informatica

Secondo anno

P. D.		Titolo
1	01CGI	Serie di funzioni (r) *
1	01AGH	Calcolo in più variabili (r) *
1	01ATC	Elettromagnetismo (r) *
1	01AWM	Fenomeni ondulatori (r) *
1	H1530	Economia ed organizzazione aziendale
2	H0234	Analisi matematica III (r)
2	H3204	Meccanica analitica (r)
2	H0510	Calcolo numerico
2	H1791	Elettrotecnica I

Terzo anno

P. D.		Titolo
1	H2060	Fisica tecnica
1	H4600	Scienza delle costruzioni
1	H4660	Scienza e tecnologia dei materiali elettrici
2	H3210	Meccanica applicata alle macchine
2	HA410	Elettronica
2	H1792	Elettrotecnica II

Quarto anno

P. D.		Titolo
1	H3130	Macchine elettriche
1	H3660	Misure elettriche
1	01ABY	Analisi di sistemi per il controllo (r) *
1	01CAP	Progetto di sistemi di controllo (inf) (r) *
2	H2701	Impianti elettrici I
2	H3110	Macchine
2	X	X

Quinto anno

P. D.		Titolo
1	H1770	Elettronica industriale di potenza
1	H2702	Impianti elettrici II
1	H5450	Tecnica della sicurezza elettrica
2	H4980	Sistemi elettrici per l'energia
2	Y	Y
2	Z	Z

(i) Corso integrato. (r) Corso ridotto. - X, Y, Z corsi di orientamento. - in corsivo i corsi caratterizzanti l'indirizzo

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

■ ORIENTAMENTI INDIRIZZO ENERGIA

Sono previsti tre orientamenti (Impiantistico professionale, Impiantistico industriale, Impiantistico energetico), ciascuno caratterizzato dalle tre annualità X, Y, Z. Per ogni orientamento sono indicate le collocazioni negli anni e nei periodi didattici dei singoli insegnamenti e quali di essi siano obbligatori.

Orientamento Impiantistico professionale

Insegnamento obbligatorio

P. D.	Titolo
2	H2706 Impianti elettrici (Progettazione)

Una annualità a scelta dalla seguente tabella E1.A:

P. D.	Titolo
2	H1435 Disegno tecnico industriale/Costruzione di macchine (i)
2	H2560 Illuminotecnica
2	H2720 Impianti industriali
2	H2800 Impianti speciali idraulici
2	H2820 Impianti termotecnici
2	H3500 Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici

Una annualità a scelta dalla seguente tabella E1.B:

P. D.	Titolo
1	H1360 Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche
1	H2780 Impianti per la cogenerazione e il risparmio energetico
1	HA180 Propulsione elettrica
2	M2380 Gestione dei servizi energetici
2	HA170 Distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica

Orientamento Impiantistico industriale

Insegnamento obbligatorio

P. D.	Titolo
2	HA170 Distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica

Una annualità a scelta dalla seguente tabella E2.A:

P. D.	Titolo
2	H0890 Conversione statica dell'energia elettrica
2	H1435 Disegno tecnico industriale/Costruzione di macchine (i)
2	H2370 Gestione dei progetti di impianto
2	H2720 Impianti industriali
2	H2800 Impianti speciali idraulici
2	H4880 Sistemi di elaborazione

Una annualità a scelta dalla seguente tabella E2.B:

P. D.	Titolo
1	01AEY Aspetti applicativi e sviluppo di casi (r) *
1	01CUD Teoria dell'automazione industriale (r) *
1	H1060 Costruzioni elettromeccaniche
1	H2780 Impianti per la cogenerazione e il risparmio energetico

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

2	H0290	Applicazioni industriali elettriche
2	01ALA	Controllo degli azionamenti. Azionamenti in corrente continua (r) *
2	01AFH	Azionamenti ad alte prestazioni in corrente alternata (r) *
2	H2706	Impianti elettrici (Progettazione)
2	H5640	Tecnologia meccanica

Orientamento Impiandistico energetico

Insegnamento obbligatorio

P. D.	Titolo	
2	H2800	Impianti speciali idraulici

Una annualità a scelta dalla seguente tabella E3.A:

P. D.	Titolo	
2	H1435	Disegno tecnico industriale/Costruzione di macchine (i)
2	HA170	Distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica
2	H1830	Energetica e sistemi nucleari
2	H2820	Impianti termotecnici
2	Q4740	Sicurezza ed analisi di rischio
2	H6000	Termotecnica
2	H2706	Impianti elettrici (Progettazione)
2	H1810	Energetica
2	M2380	Gestione dei servizi energetici

Una annualità a scelta dalla seguente tabella E3.B:

P. D.	Titolo	
1	H1060	Costruzioni elettromeccaniche
1	H2780	Impianti per la cogenerazione e il risparmio energetico
1	H3090	Localizzazione dei sistemi energetici

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

Oltre ai piani congruenti con i piani consigliati precedentemente esposti saranno automaticamente approvati i piani di studio che, in aggiunta alle ventuno annualità di base ed ai corsi obbligatori d'indirizzo, contengano tre annualità di orientamento X, Y, Z selezionate come nel seguito indicato:

per l'indirizzo **Automazione industriale**:

- a1) una annualità obbligatoria di orientamento;
- a2) una annualità scelta da una qualunque delle tabelle Ax.A, Ax.B, relative all'indirizzo Automazione industriale;
- a3) una annualità scelta da una qualunque delle tabelle Ax.A, Ax.B, Ex.A, Ex.B relative ai due indirizzi Automazione Industriale ed Energia o dalle annualità caratterizzanti l'indirizzo Energia.

per l'indirizzo **Energia**:

- e1) almeno una delle seguenti annualità: **HA170** Distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica, **H2800** Impianti speciali idraulici, **H2706** Impianti elettrici (Progettazione);
- e2) un'altra annualità scelta tra quelle obbligatorie di orientamento e da una qualunque delle tabelle Ex.A, Ex.B relative all'indirizzo Energia;

e3) un'altra annualità scelta da una qualunque delle tabelle Ax.A, Ax.B, Ex.A, Ex.B relative ai due indirizzi Automazione Industriale ed Energia o dalle annualità caratterizzanti l'indirizzo Automazione Industriale.

I piani ad approvazione automatica possono contenere le seguenti sostituzioni di annualità di base valide per **ambidue gli indirizzi**:

R1460 Economia applicata

in sostituzione di

H1530 Economia ed all'ingegneria organizzazione aziendale

H4880 Sistemi di elaborazione o **H3500** Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici

in sostituzione di

H0510 Calcolo numerico

Nella scelta e nella collocazione delle annualità, devono essere rispettate le indicazioni relative agli anni di studio ed ai periodi didattici compatibili (riportate nelle tabelle) ed alle precedenti raccomandate (riportate nella guida dei programmi).

Note per i piani di studio ad approvazione non automatica

Il Consiglio di Corso di Laurea si è impegnato ad approvare piani di studio individuali:

che contengano, in sostituzione delle annualità di cui ai punti a3) ed e3), una qualunque annualità scelta fra l'elenco dei corsi tenuti dagli Atenei di Torino, purché tale annualità sia didatticamente autonoma e differenziata rispetto agli altri corsi del piano di studio.

in cui l'annualità **H0510** Calcolo numerico sia sostituita da una delle annualità obbligatorie degli indirizzi oppure da una delle annualità obbligatorie degli orientamenti dell'indirizzo Automazione industriale oppure da una delle tre annualità dell'indirizzo Energia di cui al punto e1).

SEDE DI MONDOVÌ

Primo anno (non attivato)

P. D.		Titolo
1-2	H2170	Fondamenti di informatica (annuale)
1	H0231	Analisi matematica I
1	H0620	Chimica
2	H2300	Geometria
2	H1901	Fisica generale I

Secondo anno

P. D.		Titolo
1	H0232	Analisi matematica II
1	H1902	Fisica generale II
1	H1791	Elettrotecnica I *
2	P3370	Meccanica razionale
2	H0510	Calcolo numerico
2	H0234	Analisi matematica III (r)
2	02AGG	Calcolo delle probabilità (r)

* Mutuato da 02BJD Introduzione all'elettrotecnica + 02AZH Fondamenti di elettrotecnica

■ TESI DI LAUREA

La tesi di laurea consiste nello svolgimento, sotto guida di un professore ufficiale, di un progetto o di uno studio di carattere tecnico o scientifico.

Gli allievi che hanno deciso di optare per tale tesi devono farne domanda alla segreteria del Consiglio di corso di laurea con modulo giallo da consegnare alla medesima segreteria almeno due mesi prima per tesi bimestrali e sei mesi prima per tesi semestrali.

Le scadenze precise saranno indicate nella bacheca del Consiglio di Corso di Laurea.

■ DOPPIA LAUREA

Nell'ambito del programma Socrates è possibile ottenere il doppio titolo di studio - per esempio, la laurea in ingegneria del Politecnico di Torino ed il titolo equivalente di una Università estera dell'Unione Europea - attraverso un curriculum di studio concordato fra le due Università, che si svolge parte nell'una e parte nell'altra.

Per gli studenti di Ingegneria Elettrica sono stati stipulati accordi di doppia laurea con l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingenieurs Electriciens de Grenoble (ENSIEG), appartenente all'Institut Nationale Polytechnique de Grenoble (INPG, Francia) e con la Technische Universität Darmstadt (Germania).

Gli studenti che si recano all'estero per il conseguimento della doppia laurea possono beneficiare di una borsa Socrates/Erasmus per un periodo massimo di 12 mesi per ulteriori informazioni vedi capitolo "Mobilità degli studenti" pubblicato nella Guida dello Studente).

PROGRAMMI

Anno: 2	Periodo: 1
Indirizzo (ove velt):	lezioni: 4 esercitazioni: 4
Docente:	Andrea SACCIOTTI, Paolo BOIERI, Maria Teresa GALIZIA (Dipartimento di Matematica; ricevimento (o concordato) presso il Dipartimento ovi sono esposti i numeri telefonici)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di completare la formazione matematica di base riguardo al calcolo differenziale e integrale e dei sistemi differenziali, e al modo di

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

REQUISITI

Analisi Matematica I, Geometria.

PROGRAMMA

I Modulo

- 1) Serie numeriche, convergenza assoluta (durata: 4 ore di lezione, 3 di esercitazione).
- 2) Topologia dello spazio euclideo n -dimensionale; successioni; spazi vettoriali normati e successioni di funzioni convergenza uniforme (durata: 8 ore di lezione, 2 di esercitazione).
- 3) Serie di Taylor e serie di potenze (durata: 5 ore di lezione, 3 di esercitazione).
- 4) Serie di Fourier, convergenza quadratica, puntuale e uniforme (durata: 6 ore di lezione, 4 di esercitazione).
- 5) Sistemi differenziali; sistemi di equazioni differenziali e problemi di Cauchy (durata: 4 ore di lezione); equazioni a coefficienti costanti (durata: 4 ore di lezione, 4 di esercitazione).

II Modulo

- 6) Funzioni di più variabili; continuità, calcolo differenziale, formula di Taylor, massimi e minimi liberi (durata: 10 ore di lezione, 6 di esercitazione).
- 7) Calcolo differenziale su curve e superfici, funzioni implicite, massimi e minimi vincolati (durata: 8 ore di lezione, 6 di esercitazione).
- 8) Calcolo integrale in più variabili; misura degli insiemi, integrali multipli (durata: 8 ore di lezione, 4 di esercitazione).
- 9) Integrali su curve e superfici, integrali di linea e di flusso, campi vettoriali, Teoremi di Green, Gauss, Stokes (durata: 8 ore di lezione, 4 di esercitazione).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni seguono gli argomenti delle lezioni e saranno di due tipi: o svolte alle lezioni dal personale docente, o svolte in ripetuti livelli dagli allievi.

BIBLIOGRAFIA

Titolo di riferimento:

- A. Sacchiotti, P. Ricci, *Lezioni di Analisi Matematica 2*, Le Valli & Bella, (Torino 1991).
Testi analoghi:
 P. Marcolini, C. Sbordone, *Esercitazioni di Matematica*, volume secondo, (parte prima a cura del Gruppo) 1993.
 S. Salsa, A. Squellari, *Esercizi di Analisi Matematica 2*, (parte prima, seconda e terza) Masson 1983.

H0232 ANALISI MATEMATICA II

Anno: 2	Periodo: 1
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6 esercitazioni: 4
Docente:	Andrea BACCIOTTI, Paolo BOIERI, Maria Teresa GALIZIA (Dipartimento di Matematica; ricevimento da concordarsi presso il Dipartimento ove sono esposti i numeri telefonici)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di completare la formazione matematica di base dello studente, con particolare riguardo al calcolo differenziale e integrale in più variabili, alla risoluzione delle equazioni e dei sistemi differenziali, e ai metodi di sviluppo in serie.

REQUISITI

Analisi Matematica I, Geometria.

PROGRAMMA

I MODULO 1

- 1) Serie numeriche, convergenza assoluta (durata: 6 ore di lezione, 3 di esercitazione).
- 2) Topologia dello spazio euclideo n -dimensionale, successioni; spazi vettoriali normati e successioni di funzioni; convergenza uniforme (durata: 8 ore di lezione, 2 di esercitazione).
- 3) Serie di Taylor e serie di potenze (durata: 8 ore di lezione, 6 di esercitazione).
- 4) Serie di Fourier: convergenza quadratica, puntuale e uniforme (durata: 6 ore di lezione, 4 di esercitazione).
- 5) Sistemi differenziali: sistemi di equazioni differenziali e problemi di Cauchy (durata: 4 ore di lezione); equazioni e sistemi lineari a coefficienti costanti (durata: 8 ore di lezione, 4 di esercitazione).

II MODULO

- 6) Funzioni di più variabili: continuità, calcolo differenziale, formula di Taylor, massimi e minimi liberi (durata: 16 ore di lezione, 6 di esercitazione).
- 7) Calcolo differenziale su curve e superfici, funzioni implicite, massimi e minimi vincolati (durata: 8 ore di lezione, 6 di esercitazione).
- 8) Calcolo integrale in più variabili: misura degli insiemi, integrali multipli (durata: 8 ore di lezione, 4 di esercitazione)
- 9) Integrali su curve e superfici, integrali di linea e di flusso, campi vettoriali, Teoremi di Green, Gauss, Stokes (durata: 8 ore di lezione, 4 di esercitazione).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni seguiranno gli argomenti delle lezioni e saranno di due tipi: o svolte alla lavagna dal personale docente, o svolte ai rispettivi tavoli dagli allievi.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento

A. Bacciotti, F. Ricci, *Lezioni di Analisi Matematica 2*, Levrotto&Bella, Torino 1991.

Testi ausiliari

P. Marcellini, C. Sbordone, *Esercitazioni di Matematica*, volume secondo, (parte prima e seconda), Liguori 1991.

S. Salsa, A. Squellati, *Esercizi di Analisi Matematica 2*, (parte prima, seconda e terza) Masson 1993.

M. Mascarello, L. Mazzi, Temi d'esame di Analisi Matematica II del Politecnico di Torino, Progetto Leonardo, 1996.

M. Spiegel, Manuale di Matematica, Collana SCHAUM, Edizione italiana ETAS, 1974.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale. Il superamento della prova scritta è condizione necessaria per accedere alla prova orale.

Al termine del primo modulo è prevista una prova di accertamento il cui superamento esonera, limitatamente agli appelli della sessione invernale, dallo svolgimento degli esercizi contenuti nella prova scritta relativi alla parte del programma trattata nel primo modulo. Maggiori dettagli sulle modalità di svolgimento delle prove saranno forniti all'inizio del corso.

H0234 ANALISI MATEMATICA III (r)

Anno: 2 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 50 esercitazioni: 12
Docente: **Giancarlo TEPPATI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Introduzione e sviluppo delle tecniche matematiche avanzate di uso più frequente nell'ingegneria: in particolare, studio di funzioni complesse di variabile complessa e delle trasformate di Fourier e di Laplace. Saranno studiate in modo esteso le funzioni analitiche e verranno anche introdotti argomenti di analisi funzionale classica, come la teoria delle distribuzioni e il prodotto di convoluzione, in modo da poter trattare correttamente, dal punto di vista matematico, le trasformate integrali.

REQUISITI

Analisi I e II.

PROGRAMMA

- Funzioni complesse di variabile complessa, esempi di funzioni complesse, limiti, continuità, derivabilità, funzioni analitiche, condizioni di Cauchy–Riemann sotto forma cartesiana e polare, funzioni armoniche, coniugate armoniche.
- Integrazione in campo complesso, teorema fondamentale di Cauchy sull'integrazione, poli e residui, teorema dei residui, formula integrale di Cauchy, formula integrale per le derivate, teorema di Liouville, calcolo di integrali e lemmi relativi.
- Sviluppi di Taylor e di Laurent. Teoremi vari sulle serie. Convergenza ed unicità e esistenza di sviluppi di Taylor e di Laurent, residuo all'infinito, principi di identità.
- Studio locale di funzioni analitiche, classificazione delle funzioni analitiche.
- Introduzione alla teoria delle distribuzioni, successioni e limiti di successioni di funzioni e funzionali, distribuzioni come funzionali lineari e continui, operazioni sulle distribuzioni, δ e p.f. $1/t$, prodotto di convoluzione di funzioni e distribuzioni.
- Introduzione alle trasformate di Fourier e di Laplace di funzioni, proprietà della trasformata di Fourier di funzioni, distribuzioni a crescita lenta, trasformata di Fourier di distribuzioni a crescita lenta.
- Calcolo di trasformate di Fourier di distribuzioni notevoli, distribuzioni periodiche e trasformate, treno di impulsi e trasformate, teorema del campionamento, trasformata di Laplace, dominio e teorema sulla analiticità di una trasformata di Laplace.
- Formula di antitrasformazione della trasformata di Laplace, trasformata unilatera di Laplace e sue proprietà.

BIBLIOGRAFIA

G. Teppati, *Lezioni di Analisi matematica III*, Levrotto & Bella.
G. Teppati, *Esercizi svolti di Analisi matematica III*.

ESAME

L'esame consiste di una prova scritta e di una prova orale.

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 78 esercitazioni: 16 laboratori: 10
Docente: **Marialuisa TOSONI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di studiare le problematiche relative di progetto di circuiti logici per il comando ed il controllo di sistemi elettromeccanici. Vengono richiamati gli elementi di calcolo binario e di algebra booleana necessari alla trattazione sia dei sistemi logici non programmabili sia dei sistemi logici basati su microprocessori microcontrollori e DSP.

REQUISITI

Fondamenti di informatica, Calcolo numerico, Elettronica applicata.

PROGRAMMA

La prima parte del corso comprende i richiami delle nozioni fondamentali necessari alla progettazione di sistemi logici i sistemi di numerazione, come i sistemi di numerazione, l'algebra di Boole e i metodi di minimizzazione delle funzioni logiche: *sistemi di numerazione, codici numerici, algebra di Boole, metodi di minimizzazione.*

La seconda parte del corso tratta dell'analisi e della progettazione di sistemi logici non programmabili, nati cioè per risolvere un ben definito problema. I temi trattati possono essere suddivisi in tre capitoli: reti combinatorie, reti sequenziali, *flip-flop*.

Reti combinatorie ossia reti che implementano funzioni dipendenti solo dalla stato attuale degli ingressi e ne presenta le tecniche di base. Un'estesa trattazione delle porte AND e OR consente l'analisi e la sintesi delle equazioni logiche booleane. Seguono le tecniche di implementazione di circuiti logici con porte NAND e NOR.

Analisi di reti logiche combinatorie. Sintesi di reti logiche.

Reti sequenziali ossia reti che implementano funzioni dipendenti non solo dallo stato attuale degli ingressi, ma anche dalle sequenze degli eventi precedenti.

Analisi di reti sequenziali. Sintesi di reti sequenziali. Reti sequenziali ad impulsi.

Flip-flop. I *flip-flop* possono essere considerati i primi elementi di memoria il cui uso rende molto più affidabili i circuiti sequenziali sincroni. Dopo la descrizione di vari tipi di *flip-flop*, vengono presentate alcune applicazioni di interesse generale.

Flip-flop D, T, S-R, J-K. Programmazione di flip-flop. Contatori a flip-flop. Registri di scorrimento. La successiva parte del corso è finalizzata al progetto formale di sistemi di controllo digitale programmabili. Dopo una descrizione generale dei concetti basilari, si passa alla descrizione dell'architettura di diversi dispositivi atti all'implementazione di controlli multiuso per sistemi elettromeccanici ed in particolare: PLA (programmable logic array), microprocessore a 8 bit, DSP a 16 bit a virgola fissa, microcontrollore a 32 bit. Il contenuto di quest'ultima parte del corso può cambiare da un anno all'altro per mantenersi aggiornato con la continua evoluzione tecnologica del settore.

Organizzazione di un generico sistema

Microprocessori orientati alla memoria. Microprocessori orientati ai registri. Registri interni. Unità operativa. Unità di controllo. Unità periferiche. Memorie di programma e di lavoro. Architettura di Von Neumann. Architettura Harvard. Generalità sul linguaggio Assembly.

PLA. Uso e descrizione dei dispositivi EPXX Altera. Programmi di sviluppo *software*.

CPU Z80. Architettura. Modalità di funzionamento. Temporalizzazione dell'esecuzione delle istruzioni. *Set* di istruzioni. Gestione delle interruzioni.

Periferiche della famiglia Z80. PIO, parallel input-output. DMA, direct access memory. DSP. Architettura. Modalità di funzionamento. Temporizzazione dell'esecuzione delle istruzioni. Set di istruzioni. Gestione delle interruzioni. Microcontroller MC68332. Architettura. Modalità di funzionamento. Temporizzazione dell'esecuzione delle istruzioni. Set di istruzioni. Gestione delle interruzioni.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni relative alla logica programmata sono costituite da esercizi svolti dagli allievi. Le esercitazioni relative alla logica programmabile sono costituite dalla progettazione di semplici sistemi di controllo, basati sui dispositivi presi in esame a lezione, con i relativi organi di input-output.

Le esercitazioni di laboratorio comprendono l'eventuale realizzazione dei sistemi progettati durante le esercitazioni in aula. Le esercitazioni al computer comprendono l'uso di pacchetti software atti a sviluppare, debuggare e simulare i programmi di controllo. Infine, mediante l'uso di sistemi di sviluppo o di evaluation board si arriva al test sia del software che dello hardware realizzati.

BIBLIOGRAFIA

W. Wickes, *Logic design with integrated circuits*, Wiley, New York.

Rubino, Zaccaria, *Il nuovo manuale Z80*, Il Rostro.

Altro materiale verrà fornito agli allievi dal docente.

ESAME

L'esame è costituito da un colloquio sugli argomenti svolti a lezione, integrato da svolgimento di esercizi analoghi a quelli delle esercitazioni ed un eventuale esame e discussione dei sistemi realizzati.

H0350 AUTOMAZIONE A FLUIDO

Anno: 5	Periodo: 1
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4 esercitazioni: 4
Docente:	Guido BELFORTE

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso ha lo scopo di far conoscere i diversi sistemi di automazione a fluido attualmente utilizzati e di fornire le nozioni di base indispensabili per una corretta progettazione e per un uso razionale degli impianti a fluido. Vengono quindi analizzati componenti ed elementi di vari tipi di sistemi pneumatici, micropneumatici e fluidici, digitali e proporzionali. Vengono inoltre fornite nozioni di analisi dei sistemi, di tecniche di automazione digitale e di modellazione dei sistemi pneumatici.

REQUISITI

Nozioni acquisite con le frequenze del corso di *Meccanica applicata alle macchine*.

PROGRAMMA

Struttura dei sistemi automatici. Proprietà dei sistemi pneumatici, micropneumatici, fluidici, oleodinamici. Cilindri a semplice e doppio effetto. Valvole a due, tre, quattro vie; comandi, funzionamento e simbologia delle valvole. Valvole ausiliarie dei circuiti pneumatici (OR, AND, sequenza, di non ritorno, temporizzazione, regolatori di flusso, scarico rapido, economizzatrice, ecc). Proprietà delle valvole pneumatiche. [8 ore]

Principi di algebra logica. Funzioni combinatorie e sequenziali. Operatori logici e relativa simbologia ISO-IEC. Tipi di memorie. Elementi pneumologici. [4 ore]

Elementi micropneumatici Samsomatic, Dreloba, Selp. Getti e principi di fluidica. Elementi fluidici digitali e proporzionali: funzionamento e caratteristiche operative. [8 ore]

Sistemi a tempo e ad eventi. Diagrammi funzionali: movimenti – fasi, Grafcet, Gemma. Tecniche di controllo digitali a logica cablata e programmabili. Elementi con memorie pneumatiche, con memorie ausiliarie, contatori binari, programmatori a fase, moduli sequenziatori. Comandi con relè: funzioni logiche combinatorie e sequenziali; tecnica del Grafcet contratto. Controllori logici programmabili (PLC): proprietà generali e linguaggi di programmazioni (lista di istruzioni, sequenziale, ladder). Criteri di scelta tra sistemi con sequenziatori, relè, PLC. [14 ore]

Elementi di interfaccia, elettrovalvole e sistemi elettropneumatici digitali e proporzionali. Sensori ed elementi di fine corsa, elementi periferici. [6 ore]

Cilindri specializzati e applicazioni dei sistemi pneumatici. [4 ore]

Modellazione e comportamento dinamico dei sistemi pneumatici: resistenze, capacità, induttanze. Sistemi a parametri concentrati e distribuiti, propagazione dei segnali pneumatici. Esempi di modellazione di circuiti pneumatici. [6 ore]

Struttura degli impianti pneumatici, alimentazione degli impianti. trattamento dell'aria, affidabilità, aspetti energetici, ecologici e di sicurezza. [6 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Viene svolto un ciclo di 12 esercitazioni di laboratorio della durata ognuno di 4 ore.

Durante ogni esercitazione vengono sviluppate una o più gruppi di prove.

Le esercitazioni devono essere svolte da singole squadre di studenti che seguono ciascuna un proprio percorso con assistenza in laboratorio.

Il programma dettagliato delle esercitazioni sarà distribuito ad ogni singola squadra.

La presenza alle esercitazioni è obbligatoria e condiziona la firma di frequenza.

Di tutte le esercitazioni deve essere preparata una relazione che viene presentata quando si effettua l'esame.

La relazione comprende un testo che descrive gli scopi, le attrezzature usate, le modalità di prova, ecc. e contiene tutti i dati sperimentali misurati ed elaborati, e una serie di tavole.

Il testo può essere preparato singolarmente, da ogni studente, o dall'intera squadra, per cui può essere disponibile un unico testo per ogni singola squadra.

Le tavole illustranti gli schemi delle prove e i diagrammi riassuntivi devono essere singoli per ogni studente. Dette tavole possono essere preparate:

- a) completando le tavole allegatale al testo di esercitazioni;
- b) preparando interamente dette tavole su carta millimetrata (non sono ammesse fotocopie di tavole del testo).

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

G. Belforte, N. D'Alfio, *Applicazioni e prove dell'automazione a fluido*, Giorgio, Torino, 2. ed., 1992.

G. Belforte, *Pneumatica*, Tecniche Nuove, Milano, 1987.

Testo ausiliario:

D. Bouteille, G. Belforte, *Automazione flessibile elettropneumatica e pneumatica*, Tecniche Nuove, Milano, 1987.

ESAME

L'esame si svolge in forma orale sull'intero programma del corso (lezione ed esercitazione), con discussione, in particolare, di quanto svolto in laboratorio.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

BIBLIOGRAFIA

ESAME

L'esame consiste in una prova orale, che verrà svolta congiuntamente a quella relativa al modulo, per coloro che seguono entrambi i moduli.

H0390 AZIONAMENTI ELETTRICI PER L'AUTOMAZIONE

Anno: 5

Periodo: 2

Docente:

Alfredo VAGATI (collab.: **Michele PASTORELLI**)

I MODULO : CONTROLLO DEGLI AZIONAMENTI. AZIONAMENTI IN CORRENTE CONTINUA

Impegno (ore sett.) lezione:8

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il modulo ha lo scopo di introdurre al mondo degli azionamenti controllati, in particolare a quelli ad alte prestazioni (macchine utensili, robotica, ecc.): Si fa riferimento ai soli azionamenti in corrente continua in quanto quelli, più moderni, in corrente alternata vengono trattati nel secondo modulo.

REQUISITI

Controlli Automatici.

PROGRAMMA

- Elementi caratteristici di un azionamento.
- Tipologie applicative varie.
- Azionamenti ad alte prestazioni: "assi" e "mandrini"
- Controllo di macchina e Controllo di azionamento.
- Equazioni del motore a corrente continua. Approccio induttivo alla struttura di controllo in cascata.
- Limitazioni fisiche, compensazione PI ed effetto coda, fenomeno del wind-up.
- Effetto dinamico degli accoppiamenti elastici, lato tachimetro e lato carico.
- Effetto dell'ondulazione tachimetrica sulle prestazioni del controllo di velocità.
- Possibile impiego e limiti delle tecniche di osservazione del carico.
- Moderni materiali magnetici permanenti e loro impiego motoristico.
- Servomotori a corrente continua: descrizione, specificità e modello termico.
- Amplificatori switching (chopper) per il controllo dei servomotori in corrente continua. Quadranti di funzionamento, tecniche di comando e di modulazione.
- Perdite dovute alla modulazione e dimensionamento energetico in frenatura.
- Cenni sui componenti elettronici di potenza (Mosfet, IGBT). Commutazione non assistita (monoquadrante). Commutazione assistita al turn-on e al turn-off.
- Cenni sulla struttura a bus risonante. Cenni sui circuiti di pilotaggio, ausiliari e di protezione.
- Riepilogo sul controllo di macchina del servomotore a corrente continua. Estensione al caso di un azionamento per mandrino (deflussaggio, stima del flusso).
- Limitazioni degli azionamenti in corrente continua e motivazioni fisico-pratiche verso l'impiego dei motori in corrente alternata.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Non sono previste esercitazioni di laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

- Raccolta slides di presentazione

ESAME

L'esame consiste in una prova orale, che verrà svolta congiuntamente a quella relativa al II modulo, per coloro che seguono entrambi i moduli.

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il modulo prosegue il viaggio nel mondo degli azionamenti ad alte prestazioni, descrivendo le moderne tipologie di controllo di macchina, facenti uso di motori in corrente alternata.

REQUISITI

I Modulo, Macchine Elettriche (I Modulo).

PROGRAMMA

- Servoazionamenti Brushless: generalità. Schemi di principio trapezio e sinusoidale.
- Motore Brushless e relativa modellistica: flusso concatenato prodotto dai magneti permanenti. Progettazione di tipo trapezia. Progettazione di tipo sinusoidale.
- Auto e mutue induttanze. Relazione tensione-corrente e modello magnetico. Bilancio energetico ed equazioni di coppia.
- Controllo di coppia di tipo trapezio (scalare): corrente equivalente.
- Analisi della commutazione del Brushless trapezio: caso six-step, caso con controllo del bus in continua.
- Controllo PWM del servomotore trapezio: tecniche di comando bipolare e unipolare.
- Tachimetro brushless: descrizione e particolarità di impiego.
- Controllo di coppia di tipo sinusoidale (vettoriale). Trasformazioni di assi. Equazioni di macchina in assi rotorici.
- Controllo vettoriale di corrente. Diverse tecniche di realizzazione e loro specificità.
- Tecniche di modulazione e loro limiti. Comportamento in saturazione di tensione.
- Misura della posizione angolare (resolver, encoder).
- Brushless anisotropo e sue problematiche di impiego.
- Azionamento di motori a induzione a controllo vettoriale: modello dinamico della macchina e principio generale di controllo.
- Individuazione del riferimento. Stimatori V , I e I , w . Osservatore di flusso di ordine ridotto. Osservatore di ordine pieno.
- Schemi vari di controllo (diretto, indiretto, ecc.).
- Prestazioni dell'azionamento a induzione nel campo a potenza costante.
- Azionamenti con motori sincroni a riluttanza: generalità e tecniche costruttive di macchina.
- Moderni motori ad alta anisotropia a laminazione trasversale.
- Prerogative di controllo del motore sincro a riluttanza.
- Motore sincro a riluttanza assistito da magneti permanenti: motivazioni e controllo.
- Considerazioni comparative tra le diverse soluzioni in corrente alternata e conclusioni applicative.

LABORATORIO E/O ESERCITAZIONI

Verranno effettuate dimostrazioni pratiche del funzionamento di azionamenti in corrente alternata per asse e per mandrino. Saranno utilizzati azionamenti impiegati industrialmente, con visualizzazione dei segnali di stato (10 ore).

BIBLIOGRAFIA

- Raccolta slides di presentazione

ESAME

L'esame consiste in una prova orale, comprensiva anche degli argomenti inerenti il I modulo.

H0510 CALCOLO NUMERICO

Anno: 2	Periodo: 2
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6 esercitazioni: 2
Docente:	Ezio VENTURINO

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso ha lo scopo di illustrare i metodi numerici di base e le loro caratteristiche (condizioni di applicabilità, efficienza sia in termini di complessità computazionale che di occupazione di memoria) e di mettere gli studenti in grado di utilizzare librerie scientifiche (IMSL, NAG) per la risoluzione di problemi numerici.

REQUISITI

Analisi I e II, Geometria, Fondamenti di informatica.

PROGRAMMA

- *Aritmetica, errori.* [6 ore]
Rappresentazione dei numeri in un calcolatore. Errori di arrotondamento, operazioni di macchina. Cancellazione numerica. Condizionamento di un problema, stabilità di un algoritmo.
- *Sistemi lineari.* [12 ore]
Metodo di eliminazione di Gauss. Decomposizione di Gauss e fattorizzazione LU. Determinazione matrice inversa. Metodi iterativi: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR.
- *Autovalori di matrici.* [6 ore]
Metodo delle potenze. Metodo delle potenze inverse. Trasformazioni di similitudine e trasformazioni di Householder. Cenni sul metodo QR.
- *Approssimazione di dati e di funzioni.* [10 ore]
Interpolazione polinomiale: formule di Lagrange e di Newton. Interpolazione con funzioni polinomiali a tratti. Funzioni *spline*. Metodo dei minimi quadrati.
- *Equazioni non lineari.* [8 ore]
Radici di equazioni non lineari: metodi di bisezione, secanti, tangenti; metodi iterativi in generale. Sistemi di equazioni non lineari: metodo di Newton e sue varianti. Metodi di ottimizzazione.
- *Calcolo di integrali.* [8 ore]
Formule di quadratura di tipo interpolatorio: formule di Newton-Cotes e formule gaussiane. Formule composte. *Routines* automatiche.
- *Equazioni differenziali ordinarie.* [16 ore]
Metodi *one-step* espliciti. Metodi Runge-Kutta Cenni sulle equazioni alle differenze. Metodi *multistep* lineari. Metodi di Adams. Convergenza e stabilità dei metodi numerici. Sistemi *stiff*.
- *Equazioni alle derivate parziali.* [10 ore]
Caratteristiche. Classificazione delle equazioni quasi-lineari del secondo ordine. Metodi alle differenze finite.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Vengono sottolineati, con esempi, aspetti particolarmente importanti degli argomenti trattati nelle lezioni; vengono svolti esercizi che contribuiscono ad una miglior comprensione della teoria, e costruiti algoritmi di calcolo. Vengono infine proposte allo studente delle esercitazioni al calcolatore da svolgersi o a casa o presso i LAIB del Politecnico.

BIBLIOGRAFIA

G. Monegato, *Fondamenti di calcolo numerico*, Levrotto e Bella, Torino, 1990.

ESAME

È prevista, per i soli iscritti al corso, una prova scritta verso la fine del semestre. Il superamento di questa prova comporta l'esonero della corrispondente parte di programma, purché l'esame finale sia sostenuto in uno degli appelli (5, 6, 7) delle sessioni estive (3, 4). Nel corso della prova non è ammessa la consultazione di testi. L'eventuale ritiro durante la prova di esonero non comporta alcuna conseguenza. L'esame finale è solo orale.

Negli appelli previsti dal calendario l'esame è solo orale.

H0840 CONTROLLI AUTOMATICI

Anno: 4 Periodo:1
Impegno (ore sett.) lezioni: 6 esercitazioni: 4 laboratori: 2
Docente: **Giovanni FIORIO**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

L'insegnamento riguarda sia l'analisi di sistemi fisici di varia natura (elettrica, meccanica, termica, idraulica, pneumatica, ecc.), con lo scopo di determinarne le leggi di funzionamento in regime transitorio, sia la struttura dei sistemi di controllo, sia le proprietà richieste per i sistemi dotati di controllo, sia le procedure per il progetto degli organi di controllo di sistemi dinamici che garantisca il verificarsi delle proprietà richieste.

REQUISITI

Le nozioni propedeutiche necessarie per seguire il corso e prepararne l'esame sono quelle di elettrotecnica, di geometria e di matematica, soprattutto per quanto riguarda l'uso di vettori, matrici e trasformate di Laplace.

PROGRAMMA

- *Il problema del controllo automatico.* Concetto di sistema. Ingressi (comandi e disturbi), uscite (primarie e secondarie). Enunciato del problema in forma operativa. Schema generale di un sistema dotato di controllo. Proprietà degli elementi componenti. Elenco delle competenze richieste ad un esperto di controlli automatici.
- *La costruzione di modelli matematici di sistemi fisici.* Rappresentazione grafica dei modelli; schemi a blocchi e loro regole di elaborazione. Modelli matematici approssimati per sistemi elettrici, meccanici, elettromeccanici, termici, idraulici e pneumatici.
- *Elementi di analisi di segnali e di sistemi.* Risposte nel dominio del tempo e della frequenza. Cenni su processi stocastici e dinamica statistica. Proprietà strutturali.
- *L'incertezza nei modelli di sistemi e di segnali.* La costruzione di modelli dinamici approssimati come lineari, a parametri concentrati ed invarianti nel tempo, a partire dalle leggi fisiche dei corrispondenti sistemi. Errori di modello in termini di incertezza dei rispettivi parametri. Sensitività.
- *Dinamica dei sistemi monovariabili* (un comando, una uscita con retroazione). Criteri di Routh e di Nyquist. Costruzione dei diagrammi di Nyquist. Margini di stabilità. Costruzione dei luoghi delle radici. Proprietà dei luoghi delle radici.
- *Specifiche per la qualificazione dei sistemi di controllo.* Enunciato del problema del controllo automatico in forma matematica. Specifiche sulla rapidità di risposta e sulla stabilità relativa. Specifiche sulla precisione a regime stazionario. Specifiche sull'attenuazione dei disturbi e della sensitività. Specifiche sulla sicurezza.
- *Strutture particolari dei sistemi di controllo monovariabili*, e loro proprietà ai fini del soddisfacimento delle specifiche. Compensazione in cascata ed in retroazione; retroazione dalle variabili di stato e da generiche uscite secondarie; filtraggio del riferimento e filtraggio (previa misura dei disturbi). Strutture miste.
- *Progetto degli organi di controllo per sistemi monovariabili.* Progetto di compensatori in cascata sulla base di specifiche assegnate, con particolare riguardo ai compensatori di larga diffusione industriale. Progetto di compensatori di forma prefissata relativi ad altre strutture. Orientamenti per la scelta della forma degli organi di controllo. Sintesi diretta con uno o due gradi di libertà nella forma dei blocchi componenti.
- *Introduzione allo studio del controllo digitale.* Componenti digitali dei sistemi di controllo. I sistemi a tempo discreto. La trasformata *zeta* e le sue principali proprietà. Le funzioni di trasferimento impulsive. Cenni al progetto di sistemi di controllo digitali.

Alle esercitazioni in aula è dedicata una quaterna di ore consecutive ogni settimana.

Le settimane dedicate alle esercitazioni sono circa una dozzina, ed ogni esercitazione riguarda l'argomento trattato a lezione la settimana precedente. A ciascuno dei nove capitoli del programma delle lezioni è dedicata una esercitazione settimanale, salvo a quelli di maggior estensione, cui sono dedicate due esercitazioni successive. Il testo di riferimento per le esercitazioni ne riporta 13, per 13 settimane successive. Per ogni esercitazione sono presentati una decina di problemi da risolvere. Nella seconda parte del testo è riportata la risoluzione completa di alcuni di questi problemi.

BIBLIOGRAFIA

Per le lezioni:

G. Fiorio, *Controlli automatici, con elementi di teoria dei sistemi*, CLUT, 1992.

Per le esercitazioni:

G. Fiorio, S. Malan, *Esercitazioni di controlli automatici*, CLUT, 1990.

ESAME

L'esame consiste di due parti, entrambe orali; la prima riguarda la discussione di una tesina, preparata durante il corso con l'uso dei mezzi del Laboratorio di Informatica di Base; la seconda riguarda tutto il programma delle lezioni e delle esercitazioni.

H0850 CONTROLLO DEI PROCESSI

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore totali) lezioni: 60 esercitazioni: 20 laboratori: 20
Docente: **Donato CARLUCCI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di illustrare le principali metodologie di progetto del controllo dei processi con particolare riferimento ai processi industriali. Nel corso vengono presentati i metodi di sintesi del controllo con particolare enfasi per quelli che si prestano per una progettazione interattiva, assistita dal calcolatore. Ampio spazio viene dedicato alle moderne teorie di controllo per sistemi reali, cioè per sistemi in presenza di incertezze dovute a conoscenze sempre imperfette sia del sistema fisico da controllare sia dell'ambiente in cui esso opera. A questo scopo, la teoria rigorosa del controllo viene applicata a numerosi esempi di applicazione in prevalenza di carattere industriale dove il progetto viene sviluppato secondo teoria e nei minimi dettagli: dalla scelta dei trasduttori e degli attuatori, alla modellistica del processo, alla individuazione degli aspetti energetici dominanti, al progetto propriamente detto, fino alla valutazione delle prestazioni ed al bilancio tra costi e benefici.

REQUISITI

Controlli automatici, Teoria dei sistemi.

PROGRAMMA

- Fondamenti di teoria del controllo ottimale per sistemi lineari con funzionale di costo quadratico e disturbi a statistica gaussiana. Deduzione dello schema generale del controllo basato sull'uso di uno stimatore dello stato e del controllore. Generalizzazione dello schema per controlli basati su criteri di soddisfacimento di specifiche diverse da quelle ottimali.
- Analisi di sistemi lineari multivariabili nel dominio della frequenza. Principali proprietà della matrice di trasferimento, zeri e poli: definizioni e significato fisico.
- Differenti espressioni della matrice di trasferimento in catena chiusa per i sistemi multivariabili. Matrice di trasferimento d'anello.
- Stabilità di un sistema reazionato e generalizzazione del teorema di Nyquist ai sistemi multivariabili.
- Tecniche di progetto del controllo nel dominio della frequenza per sistemi multivariabili.
- Teoria del piazzamento dei poli in catena chiusa per sistemi multivariabili. Criteri generali di esistenza della soluzione.
- Algoritmi per il piazzamento dei poli mediante reazione sullo stato del sistema.
- Uso di reazione sull'uscita e progetto assistito dal calcolatore del compensatore dinamico.
- Le strutture di controllo più diffuse nel campo industriale: filtri, compensatore PID. Trattamento dell'incertezza e tecniche di progetto del controllo per sistemi incerti.
- Valutazione dell'affidabilità di un sistema di controllo: criteri generali e metodi di simulazione.
- Validazione del progetto, valutazione di costi (*hardware* e *software*) e dei benefici.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni

1. Modellistica dettagliata di sistemi elettromeccanici industriali, satelliti artificiali, impianti termoelettrici.
2. Uso di modelli semplificati per il progetto del controllo. Applicazioni delle differenti tecniche di progetto. Trattamento dell'incertezza tra sistema reale e modello usato per il progetto.
3. Trattazione dettagliata di numerosi esempi di progetto di sistemi reali.

Laboratori

1. Progetto del controllo di un sistema elettromeccanico e simulazione al calcolatore delle prestazioni del sistema.
2. Progetto del controllo di velocità angolare e di orientamento di un satellite, simulazione al calcolatore e valutazione della precisione sull'orientamento.
3. Progetto del controllo di un sistema di prova per motori a combustione interna. Simulazione al calcolatore.
4. Progetto del controllo di un robot. Simulazione al calcolatore.
5. Localizzazione e controllo mediante semafori stradali di un veicolo viaggiante su una rete viaria conosciuta. Simulazione al calcolatore.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Sono a disposizione appunti del corso, lezioni ed esercitazioni, scritti dal docente e forniti su supporto magnetico.

Testi ausiliari:

Tibaldi, *Note introduttive a MATLAB e Control System Toolbox*, Progetto Leonardo, Bologna.

Desoer, Vidyasagar, *Feedback systems: input-output properties*, Academic Press.

Singh, Tidl, *Systems: decomposition, optimization and control*.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed in una prova orale nella quale viene fra l'altro richiesta la discussione dei progetti sviluppati durante il corso.

H0870 CONTROLLO DIGITALE

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 80 esercitazioni: 20
Docente: **da nominare**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso intende presentare i fondamenti teorici e metodologici dei sistemi campionati lineari, con un particolare accento sulla stabilità e sul progetto di regolazioni campionate nello spazio di stato e con una introduzione alle regolazioni adattive.

REQUISITI

Nozioni propedeutiche indispensabili: teoria dei sistemi, controlli automatici generali.

PROGRAMMA

Richiami di concetti fondamentali di teoria dei sistemi. Sistemi tempo-discreti e loro rappresentazione I/O e nello spazio di stato. Descrizione matematica di segnali e sistemi campionati.

La trasformazione z : definizioni e principali regole di trasformazione diretta e inversa, con applicazioni.

Descrizione di sistemi campionati mediante la trasformazione z . Struttura e diagrammi a blocchi di regolazioni campionate. La funzione di trasferimento z . Descrizione di una regolazione campionata mediante la trasformazione z .

Stabilità. Definizione di stabilità. Criteri fondamentali di stabilità. Stabilità fra gli istanti di campionamento.

Criteri algebrici di stabilità.

Progetto per regolazione con tempo di assestamento finito ("dead-beat"). Fondamenti nel dominio tempo.

Derivazione e soluzione delle equazioni di sintesi. Calcolo del regolatore.

Sistemi campionati lineari nello spazio di stato. Le equazioni di stato di un sistema campionato.

Soluzione della equazione di stato alle differenze, omogenea; stabilità dei sistemi campionati nello spazio di stato.

Applicazione della trasformazione z alle equazioni di stato di un sistema campionato. Struttura di regolazioni campionate nello spazio di stato. Progetto per tempo di assestamento finito e controllabilità. Progetto mediante assegnazione di autovalori (poli). Regolazione modale. Osservatori dello stato e osservabilità. Il teorema di separazione.

Regolazioni adattive. Regolatori adattivi con modello di riferimento (MRAS). ottimizzazione locale di parametri; progetto di Ljapunov; definizioni, concetti fondamentali di iperstabilità e progetto relativo.

Regolatori adattivi con modello di identificazione (MIAS): identificazione "on-line" di processi dinamici e segnali stocastici, e dell'anello di regolazione chiuso. Cenni sui regolatori adattivi nei parametri.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella discussione, in aula, di problemi di carattere applicativo riguardanti gli argomenti del corso, risolti o illustrati dopo essere stati assegnati per lo svolgimento a casa, e altresì nella esposizione di argomenti di carattere matematico complementari alla materia del corso.

BIBLIOGRAFIA

All'inizio del corso viene messa a disposizione degli Allievi una copia riproducibile di note manoscritte che coprono quasi integralmente il programma del corso.

Per eventuali approfondimenti possono essere utilmente consultati:
O.Föllinger: *Lineare Abtastsysteme*, 4.Auflage, R.Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1990.
R.Isermann: *Digitale Regelsysteme*, 2.Auflage, Springer Verlag, Berlin, 1987.
V.Strejc: *State Space Theory of Discrete Linear Control*, John Wiley & Sons, New York, 1981.
M.Athans et al.: *Systems, Network, and Computation. Multivariable Methods*, McGraw-Hill Book Co., New York, 1974.

Altri riferimenti bibliografici vengono forniti, quando del caso, durante il corso.

ESAME

Consiste in due prove scritte; lo svolgimento di un tema di carattere teorico senza materiale di riferimento e, immediatamente dopo, la risoluzione di uno o più problemi, con libera consultazione di libri, note ecc.

Eventuale successivo accertamento orale se il candidato lo desidera.

H0890 CONVERSIONE STATICA DELL'ENERGIA ELETTRICA

Anno: 4 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 85 esercitazioni e laboratori: 35
Docente: **Antonino FRATTA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso è il primo sulla conversione nell'ambito del Corso di Laurea. Viene impostato come corso di base sulla conversione statica, e tratta in modo approfondito le tipologie di convertitori che impiegano transistori di potenza e la commutazione forzata controllata dal circuito di pilotaggio. La comprensione dei fenomeni fisici fondamentali e la relativa trattazione analitica viene assiduamente correlata con la realtà tecnologica, con la finalità di fornire gli strumenti per una oggettiva capacità professionale.

Coerentemente, l'elevato numero di ore di esercitazione viene dedicato alla familiarizzazione con componenti, specifiche tecniche, programmi di simulazione e applicazioni allo stato dell'arte della conversione statica di media potenza.

REQUISITI

Analisi Matematica I e II; Elettrotecnica.

Consigliato un corso di base di Elettronica Controlli Automatici.

PROGRAMMA

- 1) Introduzione alla conversione a commutazione statica. [6]
Generalità. Configurazione della conversione. Sistemi di alimentazione e conversione regolata. Definizioni. Qualità e Obiettivi. Tipologie delle connessioni elettriche.
Generalità sulla commutazione di circuiti elettrici. Interruttori e modalità di commutazione, naturale e forzata. Peculiarità degli interruttori a semiconduttore. Comando e pilotaggio.
- 2) Strutture di conversione fondamentali e derivate. [10]
Compatibilità della commutazione forzata. La cella canonica. Coefficienti di trasferimento e di dimensionamento.
Derivazione di strutture per disposizione dei circuiti elettrici esterni. Convertitori diretti e indiretti. Conversione multiquadrante con singola cella.
Derivazione per composizione di celle canoniche. Ponte alimentato in tensione (VSI). Ponte duale (CSI). Conversione DC/AC. Invertitori polifase VSI.
Deviatore di corrente polifase. Inverter trifase CSI. Conversione diretta AC/AC e indiretta AC/DC/AC.
Strutture statiche fondamentali. La cella non reversibile e unidirezionale. Composizioni multiquadrante. Deviatore polifase unidirezionale e commutazione naturale. Classificazione secondo i principali campi di applicazione.
- 3) Transistori e diodi per la commutazione. [6]
Caratterizzazione dei transistori di potenza. Vincoli di temperatura e caratteristiche termiche. MOSFET, BJT's, IGBT.
Diodi di potenza. Caratteristiche statiche e tipologie. Fenomeni dinamici e modello del reverse recovery.
- 4) Dinamica delle commutazioni forzate. [8]
Modelli dinamici circuitali (pilotaggio, transistor e circuito in commutazione).
Dinamica delle transizioni in zona attiva, di corrente e di tensione. Transizione assistita (snubber).
Analisi delle commutazioni. Sequenza completa delle fasi. Calcolo e ottimizzazione dell'energia. Ulteriori non idealità dinamiche dei transistori e dei diodi soft-recovery.

- 5) Dimensionamento affidabile della conversione statica. [4]
 Applicazione dei vincoli di dimensionamento. Temperatura massima. Compatibilità. Fenomeni induttivi e area di lavoro.
 Affidabilità e dispersione dei parametri. Dissipazione nel periodo di modulazione. Dimensionamento vincolato dei componenti (worst-case design). Rendimento tipico della conversione. Dissipazione con duty-cycle periodico. Cicli termici.
 Tecniche e circuiti di protezione. Protezioni termiche. Protezioni contro il sovraccarico e il corto circuito. Area di lavoro di picco (overload SOA).
- 6) Analisi di convertitori DC/DC. [6]
 Efficienza. Coefficienti di perdita dei reattori. Valutazioni comparative. Tecniche di modulazione e dinamica di regolazione. Corrente pulsata. Inserzione del trasformatore e alimentatori isolati.
- 7) Tecnologie, componenti e circuiti per la conversione di media potenza. [4]
 Modularità e integrazione delle strutture di potenza e di pilotaggio integrati e. Moduli di potenza "intelligenti" (SMART, IPM). Convertitori AC/AC e reattori di filtro. Evoluzione dei componenti (GTO, MCT) e delle strutture di conversione.
- 8) Analisi di convertitori DC/AC. [10]
 Inverter alimentato in tensione (VSI). Tecniche di modulazione a onda quadra e PWM, bipolari e unipolari. Inverter trifase VSI. Tecniche di modulazione e limiti di tensione. Regolazione di corrente e modulazione diretta.
- 9) Introduzione alla compatibilità di potenza ed elettromagnetica. [4]
 Reti in continua. Sicurezza dei convertitori e qualità della rete AC (armoniche, transitori). Convertitori di adattamento e PFC. Emissione e immunità. Finalità della normativa sulla compatibilità.
- 10) Applicazioni sulle reti. [4]
 Gruppi di continuità. Compensatori attivi del fattore di potenza con inverter di tensione, corrente e combinati. Utilizzazione di sorgenti rinnovabili di energia.
- 11) Applicazioni in azionamenti elettrici. [4]
 Azionamenti a coppia costante e a potenza costante. Peculiarità di dimensionamento dei convertitori, in corrente continua e alternata. Effetti delle tecniche di modulazione.
- 12) Introduzione ad altre applicazioni. [2]
 Riscaldamento a induzione. Climatizzazione e illuminazione efficiente. Sistemi ausiliari in autoveicoli. Saldatura elettrica.

BIBLIOGRAFIA

- A. Fratta, Dispense del corso di "Conversione Statica dell'Energia Elettrica", Dipartimento di Ing. Elettrica Ind., Politecnico di Torino, CLUT 1998.
- H. Bühler, "Convertisseurs Statiques", Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Suisse, 1991.
- J.G. Kassakian, M.F. Schlecht, G.C. Verghese, "Principles of Power Electronics", MIT, Addison-Wesley, USA, 1992.
- N. Mohan, T. Undeland, W.P. Robbins, "Power Electronics: Converters, Applications and Design", Wiley, New York, USA, 1995.
- W. Leonhard, "Control of Electrical Drives", Springer, Berlin, 1985.

ESAME

L'esame fuori dal semestre sarà normalmente svolto con una prova orale della durata approssimativa di un'ora.

L'esame potrà essere sostenuto durante il corso secondo la seguente articolazione: un primo esonero scritto a metà del corso della durata 90 minuti effettivi; un secondo esonero scritto alla fine del corso della durata 90 minuti effettivi; due relazioni scritte di approfondimento su tematiche relative alle esercitazioni effettivamente svolte durante il corso da consegnare secondo le modalità stabilite dal docente, con possibilità di discussione per la seconda relazione in sede di registrazione del voto finale.

H1060 COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE

Anno: 5	Periodo:1
Impegno (ore totali)	lezioni: 100
Docente:	da nominare

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso ha una sostanziale impronta elettrica, e sviluppa da un lato un approfondimento sulle macchine elettriche volto a individuarne gli aspetti più strettamente applicati a esigenze avanzate di impiego e raccordati con l'evoluzione dei sistemi di alimentazione e controllo, e a delinearne coerentemente itinerari progettuali e criteri costruttivi; d'altro lato costituisce un ampliamento su strutture e tipologie che, al di fuori degli attuali corsi base, solo parzialmente recepiti in taluni corsi specialistici di azionamenti o controlli, hanno peraltro oggi ruoli di rilevante importanza nel panorama elettromeccanico. In accordo con questa impostazione l'interesse prevalente è portato sul macchinario industriale e di trazione.

REQUISITI

Elettrotecnica I, Macchine Elettriche.

PROGRAMMA

- Attualità e prospettive dell'elettromeccanica (20 ore)
Trasformatori (strutture, modelli, connessioni, transistori).
Inquadramento delle macchine rotanti; approfondimento di tematiche sul loro impiego convenzionale o nelle forme più attuali.
- Introduzione alle tematiche strutturali delle macchine elettriche (10 ore)
Materiali, tecnologie, organizzazione produttiva. Normative, collaudo e gestione conservativa.
- Dimensionamento preliminare (15 ore)
Input significativi e loro correzioni. Tipologie normalizzate di costruzione, raffreddamento, installazione. Scelte inerenti il volume attivo.
- Avvolgimenti distribuiti aperti (20 ore)
Analisi e sintesi di avvolgimenti polifasi a una o più configurazioni.
- Avvolgimenti distribuiti chiusi (15 ore)
Avvolgimenti semplici e multipli. Commutazione in regime stazionario, deformato, sinusoidale.
- Circuiti magnetici (10 ore)
Calcoli magnetici e questioni connesse alle strutture magnetiche.
- Esempi di progetto elettrico (10 ore).
- Eventuali argomenti complementari o monografici (5 ore)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Il corso non presenta una distinzione organica tra lezioni ed esercitazioni; esemplificazioni con partecipazione in vario grado degli allievi vengono amalgamate nel complesso dell'esposizione.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: note manoscritte fornite dal docente, integrate da documentazione varie pure fornite dal docente.

Testo complementari: al termine del corso viene fornito un elenco, aggiornato annualmente, di un centinaio di testi attinenti direttamente o indirettamente agli argomenti trattati per sviluppi autonomi suggeriti dal corso.

ESAME

Orale.

H1360 DISCIPLINA GIURIDICA DELLE ATTIVITÀ TECNICO-INGEGNERISTICHE

Anno: 5	Periodo: 1
Impegno (ore totali)	lezioni: 52 esercitazioni: 10
Docente:	da nominare

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso costituisce una forma istituzionale di approccio alle materie giuridiche per i futuri ingegneri. Accanto alle nozioni istituzionali di carattere generale viene però sviluppato un complesso di nozioni specifiche relative alle attività professionali degli ingegneri, raggiungendovi da tali punti un certo approfondimento specialistico.

PROGRAMMA

Il programma comprende le principali nozioni circa i concetti di diritto e di Stato, nonché intorno al diritto di famiglia e a quello delle successioni; in forma più ampia ed approfondita si studiano invece i diritti reali e le obbligazioni (con particolare riferimento al contratto di appalto).

In materia di Società viene esaminata con particolare cura la società per azioni. Analoga attenzione è dedicata ai concetti di marchio, azienda, ditta, invenzione industriale. Viene altresì esaminata la tutela dei diritti, con le nozioni fondamentali circa la giurisdizione civile ordinaria e il regime delle prove.

Particolare attenzione è dedicata alla disciplina del fallimento e delle altre procedure concorsuali. Particolare ampiezza è altresì rivolta agli atti amministrativi, alla tutela nei confronti dell'amministrazione pubblica e alla giustizia amministrativa, all'urbanistica, all'edilizia, alla espropriazione per pubblica utilità, all'esecuzione delle opere pubbliche e all'appalto pubblico. Circa le specifiche attività professionali degli ingegneri, si esaminano le norme e i principi regolanti la redazione dei progetti edilizi e la loro realizzazione (norme sui cementi armati, norme sulle zone sismiche) ed i principi su cui si basano le responsabilità dell'ingegneria all'interno delle grandi imprese, con particolare riferimento ai danni cagionati dal prodotto.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Periti e perizie, responsabilità del progettista e del direttore dei lavori, responsabilità penali dell'ingegnere, norme deontologiche.

BIBLIOGRAFIA

Orusa, *Istituzioni di diritto*, Torino, Gioglio, 1992.

Orusa, Cicala, *Appunti di diritto*, Gioglio, 1991.

È consigliato l'acquisto di un codice civile e di un codice amministrativo.

H1435 DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE/COSTRUZIONE DI MACCHINE

Anno: 4	Periodo 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 5	esercitazioni: 3
(ore totali)	lezioni: 66	esercitazioni: 38
Docenti:	Francesco Antonino RAFFA (Costruzione di Macchine) Rita QUENDA (Disegno Tecnico Industriale)	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Durante le lezioni di Disegno Tecnico Industriale sono esposte le tecniche di rappresentazione di particolari industriali.

Le lezioni di Costruzione di Macchine illustrano gli aspetti di base sia della resistenza statica e a fatica degli organi delle macchine, sia della dinamica delle macchine.

REQUISITI

Per la parte di Disegno Tecnico Industriale è necessaria la conoscenza delle proiezioni assonometriche e ortogonali; è inoltre auspicabile la conoscenza dei sistemi operativi DOS/Windows. Per la parte di Costruzione di Macchine sono propedeutici i corsi di Scienza delle Costruzioni e di Meccanica Applicata alle Macchine.

PROGRAMMA

I MODULO : PRINCIPI DI DISEGNO TECNICO – RESISTENZA STATICA E A FATICA

Impegno (ore totali) lezioni:30 esercitazioni: 19

Normazione, sistemi di proiezione, convenzioni, sezioni, quotatura di elementi meccanici. Studio delle tolleranze dimensionali e geometriche.

Stato delle tensioni, tensioni principali, ipotesi di rottura; resistenza a fatica dei materiali, concentrazione delle tensioni, danneggiamento cumulativo.

II MODULO : DISEGNO DI ELEMENTI DI MACCHINE – ELEMENTI DI DINAMICA DELLE MACCHINE

Impegno (ore totali) lezioni:36 esercitazioni: 20

Applicazione delle tolleranze dimensionali e geometriche. Studio e rappresentazione di elementi filettati, elementi di collegamento, alberi scanalati, ruote dentate, cuscinetti e relativi dispositivi di bloccaggio.

Calcolo di resistenza dei dischi rotanti. Vibrazioni libere e forzate di sistemi discreti a molti gradi di libertà, velocità critiche flessionali, oscillazioni torsionali degli alberi; tecniche di soluzione (metodo di Stodola, metodi delle matrici di trasferimento.)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni prevedono lo studio di insiemi o gruppi e l'esecuzione di disegni costruttivi dei particolari.

Esercizi sul calcolo di resistenza statica e a fatica e sulla risposta dinamica di organi di macchine (soprattutto alberi.)

BIBLIOGRAFIA

1. R. Giovannozzi, *Costruzione di macchine*, voll. I, II, Patron, Bologna.
2. L. Baldassini, *Vademecum per Disegnatori e Tecnici*, Hoepli (17° ed.)

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta e in una prova orale.

HA170 DISTRIBUZIONE E UTILIZZAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

Anno: 4-5

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezioni: 5

esercitazioni: 2

laboratori: 1

Docente:

Giovanni CANTARELLA

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di approfondire le conoscenze dello studente sui principali componenti degli impianti di distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica, considerati nella loro costruzione, applicazione e funzionamento, in condizioni ordinarie e anomale. Esso è particolarmente consigliato ai futuri ingegneri che intendano operare in attività di progettazione di impianti elettrici di potenza e di progettazione, costruzione e verifica di componenti elettromeccanici di circuiti e impianti elettrici.

REQUISITI

Nozioni propedeutiche: nozioni di base relative agli impianti elettrici, alla fisica tecnica e alle macchine elettriche.

PROGRAMMA

Componenti degli impianti e sovracorrenti

Ruolo degli apparecchi di interruzione negli impianti di distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica. Attualità degli apparecchi elettromeccanici. Protezione degli impianti elettrici industriali e residenziali. Esempi applicativi. Sovracorrenti. Corrente di cortocircuito; componente simmetrica ed unidirezionale. Picco massimo della corrente di cortocircuito e sua dipendenza dall'istante iniziale del guasto. Trattazione analitica e esempi applicativi.

Sorgenti di correnti di cortocircuito

Cortocircuito ai terminali di un generatore sincrono. Corrente transitoria nell'avvolgimento di eccitazione e negli smorzatori. Reattanza subtransitoria, transitoria e sincrona. Andamento nel tempo della corrente di cortocircuito e costanti di tempo relative. Contributo dei motori sincroni alla corrente di guasto di cortocircuito. Contributo dei motori asincroni alla corrente di cortocircuito. Trattazione analitica semplificata. Esempi applicativi e procedimenti di calcolo secondo le norme CEI e IEC.

Sollecitazioni termiche

Trasmissione di calore negli apparecchi elettrici per conduzione, convezione e irraggiamento. Campo di temperatura. Riscaldamento di conduttori a sezione costante. Costante di tempo al variare della densità di corrente. Corrente critica. Conduttori connessi a un apparecchio elettrico: effetto dei terminali sulla temperatura. Riscaldamento di un conduttore in un tratto di sezione ridotta. Gradiente di temperatura e potenza trasmessa al conduttore. Riscaldamento di conduttori sottoposti ad arco elettrico. Riscaldamento di conduttori isolati e delle bobine degli apparecchi elettrici. Conduttori in condizioni di cortocircuito. I^2t o integrale di Joule. Riscaldamento di conduttori con carico intermittente. Limiti di temperatura a regime termico. Sovraccarico ammissibile in servizio intermittente.

Sollecitazioni elettrodinamiche

Forze elettrodinamiche agenti tra conduttori complanari non paralleli. Caso generale. Diagramma delle forze. Forze agenti tra conduttori rettilinei paralleli di lunghezza illimitata e finita. Forza di attrazione tra una parete ferromagnetica e un conduttore. Forze agenti su conduttori disposti ad angolo retto e ad U. Forze agenti tra conduttori rettilinei paralleli. Diagramma generalizzato per la determinazione delle forze. Forze agenti su un conduttore circolare: forza radiale e tangenziale. Valori istantanei delle forze agenti con corrente alternata.

Arco elettrico

Zona catodica, anodica e colonna d'arco. Ionizzazione termica. Grado di ionizzazione dell'arco elettrico. Relazione di Eggert-Saha. Ionizzazione per effetto del campo elettrico. Formazione di ioni negativi. Ricombinazione. Fenomeni magnetici nell'arco: campi circolari e trasversali, strizione dell'arco. Getto di plasma. "Esplosione" all'interruzione della corrente. Caratteristica statica e dinamica dell'arco. Condizioni di stabilità dell'arco. L'arco elettrico in regime generico transitorio. Modello matematico dell'arco. Costante di tempo dell'arco e sua influenza sul processo di interruzione. Resistenza dell'arco all'istante di interruzione della corrente e durante il fenomeno di post-arco. Determinazione della potenza dissipata e della costante di tempo dell'arco.

Interruzione di corrente continua

Interruzione di corrente continua in circuiti resistivi ed induttivi. Influenza della tensione di alimentazione e della corrente. Andamento nel tempo della corrente e della tensione d'arco. Sovratensione all'interruzione. Sovratensione in caso di strappamento della corrente. Energia trasformata in calore. Riduzione della sovratensione all'interruzione. Interruttori rapidi per corrente continua: limitazione del picco, della durata della corrente, dell' I^2t e dell'energia trasformata nell'arco di interruzione.

Interruzione di corrente alternata

Interruzione di corrente alternata in circuiti puramente resistivi e prevalentemente induttivi. Tensione transitoria di ritorno (TTR) e alla frequenza di alimentazione. Frequenza propria del circuito senza e con smorzamento. Resistenza critica. Fattore di ampiezza e fattore *gamma*. TTR e reinnesco dell'arco elettrico. Influenza della corrente di post-arco sul reinnesco dell'arco. La tensione transitoria di ritorno nella normativa del CEI e della IEC. Rappresentazione della TTR mediante i metodi dei due e dei quattro parametri. Interruzione di correnti in circuiti trifase. Diagrammi della corrente, della tensione e della TTR.

Apparecchi di protezione contro le sovracorrenti

Interruttori a pieno volume d'olio, a olio ridotto. Interruttori in aria compressa e SF₆. Interruttori magnetici e in vuoto. Condizioni di funzionamento degli interruttori particolarmente severe. Cenni sull'interruzione di piccole correnti induttive con strappamento di corrente. Sovratensione. Interruzione di correnti capacitive. Tensione di ritorno. Sovratensione in caso di ripetuti reineschi d'arco. Interruzione in discordanza di fase. Rapporto tra corrente di circolazione e di cortocircuito. TTR ai terminali dell'interruttore della corrente di circolazione e di quello di cortocircuito. TTR e fattore di ampiezza nell'interruzione in opposizione di fase. Interruzione nei circuiti con neutro connesso a terra e in quelli con neutro isolato.

Sganciatori. Corrente di regolazione. Caratteristiche di intervento di interruttori automatici per impianti industriali, domestici e similari. Correnti convenzionali di intervento e di non intervento. Poteri di chiusura e di interruzione nominali di interruttori automatici. Ipotesi di costanza e non dell'ampiezza della componente simmetrica della corrente di cortocircuito. Potere di interruzione estremo e di servizio (I_{cu} e I_{cs}). Selettività. Categorie di utilizzazione A e B degli interruttori automatici. Corrente di breve durata ammissibile nominale (I_{cw}). Caratteristiche I^2t - corrente presunta. Contattori: costituzione e caratteristiche. Categorie di utilizzazione. Poteri di chiusura e interruzione. Prestazioni in servizio occasionale. Coordinamento con i dispositivi di protezione contro cortocircuito.

Apparecchi limitatori di corrente

Fusibili e interruttori limitatori. Struttura funzionale. Caratteristiche tempo - corrente. Correnti e tempi convenzionali. Caratteristiche I^2t e di limitazione. Energia d'arco. Fusibili tipo gG, gM, e aM e relativi funzionamenti. Protezione dei circuiti di alimentazione di motori mediante fusibili e loro scelta. Sovratensione di funzionamento dei dispositivi limitatori di corrente.

Cavi elettrici

Indicazioni e requisiti normativi per i cavi isolati in PVC, G2, EPR, XLPE. Durata di vita dei cavi. Protezione dei cavi contro sovraccarico: ipotesi teorica e soluzione normativa. Protezione contro cortocircuito mediante interruttori automatici e fusibili.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni di calcolo relative agli argomenti trattati nelle lezioni.

Esercitazioni pratiche svolte nei laboratori di cortocircuito dell'IEN "Galileo Ferraris".

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: Appunti dalle lezioni.

Testi ausiliari, per approfondimenti: Normativa nazionale ed internazionale.

ESAME

Orale.

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni: 2
Docente:	Giovanni BADINO	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è quello di fornire al futuro ingegnere sia le conoscenze fondamentali per la comprensione degli eventi economici connessi con l'ambiente in cui dovrà operare, sia gli strumenti necessari per affrontare e risolvere i problemi di carattere economico-gestionale tipici della sua professione.

Le due parti (A) e (B) in cui è suddiviso il programma di seguito riportato sono presentate nel corso in modo integrato e, cronologicamente, in parallelo: la parte (B), in particolare, riguarda gli strumenti operativi e i metodi di gestione che vengono applicati nelle "esercitazioni".

PROGRAMMA

Prima Parte:

- Introduzione. Organizzazione, contenuto e obiettivi del corso. I concetti fondamentali dell'economia. I rapporti tra economia e ingegneria. Cenni all'evoluzione del pensiero economico. I grandi temi dell'economia. Origine e sviluppo dei problemi di economia dell'ambiente.
- Produzione ed economia nazionale. Il sistema economico nazionale. Il ruolo della produzione dell'impresa. Flusso dei beni e dei redditi. La contabilità dello Stato. Significato economico dell'import-export.
- Il mercato. Generalità. Caratteristiche di domanda e offerta. Mercato perfettamente concorrenziale e mercati reali.
- La moneta. Cenni storici. Tipi di moneta: legale; bancaria; privata. Il controllo della moneta e del credito. Mercato monetario e mercato valutario.
- L'impresa: contesto giuridico ed economico. Contesto giuridico: tipi di impresa; le società commerciali; la società per azioni. Contesto economico: la retribuzione dei fattori della produzione; schema semplificato di bilancio.
- Sistema fiscale e lavoro. Il prelievo dello Stato sulla produzione. Imposte, tasse e contributi sociali. Il lavoro e il suo costo. Contratti di lavoro collettivi. Statuto dei lavoratori. Retribuzioni e oneri sociali. Costo del lavoro.
- La gestione aziendale: Generalità. Struttura e organizzazione. Le funzioni aziendali. La contabilità generale.
- I costi di produzione. I costi aziendali. La contabilità industriale. I centri di costo. L'analisi di "break-even". Cenni alla teoria dei costi. Il controllo di gestione.
- Finanziamenti e investimenti. Il finanziamento delle imprese: obbligazioni; mutui; leasing; credito commerciale diretto e credito bancario. La valutazione degli investimenti.
- Economia e ambiente. Teoria economica e problemi ambientali. Costi ambientali: internalizzazione delle esternalità. La gestione delle risorse naturali non rinnovabili. I principi dell'economia ecologica. Lo sviluppo sostenibile e i suoi strumenti.

Seconda Parte

- Analisi e rappresentazione di dati economici: numeri indici e statistica descrittiva.
- Elementi di matematica finanziaria: interesse, capitalizzazione sconto; equivalenza economica; modalità di restituzione dei prestiti.
- Interpretazione di dati energetici. *Energy Management*.
- Economia e Qualità. Distribuzioni di probabilità per il controllo statistico di qualità.
- Il bilancio d'impresa. Stato patrimoniale e conto economico. L'analisi di bilancio mediante indici.

- Il deperimento dei beni strumentali e la sua contabilizzazione (ammortamenti).
- Scelta e valutazione degli investimenti industriali.
- Tecniche speciali di gestione economica. Modelli analitici per la risoluzione di problemi deterministici: gestione degli approvvigionamenti; programmazione lineare; coordinamento e programmazione dei lavori (PERTe GANTT).
- Stime, valutazione del rischio e incertezza. I problemi di stima negli studi economici. Le stime e il processo decisionale. Le decisioni in condizioni di rischio e di incertezza.
- Nuovi strumenti di gestione economico-ambientale della produzione: le tecniche LCA (*Life Cycle Assessment*), ecobilanci; audit-ambientale.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento

G.J. Thuesen, K.J. Fabrycky, *Economia per Ingegneri*, Il Mulino, 1994.

D. Zanobetti, *Economia dell'ingegneria*, Patron.

Testi ausiliari

G. Bellandi, *Economia e gestione dell'impresa*, UTET, Torino.

M. Bresso, *Per un'economia ecologica*, NIS, Roma, 1993.

ESAME

Per sostenere l'esame occorre:

1. prenotarsi almeno 8 giorni prima della data dell'appello;
2. consegnare la ricerca personale assegnata (l'assegnazione della ricerca avviene entro il secondo mese dall'inizio del corso, su tema concordato con ciascuno studente);
3. rendere disponibili nel giorno dell'esame scritto le esercitazioni scritte svolte durante il corso.

La prova d'esame consiste in una prova scritta nell'ora e nel giorno indicati per l'appello più una prova orale da sostenere dopo l'esito positivo della prova scritta. La prova orale comprende la discussione della ricerca personale.

H1530 ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Anno: 2

Periodo: 1

Impegno (ore sett.)

lezioni: 4

esercitazioni: 4

Docente:

Giovanni FRAQUELLI (collab.: Elena RAGAZZI)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

La gestione di ogni attività di impresa, dai fatti squisitamente operativi alle scelte strategiche, risulta fortemente condizionata da valenze economiche. Il corso intende proporre concetti e tecniche di analisi utili al processo decisionale, attingendo ai riferimenti teorici dell'analisi microeconomica e a quelli tecnico-operativi derivanti dalla prassi aziendale. L'obiettivo è dunque quello di fornire una guida utile all'interpretazione dell'attività d'impresa tramite una molteplicità di strumenti di indagine resi disponibili dalle varie discipline economiche e aziendali.

PROGRAMMA

Differenti ottiche di studio dell'impresa.

Significato economico dell'attività d'impresa, costi impliciti e concetto di profitto.

L'utilizzo del bilancio a fini gestionali: analisi del conto economico, stato patrimoniale, flussi finanziari e determinazione degli indici di bilancio.

Teoria della produzione e analisi dei costi: dalla funzione di produzione neoclassica all'analisi empirica dei costi.

Relazione costi - volumi di produzione in presenza di uno o più prodotti.

Produttività e progresso tecnico: concetto di produttività e costruzione di indici di produttività tramite dati di bilancio.

Prezzi, produttività e volumi di produzione.

La valutazione degli investimenti industriali, tecniche di valutazione e costo del capitale.

Aspetti operativi connessi alla valutazione.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Produzione e costi:

la produzione come combinazione di fattori;

la produzione come combinazione di processi.

Break-even analysis e decisioni operative:

impresa monoprodotto e prezzo di vendita costante;

impresa monoprodotto e prezzo sensibile alla quantità venduta;

funzione discontinue e un solo prodotto;

scelta del *mix* produttivo con prezzo di vendita costante;

scelta del *mix*: più prodotti e prezzo variabile in funzione della quantità venduta;

più prodotti e *mix* produttivo non specificato;

concorrenza fra due imprese (duopolio).

Analisi della produttività:

indicatori di produttività parziale,

indicatori di produttività globale.

Attività economica e ricadute finanziarie.

Decisioni di investimento.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

G. Fraquelli, *Elementi di economia manageriale: costi, produttività e decisioni di investimento*, CUSL, Torino, 1994.

G. Fraquelli, E. Ragazzi, *Elementi di economia manageriale: temi svolti*, CUSL, Torino, 1994.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

G. Zanetti, *Economia dell'impresa*, Il Mulino, Bologna, 1992.

G.J. Thuesen, W.J. Fabrick, *Economia per ingegneri*, Il Mulino, Bologna, 1994.

ESAME

Prova scritta e orale.

PRESENTAZIONE DEL CORSO

La gestione di ogni attività di impresa, dai fatti speditamente operativi alla scelta strategica, risulta fortemente condizionata da variabili esterne. Il corso intende proporre un'analisi critica di questi fattori, con particolare riferimento al mercato e al consumatore, e a quelli tecnici, con particolare riferimento alle attività di ricerca e sviluppo, di produzione e di distribuzione, di finanziamento e di gestione delle risorse umane e materiali. L'obiettivo è quello di fornire una guida utile all'interpretazione dell'attività di impresa, tenendo conto di tutti gli strumenti di indagine nei disponibili dalla varie discipline economiche e statistiche.

PROGRAMMA

Obiettivi didattici di studio dell'impresa.
Significato economico dell'attività di impresa, costi impliciti e concetto di profitto.
L'utilizzo del bilancio e del conto economico, analisi del conto economico, struttura finanziaria e determinazione degli indici di bilancio.
Leorie della produzione e analisi del costo: scelta ottimale di produzione, analisi della produttività e progresso tecnico, concetto di produttività e costruzione di indici di produttività.
La valutazione degli investimenti industriali, tecniche di valutazione e costo del capitale.
Aspetti operativi connessi alla valutazione.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Produzione e costi.
La produzione come combinazione di fattori.
La produzione come combinazione di processi.
Break-down analysis e decisioni operative.
Impresa come prodotto e prezzo di vendita costante.
Impresa come prodotto e prezzo variabile alla quantità venduta.
Funzione di produzione e prezzo costante.
Costi del vari produttivo con prezzo di vendita costante.
Costi del vari produttivo e prezzo variabile in funzione della quantità venduta.
Costi del vari produttivo non specificato.
Concorrenza tra due imprese (duopolio).
Analisi della produttività.
Indicatori di produttività globale.
Indicatori di produttività globale.
Attività economiche e strutture finanziarie.
Decisioni di investimento.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:
G. Fraquelli, *Elementi di economia manageriale: costi, produttività e decisioni di investimento*, CUSL, Torino, 1994.

HA410 ELETTRONICA

Anno: 3	periodo: 2		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4	esercitazioni: 4	laboratori: 2
Docente:	Franco MUSSINO (Dipartimento di Elettronica tel 011/5644050)		
	e-mail: MUSSINO @ POLITO.IT, orario ricevimento: Ven. 10:30-12:30		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso tratta delle applicazioni dei circuiti elettronici analogici e digitali. Dopo aver esaminato i componenti elettronici fondamentali, passivi ed attivi, viene sviluppata l'analisi e la progettazione di circuiti elettronici analogici elementari e complessi, fino all'esame della stabilità di sistemi elettronici controreazionati ed ai criteri di stabilizzazione. Viene sviluppato anche lo studio degli oscillatori e degli amplificatori di potenza. Infine vengono analizzati i fondamentali circuiti logici combinatori (porte logiche) e sequenziali (Flip-flop, contatori, registri a scorrimento, convertitori A/D, ecc.) con varie tecnologie (TTL, MOS, C-MOS).

REQUISITI

Elettrotecnica.

PROGRAMMA

- Esame dei componenti passivi: resistenze, condensatori ed induttanze. I componenti attivi: esame dei fenomeni di conduzione e diffusione nei semiconduttori; la giunzione p-n: caratteristica del diodo; modelli del diodo; il diodo Zener; circuiti limitatori, sfioratori e raddrizzatori.
- Il transistor bipolare BJT (npn e pnp): principio di funzionamento; modello di Ebers-Moll; caratteristiche a base comune ed emettitore comune; valori limite per l'uso come amplificatore. Determinazione del punto di funzionamento del transistor BJT sulle caratteristiche e sua scelta in base al tipo di accoppiamento al carico. Circuito equivalente in continua. Circuiti di autopolarizzazione e con specchio di corrente (Widlar, Wilson, ecc.). Comportamento del transistor BJT in condizioni dinamiche; modello per piccoli segnali; parametri h e circuito equivalente a p con deduzione del valore dei parametri dalle caratteristiche.
- Il transistor JFET: principio di funzionamento e caratteristiche. Il transistor MOS a canale indotto e preformato. Calcolo del punto di funzionamento sulle caratteristiche. Circuito equivalente per il piccolo segnale e determinazione del valore dei parametri.
- Stabilità termica dei circuiti con transistori BJT: fuga termica; criteri per la stabilizzazione ed il calcolo del dissipatore termico. Analogia elettrotermica.
- Calcolo delle amplificazioni e delle impedenze d'entrata e d'uscita di singoli stadi con transistori BJT e JFET, nelle varie possibili configurazioni. L'amplificatore differenziale con transistori BJT e JFET. L'amplificatore operazionale: comportamento ideale e reale.
- Studio della risposta in frequenza di amplificatori monostadio e multistadio; espressioni analitiche e tracciamento dei diagrammi di Bode (modulo e fase). Risposta all'onda quadra e legami con la risposta in frequenza.
- Sistemi con reazione. Esame delle situazioni tipiche per il prelievo e l'iniezione dei segnali; esame dei principali vantaggi e dei criteri di stabilità: metodi di compensazione in caso di instabilità. Risposta in frequenza e nel tempo dei sistemi di II ordine. Gli oscillatori: criteri di Barkausen ed esame dei principali tipi di oscillatori sinusoidali.
- Sistemi di potenza. Regolatori e stabilizzatori di tensione lineari ed a commutazione (principio di funzionamento). Amplificatori di potenza in classe A e B: calcolo del rendimento e delle potenze dissipate dai transistori. Dimensionamento dei dissipatori.

- Sistemi digitali. Richiami dei fondamenti di algebra booleana e delle funzioni logiche. I livelli logici ed il margine di rumore. Funzionamento delle porte logiche fondamentali (NAND e NOR) con tecnologie varie (MOS, C-MOS, TTL, ECL). Circuiti bistabili (Flip-flop: SR e JK); esempi di impiego. Registri a scorrimento e contatori (sincroni e asincroni, binari e decadici). Contatori programmabili. Array logici, FPLA, PAL, PROM, EPROM, ecc.. Convertitori A/D.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI IN AULA

- Richiami di elettrotecnica e calcolo di impedenze e di funzioni di trasferimento di reti elettriche semplici. Richiami del metodo dei nodi ed applicazioni.
- Calcolo del punto di funzionamento di circuito con diodo e comportamento dinamico. Calcolo di verifica e di progetto di circuiti raddrizzatori. Stabilizzatore con diodo Zener.
- Calcolo del punto di funzionamento a riposo di circuiti con uno o più transistori BJT e JFET. Calcolo dei coefficienti di stabilità per le variazioni termiche.
- Calcolo dell'amplificazione e delle impedenze relative a circuiti con uno o più transistori BJT e FET. Amplificatore cascode.
- Calcolo della risposta in frequenza di transistori BJT in configurazione CE e CC. Risposta di transistori JFET.
- Risposta all'onda quadra di circuiti RC. Risposta di amplificatore con transistor BJT con gruppo RC sull'emettitore. Frequenza di taglio superiore di amplificatori con uno o più transistori con metodi vari (nodi, DPI, Miller).
- Calcolo della risposta in frequenza e dell'errore di amplificazione di circuiti con amplificatori operazionali (OA). Off-set e reiezione di modo comune di amplificatori operazionali.
- Calcolo dell'amplificazione e dell'impedenza d'entrata e d'uscita di circuiti controeazionati con metodi vari (nodi, DPI, A e b). Esame della stabilità di amplificatore controeazionato e stabilizzazione con criterio del polo dominante. Risposta di sistema del II ordine.
- Calcolo di circuito stabilizzatore di tensione. Calcolo di dissipatori di potenza.
- Calcolo di resistenza di pull-up, di interfacciamento fra TTL e MOS, di interfacciamento con relais e LED. Dimostrazione del funzionamento di circuiti sequenziali e contatori. Convertitore A/D.

ESERCITAZIONI (ASSISTITE) IN LABORATORIO:

- Introduzione all'uso dei simulatori di circuiti elettronici (SPICE e PSPICE)
- Esercizi con circuiti vari per la verifica dei calcoli eseguiti a mano. Tracciamento della risposta in frequenza e del comportamento dinamico.

BIBLIOGRAFIA

TESTO DI RIFERIMENTO

Millman e Grabel - Microelectronics - Second edition - McGraw-Hill (esiste la traduzione in italiano)

TESTI AUSILIARI (per approfondimenti)

- Sedra-Smith - Circuiti per la microelettronica - Edizioni Ingegneria 2000.
- E. Perano - Circuiti elettronici - Teoria ed esercizi - CLU.
- A. Lacaita, M. Sampietro - Circuiti elettronici - Città Studi.
- S. Franco - Amplificatori operazionali e Circuiti integrati analogici - Hoepli.
- M. Biey - Spice e Pspice - Introduzione all'uso - CLUT.
- Savant, Roden, Carpenter - Electronic Design - Circuits and systems - Second edition - The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.
- V. Pozzolo, Caratteristiche di componenti elettronici, Celid.

ESAME

Prova scritta (3 ore) ed orale.

H1791 ELETTRTECNICA I

Anno: 2	Periodo: 2
Impegno (ore totali)	lezioni: 84 esercitazioni e laboratori: 28
Docente:	Pier Paolo CIVALLERI

PROGRAMMA

- I Il circuito elettrico elementare
Circuiti, componenti e reti elettriche. Generatori, linee utilizzatori. Gli oggetti elettrici. Reti elettriche. I regimi elettrici. Lo spettro elettromagnetico.
- II Le grandezze funzioni del tempo
Funzioni continue a tratti. Funzioni costanti, a gradino, impulsive e a rampa. Funzioni periodiche. Funzioni sinusoidali.
- III Tensione, corrente e potenza elettriche
Gli strumenti di misurazione. La corrente elettrica. Legge delle correnti. La tensione elettrica. Legge delle tensioni. Impulso di corrente ed impulso di tensione. Convenzioni di segno per i bipoli. Potenza elettrica. Lavoro elettrico.
- IV Proprietà di connessione delle reti elettriche
Il grafico lineare associato ad una rete. Leggi delle correnti e delle tensioni per le reti. Sistemi di correnti e di tensioni indipendenti. Reti piane e dualità. Il teorema delle potenze virtuali.
- V Bipoli adinamici
Gli oggetti elettrici e i loro modelli. La caratteristica esterna. Esempi di caratteristiche esterne. Bipoli affini e bipoli lineari. Bipoli polinomiali e bipoli lineari a tratti. Comportamento in regime di piccoli segnali. Grandezze espresse in misure relative Bipoli duali.
- VI Bipoli collegati in serie e in parallelo
Bipoli collegati in serie. Tensione e corrente risultanti. Caratteristica risultante e ripartizione della tensione. Bipoli ideali in serie. Circuiti equivalenti in serie dei bipoli affini e lineari a tratti. Bipoli collegati in parallelo. Corrente e tensione risultanti. Caratteristica risultante e ripartizione della corrente. Bipoli ideali in parallelo. Circuiti equivalenti in parallelo dei bipoli affini e lineari a tratti Bipoli collegati in serie parallelo. Tensione e corrente risultanti. Caratteristica risultante e ripartizione delle tensioni e delle correnti. Bipoli a scala costituiti da resistori ideali Applicazioni. Regolazione della corrente in serie. Reostati. Regolazione di tensione in parallelo. Variatore di tensione resistivo. Divisore di tensione e divisore di corrente. Impianti di distribuzione di energia in serie ed in parallelo.
- VII Multipoli adinamici
La caratteristica esterna. Esempi di caratteristiche esterne. Multipoli e multiporte. Doppi bipoli lineari. Casi particolari di doppi bipoli lineari. Collegamento dei doppi bipoli lineari. N -bipoli polinomiali e lineari a tratti.
- VIII Energetica degli N -bipoli adinamici
Il bilancio energetico N -bipoli perfetti. Bipoli di tipo serie. Bipoli di tipo parallelo. Bipoli di tipo generale. Perdite e rendimento. Generatori in parallelo.
- IX Bipoli dinamici
Le equazioni di stato. Condensatori. Energia dielettrica. Induttori. Energia magnetica. Dualità fra condensatori e induttori. Condensatori in serie e induttori in parallelo. condensatori in parallelo e induttori in serie.

- X Multipoli dinamici
Generalità. Induttori mutuamente accoppiati. Energia magnetica. Altre rappresentazioni. Circuiti equivalenti. Il trasformatore induttivo come sistema dinamico. Collegamento in serie e in parallelo degli induttori accoppiati.
- XI Reti adinamiche
Generalità. Il metodo del *tableau*. Il metodo di Newton-Raphson. Il principio di sovrapposizione. Il teorema del bipolo equivalente. Il teorema di spostamento del centro stella. Il teorema del tripolo equivalente. Il teorema di sostituzione. Il teorema di reciprocità. Ulteriori proprietà delle reti adinamiche.
- XII Reti dinamiche del primo ordine
Circuiti lineari RC ed RL. Circuito RC serie: a) F.e.m. costante; b) F.e.m. sinusoidale. Circuito RL parallelo. Circuito RL serie: a) F.e.m. costante; b) F.e.m. sinusoidale. Circuito RC parallelo. Reti lineari RC e RL. Risposta all'impulso e risposta al gradino. Evoluzione forzata. Reti del primo ordine non lineari.
- XIII Reti dinamiche del secondo ordine
Circuiti lineari RLC. Risposta al gradino e risposta all'impulso. Risposta all'ingresso sinusoidale. Il circuito LC. Reti lineari del secondo ordine. Il piano delle fasi. Reti del secondo ordine non lineari.
- XIV Reti in regime sinusoidale
Generalità. Il metodo simbolico. Le equazioni degli elementi ideali. Il diagramma vettoriale. Potenza e lavoro in regime sinusoidale. Il metodo delle potenze. Circuiti RL. Circuiti RC. Circuiti RLC. Circuiti equivalenti di bipoli reali lineari. Circuiti equivalenti di bipoli lineari affini. Circuiti equivalenti di doppi bipoli lineari. Applicazioni: rifasamento dei carichi induttivi. Applicazioni: l'impedenza di irraggiamento di una carica oscillante.
- XV Sistemi polifasi
Generalità. Il circuito elementare trifase simmetrico ed equilibrato. La trasformazione stella triangolo e triangolo stella per i tripoli bilanciati. La potenza nei sistemi trifasi simmetrici ed equilibrati. Metodi di risoluzione delle reti trifasi simmetriche ed equilibrate. La linea trifase corta. Confronto fra i diversi sistemi di trasmissione. Applicazioni: rifasamento dei carichi induttivi trifasi. Sistemi trifasi dissimmetrici e squilibrati. Componenti simmetriche. Rappresentazione degli oggetti trifasi in componenti simmetriche. Circuiti equivalenti di sequenza. Potenza elettrica in componenti simmetriche. Comportamento delle reti trifasi in condizioni di guasto. Equilibratura di un carico monofase. Il metodo di spostamento del centro stella e il suo duale.
- XVI Reti in regime periodico non sinusoidale
Generalità. La serie di FOURIER. Potenza in regime periodico non sinusoidale. Correlazione e convoluzione. Reti lineari in regime periodico non sinusoidale. Reti non lineari in regime periodico. Bilanciamento armonico. Regime periodico non sinusoidale nelle reti trifasi. Segnali di durata finita.
- XVII Le equazioni di stato delle reti elettriche
Formulazione delle equazioni di stato nel caso generale. Estrazione degli induttori e dei condensatori. Equazioni di stato delle reti lineari variabili nel tempo. Equazioni di stato per le reti lineari invariabili nel tempo. Rappresentazione spettrale. Stabilità delle evoluzioni e degli equilibri. Passività.
- XVIII Analisi in frequenza delle reti lineari
Generalità. L'integrale di FOURIER. Funzione di trasferimento. L'integrale di Laplace. Rappresentazione degli elementi dinamici. Analisi delle reti mediante la trasformata di LAPLACE. Risposta completa ad eccitazioni periodiche. I diagrammi di BODE.

- XIX Teoria generale delle reti lineari invariabili nel tempo
 Considerazioni introduttive. I metodi delle sezioni e dei nodi. I metodi degli anelli e delle correnti di maglia. Considerazioni sui metodi delle sezioni e degli anelli. Il metodo dei nodi modificato.
- XX Doppi bipoli, filtri, linee
 Adattamento energetico. Parametri immagine. Teoria immagine del filtro passa basso. Parametri iterativi. Teoria delle linee di trasmissione. Riflettenza. La matrice di diffusione. Applicazioni.

BIBLIOGRAFIA

- P.P. Civalleri, *Elettrotecnica*, Torino, Levrotto & Bella, 1995.
 C.A. Desoer, E.S. Kuh, *Basic Circuit Theory*, Singapore, McGraw-Hill, 1988.
 K. Kupfmüller, *Einführung in die Theoretische Elektrotechnik*, Berlin, Springer, 1988.
 G. Somenzi, *Elementi di Elettrotecnica Generale*, Bologna, Patron, 1981.

H1792 ELETTEOTECNICA II

Anno: 3

Periodo: 2

Docente:

Michele TARTAGLIA (orario di ricevimento: mercoledì dalle ore 9 alle ore 10,30 nel corso del semestre, da concordare con la Segreteria studenti del Dipartimento di Ingegneria Elettrica Industriale in altri periodi)

PROGRAMMA

Linee elettriche

Introduzione alle linee elettriche ed equazioni dei telegrafisti. Andamento temporale di tensioni e correnti sulle linee; caso di linee senza perdite e condizioni di Heaviside. Applicazioni ai transitori sulle linee: alimentazione di una linea a vuoto, alimentazione di una linea chiusa su carico resistivo, induttivo e capacitivo; transitori su linee collegate in cascata.

Linee a regime sinusoidale, caso di linea di lunghezza infinita e di linea di lunghezza finita chiusa su bipolo passivo.

Metodo delle onde dirette e riflesse, carta di Smith, effetto Ferranti.

Potenze in entrata ed uscita da una linea, considerazioni sulle perdite e sulla regolazione della tensione.

Linee multiconduttori, cenni introduttivi.

Introduzione ai campi

Richiami sugli operatori differenziali del primo ordine gradiente, divergenza e rotore; classificazione di campi irrotazionali, solenoidali, armonici e qualsiasi. Teorema di Stokes e della divergenza. Introduzione del potenziale scalare, vettore e di entrambi nei casi irrotazionale, solenoidale e qualsiasi. Richiami sugli operatori del secondo ordine. Formule di Green. Problemi di Laplace e Poisson Condizioni al contorno. Sistemi di coordinate. Metodo di separazione delle variabili per le equazioni di Laplace.

Campi elettrostatici

Equazioni del campo ed equazione costitutiva. Materiali conduttori e materiali isolanti. Campi prodotti da cariche puntiformi. Principio di metallizzazione delle superfici equipotenziali. Principio delle immagini. Spinterometro a sfere. Campi prodotti da distribuzioni lineari di cariche di lunghezza finita e non. Capacità di condensatori cilindrici in varie configurazioni geometriche con assi paralleli. Sistemi multiconduttori. Capacità di esercizio di linee trifase in cavo ed aeree. Campi elettrici generati nei pressi delle linee.

Campi di corrente statici

Equazioni del campo ed equazione costitutiva. Analogie con i campi elettrostatici. Caso di dispersori sferici e lineari; resistenza di terra, di passo e di contatto. Effetti di prossimità di dispersori.

Campi magnetostatici

Equazioni del campo ed equazione costitutiva; legge della circuitazione magnetica e dei flussi magnetici. Introduzione del potenziale vettore e legge di Biot e Savart. Formula di Neumann. Caso di conduttori rettilinei. Matrice delle induttanze. Circuiti magnetici nell'ipotesi di linearità (matrice delle induttanze). Cenni ai casi non lineari. I magneti permanenti.

Cenni di elettromeccanica

Principi generali ed applicazioni ai casi di campo elettrostatico, di corrente statico e magnetico. Pressione su superfici di separazione tra dielettrici di diversa permittività, tra materiali magnetici di diversa permeabilità e forze agenti sui conduttori o su strutture ferromagnetiche.

Campi elettromagnetici

Equazioni del campo ed equazioni costitutive. Teorema di Poynting.

I casi di campi quasi stazionari. Le equazioni del campo elettromagnetico espresse con potenziale scalare e vettore nel caso quasi stazionario. La legge di Faraday con e senza corpi in movi-

mento. Esempi semplici di applicazione. Comportamento di conduttori e tubi di flusso del campo magnetico in condizioni di campo variabile, casi unidimensionali: conduttori indefiniti o di spessore costante.

Campi rapidamente variabili. Equazioni delle onde. Caso dell'onda piana.

Cenni sul calcolo di campi quasi stazionari con il metodo degli elementi finiti

Si introduce il calcolo approssimato di campi per geometrie complesse con il metodo degli elementi finiti. Si propongono i principi fondamentali del metodo e la tecnica di applicazione; esempi nel caso di campo magnetostatico ed elettromagnetico quasi stazionario. Visualizzazione su calcolatore delle elaborazioni numeriche e delle grandezze e parametri deducibili per l'analisi ed il progetto di componenti elettromeccanici.

Applicazione della Trasformata di Laplace

Definizione della trasformata di Laplace. Proprietà basiche della trasformata di Laplace: unicità, linearità, regola di derivazione, regola di integrazione. Soluzione di circuiti semplici.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Ogni argomento è corredato di esercitazioni numeriche o esemplificative (2 ore a settimana).

Viene proposta almeno una visita ad un laboratorio e, quando possibile, una esercitazione di misura di campo elettrico e magnetico in prossimità di linee elettriche di trasporto.

BIBLIOGRAFIA

Luigi Piglione "Elettrotecnica Filtri-Linee-Campi", Levrotto & Bella, Torino.

D.K. Cheng "Field and Wave Electromagnetics" Addison Wesley.

Marcello D'Amore "Elettrotecnica vol. I" edizioni SIDEREA, Roma.

Marcello D'Amore "Elementi di Elettrotecnica Campi e Circuiti" edizioni SIDEREA, Roma.

Stefano Basile "Elettrotecnica vol. II Teoria dei Campi Elementi di Calcolo Tensoriale" edizione Patron, Bologna.

H. Woodson, J.R. Melcher "Electromechanical Dynamics part I Discrete Systems" John Wiley & Sons.

A.Canova e M.Tartaglia "Esercizi di Elettrotecnica II", Levrotto & Bella, Torino.

Scipione Bobbio "Esercizi di Elettrotecnica" edizioni CUEN, Napoli.

ESAME

L'esame consisterà in una prova scritta ed una prova orale.

La prova scritta dovrà essere superata con una votazione non inferiore alla metà del voto massimo per essere ammessi alla prova orale.

H1760 ELETTRONICA DI POTENZA

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore sett.) lezioni: 6 esercitazioni: 4(2) laboratori: 0(2)
Docente: **Franco MADDALENO**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso ha lo scopo di presentare sia gli aspetti teorici (modelli dei circuiti), sia gli aspetti progettuali e realizzativi dei più importanti circuiti amplificatori e alimentatori utilizzati nei sistemi elettronici di piccola potenza (<1kW).

La prima parte riguarda l'attuazione e l'amplificazione di potenza, con particolare enfasi sulla amplificazione a bassa frequenza, usata per il comando di piccoli attuatori. Nella seconda parte vengono esaminati gli alimentatori, visti dapprima come sistemi e poi più in dettaglio dal punto di vista circuitale. Vengono trattati i regolatori lineari e quelli a commutazione ad onda quadra (*switching*).

REQUISITI

Essendo questo un corso di tipo circuitale applicativo, è richiesta una forte propensione per gli argomenti di tipo circuitale e un'ottima conoscenza dei corsi circuitali precedenti.

PROGRAMMA

Cenni ai dispositivi di potenza. [2 lezioni]

Diodo, transistor bipolar, transistor ad effetto di campo (MOSFET), IGBT.

Interruttori elettronici. [6 lezioni]

Interruttori elettronici (MOSFET, BJT), caratteristiche e uso. Amplificazione di segnali digitali per il comando di attuatori. Pilotaggio di carichi resistivi, induttivi e misti. Topologie *hi side* e *low side*.

Amplificatori lineari. [7 lezioni]

Retroazione e stabilizzazione. Tecniche di analisi, progetto e misura dell'anello di retroazione. Amplificatori in classe B, G e H, caratteristiche e rendimenti. Operazionali di potenza, caratteristiche e uso. Distorsioni e intermodulazioni. Amplificatori a commutazione (classe D). Problemi termici in regime transitorio.

Caratteristiche generali degli alimentatori. [2 lezioni]

Classificazione, specifiche, affidabilità, prestazioni, protezioni, *standard*, interferenze elettromagnetiche.

Alimentatori dissipativi. [2 lezioni]

Conversione AC / DC, stabilizzazione serie e parallelo. Regolatori integrati e discreti.

Analisi degli alimentatori ad onda quadra. [7 lezioni]

Configurazioni fondamentali: *buck*, *boost* e *buck-boost*. Caratteristiche stazionarie in modo continuo e discontinuo. Comportamento dinamico. Modelli linearizzati, media nello spazio degli stati, media degli interruptori, media del circuito. Linearizzazione. Controllo in *voltage mode* e *current mode*. Correttori di fattore di potenza.

Configurazioni derivate. [4 lezioni]

Analisi e dimensionamento di alimentatori *buck* derivati (*forward*, *push-pull*, mezzo ponte e ponte intero). Analisi e dimensionamento di *flyback*.

Componenti magnetici. [5 lezioni]

Progetto di induttori e trasformatori ad alta frequenza. Scelta del nucleo con il prodotto delle aree. Scelta dei conduttori. Valutazione delle perdite.

Circuiti ausiliari. [2 lezioni]

Reti *snubber*. Separazione galvanica. Alimentazioni ausiliarie. Sensori di corrente. Circuiti integrati di controllo.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vertono sul progetto di semplici convertitori DC/DC e amplificatori, fino al dimensionamento completo, usando caratteristiche di componenti reali. I progetti così sviluppati sono poi simulati su calcolatore (LAIB).

In laboratorio sono misurate le caratteristiche di componenti e di circuiti visti a lezione. Le esercitazioni previste riguardano:

1. Misure sui diodi.
2. Misura del guadagno di anello.
3. Misure su *buck* e *buck boost* ad anello aperto.
4. Progetto, realizzazione e misura del controllo di *buck* e *buck boost*.
5. Misura su *forward* e *flyback* ad anello aperto.
6. Misura su *forward* e *flyback* ad anello chiuso.

BIBLIOGRAFIA

Non vi è un testo di riferimento. Il corso si basa su articoli indicati dal docente. Alcuni argomenti sono trattati su dispense disponibili in copisteria.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

Bloom, Severns, *Modern DC-DC switchmode power conversion circuits*, Van Nostrand Reinhold.

Kassakian, Schlecht, Verghese, *Principles of power electronics*, Addison-Wesley.

Pressman, *Switching power supply design*, McGraw-Hill.

ESAME

Nella sessione di esame vi è un appello ogni martedì. L'esame è costituito da uno scritto (prenotazione obbligatoria presso la segreteria di Elettronica) e da un orale.

Lo scritto consiste in un progetto simile a quelli eseguiti durante le esercitazioni in aula. La durata è di circa 3 ore.

È possibile presentarsi allo scritto e ritirarsi senza lasciare traccia. Durante lo scritto bisogna essere muniti di calcolatrice e documentazione distribuita durante il corso, è possibile consultare libri ed appunti, non è possibile consultare i compagni, pena l'annullamento dello scritto.

L'orale ha luogo subito dopo lo scritto, lo stesso giorno o i giorni immediatamente successivi, e verte per lo più su argomenti trattati a lezione o a esercitazione in aula e ha durata media di un'ora. Di solito l'orale consiste di due domande la cui valutazione viene mediata con lo scritto (2/3 orale, 1/3 scritto). In caso di non superamento dell'orale il candidato può ripresentarsi all'esame (scritto e orale) al massimo solo una seconda volta nella stessa sessione, ad opportuna distanza di tempo suggerita dal docente, tipicamente maggiore o uguale a due settimane.

Anno: 5

Periodo: 1

Impegno (ore totali)

lezioni: 80

esercitazioni: 14

laboratori: 14

Docente:

Franco VILLATA**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso, a carattere applicativo, tratta i principali problemi posti dalla conversione statica alternata-continua, con particolare attenzione alle applicazioni destinate alla realizzazione di alimentatori, di azionamenti in continua, o del primo stadio di convertitori alternata-alternata.

Vi sono analizzate le principali strutture di conversione, per le quali sono trattate le sollecitazioni lato alternata, i problemi del dimensionamento termico, i filtri di potenza in uscita, il dimensionamento di massima dei componenti elettromagnetici. Sono inoltre descritte le principali architetture dei circuiti di regolazione ed i trasduttori di tensione e di corrente di più frequente impiego.

Particolare rilievo è dato agli aspetti energetici ed ai problemi posti dalla gestione di potenze anche rilevanti, promuovendo la formazione di una "mentalità" orientata alla potenza.

REQUISITI

Elettrotecnica ed Elettronica Applicata.

PROGRAMMA

Strutture di Conversione non controllata monofase [8 ore]

- Generalità

Diodo a semiconduttore

Analisi del funzionamento di reti contenenti diodi

- Strutture monofasi

Convertitore semionda monofase

Convertitore controfase

Convertitore a ponte monofase

Componenti elettromagnetici e filtri di potenza [13 ore]

- Trasformatore di alimentazione

Richiami sul funzionamento del trasformatore

Potenza di dimensionamento di un trasformatore

Dipendenza dalle dimensioni dei parametri del trasformatore

- Filtri di potenza

Filtro induttivo

Filtro capacitivo

Filtro L C

Circuito equivalente macchina a corrente continua

- Problemi di progetto dei componenti reattivi

Parametri di un condensatore elettrolitico per filtri

Dimensionamento di massima di una induttanza

Dimensionamento di massima di un trasformatore monofase

Diodi controllati e circuiti di innesco [7 ore]

Diodi controllati

Costituzione fisica

Caratteristiche esterne

Tipi costruttivi

Circuiti impulsatori e trasformatori per impulsi

Strutture di conversione controllata monofase [11 ore]

Convertitore controfase

Doppio controfase antiparallelo
 Ponte monofase semicontrollato
 Ponte monofase controllato
 Strutture di conversione controllata trifase [11 ore]
 Semionda trifase
 Ponte trifase
 Commutazione e problemi connessi [4 ore]
 Dimensionamento termico delle strutture [5 ore]
 Modelli termici
 Dimensionamento termico di massima
 Dissipatori
 Protezioni [9 ore]
 - Protezioni da sovraccarichi:
 Interruttori extrarapidi e fusibili
 Condizionamenti al progetto termico
 - Sovratensioni:
 Principali cause
 Protezioni più usate
 Sistemi di regolazione [8 ore]
 Generalità sulle strutture di regolazione
 Sfasatori
 Regolazione ad anelli separati
 Regolazione ad anelli in cascata
 Doppio controllo armatura eccitazione
 Regolatore per doppio convertitore antiparallelo
 Trasduttori [4 ore]
 Trasduttore di tensione quasi isolato
 Trasduttori di corrente ad effetto Hall
 Trasduttori di corrente che impiegano TA
 Reattori saturabili
 TA ad impulsi

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella applicazione dei metodi e delle nozioni fornite nelle lezioni per l'analisi del funzionamento od il dimensionamento di convertitori alternata-continua. Esse saranno svolte parte in aula, parte nel laboratorio informatico del Dipartimento di Ingegneria Elettrica.

I laboratori consistono nell'analisi del funzionamento di sistemi di conversione con visualizzazione delle forme d'onda di tensione e di corrente più significative. Essi saranno svolti presso i laboratori del Dipartimento di Ingegneria Elettrica.

BIBLIOGRAFIA

H. Buhler, *Traité d'Electricité*, vol. XV, *électronique industrielle 1, électronique de puissance*, Georgi, Lausanne.
 G. Montessori, *Elettronica di potenza*, Delfino.
 Tali testi contengono solo parte degli argomenti del corso, pur contenendo argomenti che non verranno svolti.

ESAME

L'esame consiste in un colloquio orale teso ad accertare l'acquisizione da parte dell'allievo dei metodi di studio e delle problematiche dei sistemi descritti nelle lezioni. I temi sviluppati nelle esercitazioni e nei laboratori possono fornire spunto per la discussione.

H1810 ENERGETICA

Anno: 5	Periodo: 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 5	esercitazioni: 3
Docente:	da nominare	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire agli studenti gli strumenti teorici ed operativi per poter sviluppare l'analisi energetica di tutti quei sistemi nei quali si operano trasformazioni tra le diverse forme di energia. Dopo un'introduzione storica, si introducono i criteri per la classificazione e la quantificazione delle forme di energia primarie. Segue un richiamo dei concetti fondamentali della termodinamica elementare nel quale si approfondiscono in particolare la teoria dell'exergia e della termodinamica della combustione, applicando queste nozioni per il calcolo del comportamento termodinamico e della efficienza dei principali componenti ed impianti energetici. Nella seconda parte del corso, dopo aver introdotto i concetti fondamentali della matematica finanziaria e della teoria della scelta tra diversi investimenti, si approfondiscono i fondamenti della teoria detta termoeconomia con la quale si studiano le implicazioni di tipo economico-finanziario della applicazione della termodinamica ai sistemi energetici. Si danno alcuni cenni ai problemi di costi reali e di tariffe. La terza parte del corso è dedicata alla classificazione degli usi finali dell'energia nel mondo intero e in Italia. Nella parte finale si illustrano i problemi dell'impatto ambientale dei sistemi energetici.

REQUISITI

È fondamentale aver frequentato i corsi di *Fisica Tecnica* e *Macchine*.

PROGRAMMA

- *Cenni storici.* Elementi di storia dell'uso dell'energia dalle società preindustriali e paleo industriali a quella contemporanea. Cenni di storia della Termodinamica e del concetto di Energia. [4 ore]
- *Richiami di termodinamica.* Definizioni fondamentali. Lo studio dei fluidi con attrito viscoso. Il lavoro e il calore. Il primo principio della Termodinamica. Energia interna ed Entalpia, I sistemi aperti. Il secondo principio. Il rendimento delle macchine termiche. La disuguaglianza di Planck. Entropia Reversibilità. Applicazione dei principi alle macchine a rinnovamento di fluido (i sistemi aperti) ed ai principali tipi di impianti energetici. [10 ore]
- *La teoria dell'exergia.* L'evoluzione dei sistemi verso l'equilibrio. La biosfera e lo stato di riferimento. Il teorema dell'energia utilizzabile o exergia. Le equazioni per i sistemi chiusi ed aperti. I concetto di lavoro massimo e di lavoro perso. Il rendimento generalizzato. Analisi exergetica di processi termodinamici semplici. [10 ore]
- *Cenni di termodinamica della combustione e delle reazioni chimiche.* Definizioni. Miscele di gas ideali. Le reazioni chimiche: calcolo dell'energia interna, dell'entalpia e dell'entropia. Condizioni per l'equilibrio. La coordinata di reazione. Reazioni chimiche dei gas ideali. Temperatura di combustione adiabatica. La combustione degli idrocarburi. Il potere calorifico e l'exergia della combustione. [4 ore]
- *Le fonti energetiche.* Le fonti di energia primaria. Le fonti rinnovabili e non rinnovabili. I combustibili fossili. L'energia nucleare. Le riserve accertate e presunte. Il sistema energetico planetario e nazionale. I consumi energetici negli ultimi decenni analizzati per entità e tipologia. I fattori che influenzano i consumi. La struttura dei consumi. Le previsioni dei fabbisogni per il futuro. [4 ore]
- *Le fonti energetiche secondarie.* L'energia elettrica di origine termica, nucleare, idraulica. Gli impianti di cogenerazione. Le pile a combustibile. I sistemi a energia totale. [4 ore]

- *I componenti e le tecnologie degli impianti energetici fondamentali.* Le fonti di energia secondaria, elettrica, idroelettrica, termica e nucleare. Compressori ed espansori. Miscelatori e separatori di fluidi. I condotti percorsi da fluidi viscosi. I combustori a pressione e volume costante. Scambiatori di calore. Condensatori. Rassegna dei principali tipi di impianti energetici con particolare attenzione ai sistemi per la produzione combinata. Analisi degli schemi fondamentali e delle tecnologie per la trasformazione dell'energia dei combustibili in energia termica ed elettrica. Impianti frigoriferi. Impianti a gas per la produzione combinata di calore e lavoro. Impianti a vapore per la produzione combinata di calore e lavoro. Impianti di riscaldamento e cogenerazione urbani. I metodi per l'analisi e il calcolo delle reti di distribuzione di fluidi in pressione con particolare attenzione alle reti per il riscaldamento urbano centralizzato. [10 ore]
- *Nozioni elementari di matematica finanziaria.* I concetti di valore e di costo di un bene. Interesse. Redditività. Tassi di interesse e di sconto. Formule finanziarie. L'ammortamento. L'inflazione. La valutazione degli investimenti. Il metodo dei flussi di cassa. L'analisi costi-benefici. [4 ore]
- *Energetica industriale e termoeconomia.* La rappresentazione dei sistemi energetici naturali ed industriali. Le equazioni di bilancio di energia e di valore. Il costo operativo dei beni. I criteri di ottimizzazione termoeconomica. I metodi di sostituzione. I metodi algebrici di contabilizzazione energetica. L'analisi disaggregata dei costi negli impianti energetici. I parametri di valutazione dell'efficienza energetica ed economica. I metodi di ottimizzazione termoeconomica. [10 ore]
- *Legislazione e normativa.* Rassegna delle norme principali e delle leggi in vigore in Italia e nella Unione Europea in materia di energia. Analisi del sistema delle tariffe energetiche. [2 ore]
- *Cenni allo studio dell'impatto ambientale indotto dagli usi energetici.* I metodi di valutazione. La normativa e le leggi vigenti. [2 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercizi svolti in aula sui temi trattati a lezione. Calcolo completo dei cicli termodinamici per una centrale di cogenerazione a gas (ciclo Joule) e a vapore (ciclo Rankine in contropressione). Sviluppo completo della analisi energetica, exergetica e termoeconomica di un caso reale per il quale gli allievi sono guidati ad acquisire i dati sul campo, ad ordinarli ed analizzarli secondo i metodi sviluppati nella parte teorica del corso ed a proporre uno studio di fattibilità di soluzioni alternative a quelle rilevate.

VISITE TECNICHE

Saranno organizzate visite tecniche ad alcuni impianti energetici dell'Italia nord-occidentale, significativi per dimensioni e tecnologia.

BIBLIOGRAFIA

Appunti delle lezioni e materiale didattico distribuito dal docente

TESTI AUSILIARI

M.Cali, P.Gregorio, *Termodinamica*, Porgetto Leonardo, Bologna, 1997.

A.Bejan, G.Tsatsaronis, M.Moran, *Thermal Design And Optimisation*, J.Wiley, 1996.

Kotas T. J., *The Exergy Method Of Thermal Plant Analysis*, Butterworths, London 1985

Pedrocchi E., *Previsioni Di Fabbisogno Energetico Per L'italia*, La Termotecnica, giugno 1993, pp.25-29. *Previsioni Di Fabbisogno Energetico Per Il Mondo*, La Termotecnica, maggio 1993, pp.21-28.

Silvestri M., *Il Futuro Dell'energia*, Bollati Boringhieri, 1989.

ESAME

L'esame consiste nella esposizione della monografia preparata nel corso dell'anno e in un colloquio orale durante il quale l'allievo è tenuto a rispondere sugli argomenti di teoria trattati nelle lezioni.

H1830 ENERGETICA E SISTEMI NUCLEARI

Anno: 4	Periodo: 2		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4	esercitazioni: 2	laboratori: 2
Docente:	da nominare		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire le conoscenze ingegneristiche e gli strumenti metodologici utili per l'analisi e la valutazione dei principali sistemi energetici industriali e civili, con particolare attenzione rivolta alla produzione di energia elettrica e alla produzione combinata di energia elettrica e termica.

Vengono descritte e analizzate le soluzioni tecnologiche, impiantistiche e di sistema, disponibili sia nel settore nucleare che in quello convenzionale. Particolare attenzione è dedicata alle soluzioni innovative in merito all'uso razionale delle risorse primarie, alla compatibilità ambientale ed alla sicurezza.

REQUISITI

Termodinamica applicata o Fisica tecnica.

PROGRAMMA

- Elementi introduttivi. [14 ore]

Forme e trasformazioni fondamentali dell'energia.

Fonti e usi finali dell'energia.

I cicli di trasformazione delle fonti fossili e nucleari e di quelle rinnovabili.

Energia e sistemi economici. Energia e ambiente. Gli indicatori energetici e la loro evoluzione nelle varie fasi dello sviluppo economico e industriale.

Elementi di ecologia. [6 ore]

Gli ecosistemi.

Gli elementi costitutivi dell'ambiente naturale: atmosfera, idrosfera, pedosfera, biosfera, ecc.

I principali cicli materiali nell'ambiente naturale: acqua, carbonio, azoto, zolfo, ossigeno, ecc.

Le perturbazioni naturali e quelle di origine antropica.

Fondamenti di energetica. [8 ore]

Energia ed exergia.

Metodologie per l'analisi energetica ed exergetica dei cicli e delle trasformazioni termodinamiche.

- Le fonti primarie di energia e la loro utilizzazione. [20 ore]

Le fonti primarie e le modalità del loro impiego:

l'energia solare (diretta e indiretta),

la biomassa,

i combustibili fossili,

i combustibili nucleari: fissione e fusione,

l'idrogeno.

Le modalità di vettoriamento.

Gli usi finali.

- Le nuove tecnologie. [10 ore]

Situazione attuale e prospettive per impianti e sistemi provati e per proposte innovative dal punto di vista tecnologico e ambientale. La maturità tecnologica e commerciale. La competizione tra tecnologie antagoniste.

Analisi dello stato dell'arte dei seguenti sistemi:

i cicli del carbone,

i cicli dell'idrogeno,
le celle a combustibile,
i reattori nucleari avanzati,
i reattori nucleari a sicurezza intrinseca,
le fonti rinnovabili.

- I modelli per l'analisi dei sistemi energetici. [14 ore]

Modelli per la valutazione delle caratteristiche tecnologiche, economiche ed ambientali dei sistemi energetici alle varie scale di analisi.

Struttura e finalità di alcuni programmi e codici per analisi energetica e la redazione di ecobalanci (GRAFENE, TEMIS) e per la programmazione lineare in scenari evolutivi (MARKAL).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni riguardano:

- l'analisi di un sistema energetico a scala territoriale;
- l'analisi di un particolare ciclo energetico o di un sistema tecnologico.

Nel Laboratorio Didattico di Analisi e Modelli Energetici si svolgeranno applicazioni al computer di alcuni modelli di analisi integrale tecnico-economica e ambientale.

BIBLIOGRAFIA

A.W. Clup, *Principles of energy conversion technologies*, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1991.

Altra documentazione, con i relativi riferimenti bibliografici, sarà messa a disposizione dal docente.

ESAME

Il colloquio d'esame comprende la discussione degli elaborati di esercitazione e laboratorio.

H1902 **FISICA GENERALE II**

Anno: 2	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni: 2	laboratori: 2
Docente:	Angelo TARTAGLIA (collab.: Elena TRESSO)		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso ha per obiettivo quello di fornire agli studenti una conoscenza sufficientemente ampia dell'elettromagnetismo classico, dei principi della meccanica quantistica e della termodinamica. Il tramite tra l'elettromagnetismo e la meccanica dei quanti è costituito dallo studio delle proprietà e del comportamento fisico delle onde elettromagnetiche e dall'introduzione del concetto di fotone. Infine, per fornire le basi per lo studio del comportamento dei sistemi composti da un gran numero di elementi, si espongono le leggi della termodinamica dal punto di vista di un approccio statistico, con applicazioni alle proprietà magnetiche della materia e al corpo nero.

REQUISITI

È richiesta una preliminare conoscenza delle leggi della meccanica, dell'ottica geometrica e dell'elettrostatica nel vuoto (argomenti trattati nel corso di *Fisica generale I*). È necessario saper effettuare derivate e integrali, conoscere le proprietà geometriche dei campi vettoriali, i principi dell'algebra delle matrici, i concetti di limite e di sviluppo in serie.

PROGRAMMA

- *Campo elettrostatico nei dielettrici*; polarizzazione dei materiali isotropi, polarizzazione dei dielettrici anisotropi. Generalizzazione della legge di Gauss.
- *Correnti elettriche in regime stazionario*. Legge di Ohm ed effetto Joule. Circuiti elementari, i principi di Kirchhoff. Cenni ai principi fisici alla base del funzionamento dei generatori di forza elettromotrice continua.
- *Il campo magnetostatico nel vuoto* e le sue proprietà generali. La forza di Lorentz; moto di cariche in campi magnetici statici; il funzionamento del ciclotrone e dello spettrometro di massa; l'effetto Hall. Forze su correnti; l'amperometro. La legge di Ampère-Laplace e il calcolo di campi magnetici generati da correnti stazionarie; la relazione di Ampère.
- *Proprietà magnetiche della materia*: diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo; i circuiti magnetici e la riluttanza.
- *Campi elettromagnetici dipendenti dal tempo*. I fenomeni induttivi e la legge di Henry. La relazione di Ampère-Maxwell. Coefficienti di auto- e di mutua induzione. Cenni ai superconduttori e all'effetto Meissner. Energia del campo magnetico di una corrente e densità di energia.
- *Le equazioni di Maxwell*. Le onde elettromagnetiche e le loro caratteristiche. Densità di energia dell'onda; momento trasportato e pressione di radiazione; il vettore di Poynting.
- *La propagazione delle onde* in generale e delle onde elettromagnetiche in particolare. Il principio di Fermat e il principio di Huygens. L'assorbimento di un'onda in un conduttore. L'indice di rifrazione reale e complesso. Passaggio da un mezzo ad un altro: coefficienti di trasmissione e riflessione. Dipendenza dal riferimento: l'effetto Doppler.
- *Composizione di onde*: i battimenti e la velocità di gruppo; l'interferenza tra due onde e la condizione di coerenza, l'interferenza tra le onde provenienti da n sorgenti coerenti, il reticolo di diffrazione e il suo potere separatore, le onde stazionarie; i fenomeni di diffrazione di Fraunhofer e di Fresnel, i limiti fisici alle prestazioni degli apparati ottici. La polarizzazione della luce: birifrangenza naturale e artificiale; l'ellissoide di Fresnel; le lamine polarizzatrici; l'angolo di Brewster. Il dicroismo; l'attività ottica.

- *La quantizzazione dell'energia elettromagnetica* e gli aspetti corpuscolari della radiazione: gli effetti fotoelettrico e Compton. Le proprietà ondulatorie della materia: diffrazione di elettroni. Gli operatori quantici di momento ed energia, il principio di corrispondenza.
- *Le relazioni di De Broglie*. La funzione d'onda e l'equazione di Schrödinger. Interpretazione della funzione d'onda e sue proprietà, il principio di Pauli e il principio di indeterminazione. La buca di potenziale e la quantizzazione dell'energia. La barriera di potenziale e l'effetto tunnel. Cenni alle equazioni di Klein-Gordon e di Dirac.
- *Principi di meccanica statistica*: sistemi a moltissimi gradi di libertà, spazio delle fasi, funzione di distribuzione. La distribuzione di Gauss. Il fattore di Boltzman e la funzione di partizione. Il concetto di entropia; la temperatura; il secondo principio della termodinamica. La conservazione dell'energia e il primo principio della termodinamica. I potenziali termodinamici; le relazioni di Maxwell e l'equazione di stato. Le trasformazioni termodinamiche e i cicli; il ciclo di Carnot e il rendimento delle macchine termiche; i cicli frigoriferi e le pompe di calore. Capacità termica e calori specifici; la conduzione del calore e l'equazione di Fourier. Il gas perfetto; il gas reale e le isoterme di Van der Waals. L'effetto magnetocalorico. Il paramagnete ideale e la legge di Curie.
- *Sistemi a numero variabile di particelle*, il potenziale chimico. Le statistiche di Fermi e di Bose. Il gas di fotoni in equilibrio termico: il corpo nero, la distribuzione di Planck, le leggi di Kirchhoff, di Stephan-Boltzman e di Wien.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula sviluppano in forma di esercizi gli argomenti delle lezioni.

Le esercitazioni in laboratorio previste sono quattro.

1. Misura di resistenza mediante ponte di Wheatstone e misura di temperatura con sensore PT100.
2. Studio delle oscillazioni forzate in un circuito RLC mediante uso di oscilloscopio e generatore di segnali, e simulazioni al calcolatore di transistori in circuiti RC e RLC.
3. Misura di lunghezza d'onda della luce mediante reticolo di diffrazione e misura di indice di rifrazione mediante luce polarizzata e angolo di Brewster (con sensore a fotodiode).
4. Misura della diffusività termica di un provino metallico.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

A. Tartaglia, *Dall'elettrone all'entropia*, Levrotto & Bella, Torino.

A. Tartaglia, *300 esercizi svolti di elettromagnetismo e ottica*, Levrotto & Bella, Torino.

A. Tartaglia, *Esercizi di meccanica quantistica e termodinamica*, CLUT, Torino.

Testi ausiliari:

R. Feynman, *La fisica di Feynman*.

ESAME

L'esame consta di una prova scritta ed una orale. Lo studente che non consegua nello scritto una votazione pari o superiore a 15/30 è sconsigliato dal presentarsi all'orale. Una volta superato lo scritto, l'orale può essere sostenuto in qualunque appello compreso entro la fine del primo periodo didattico dell'anno accademico successivo. Oltre tale termine lo scritto deve comunque essere ripetuto.

MODULO 5

I cicli termodinamici a vapore di Carnot, Hirn e Rankine. Studio del rendimento del ciclo Rankine. Surriscaldamenti e rigenerazione. Le irreversibilità. Le centrali termoelettriche e in cogenerazione.

I cicli termodinamici a gas di Carnot, Otto, Diesel. e di Joule e Brayton. I cicli termodinamici a gas con rigenerazione di Stirling ed Ericsson.

I cicli inversi delle macchine frigorifere e delle pompe di calore. L'efficienza (o COP). Il funzionamento delle macchine frigorifere a compressione di vapore. Introduzione della trafilazione isentalpica. Il diagramma h-log p. Le principali tipologie di macchine che funzionano con cicli inversi. Le compressioni in più stadi. Cicli sovrapposti. Cicli in cascata. Cenni agli impianti ad assorbimento. La liquefazione dei gas e la macchina di Linde.

COMPITO DI ESONERO SUI MODULI DA 1 A 5 COMPRESO.

MODULO 6

Le miscele di gas. Le leggi di Dalton e di Amagat. Psicrometria e miscele aria-vapore acqueo. Grandezze psicrometriche. I diagrammi di Mollier e ASHRAE. Le trasformazioni termodinamiche dell'aria umida. I componenti degli impianti di climatizzazione ambientale. La climatizzazione estiva ed invernale degli edifici. Rappresentazioni sul diagramma di Mollier e cenni agli impianti.

MODULO 7

Introduzione alla termocinetica. Le equazioni fondamentali dei corpi continui. I fenomeni di scambio termico.

L'equazione fondamentale della conduzione: equazione differenziale e condizioni al contorno. La relazione costitutiva di Fourier. Fenomenologia della conduzione. La conduttività termica. L'analogia elettrica. Problemi applicativi e modelli. Le rappresentazioni a parametri concentrati e il transitorio termico. La soluzione monodimensionale per pareti piane, cilindriche e sferiche. Applicazioni della conduzione alle alette monodimensionali.

MODULO 8

Irraggiamento: definizioni e grandezze caratteristiche. Il corpo nero. La legge di Stefan-Boltzmann. La legge di Wien. I corpi reali e le leggi di Kirchoff. Scambio di energia radiante tra corpi neri. I fattori di forma. L'analogia elettrica. Scambio di energia radiante tra corpi grigi.

Illuminotecnica: la sensazione luminosa e la curva di visibilità. Le grandezze fotometriche. Classificazione delle sorgenti luminose. Illuminazione da sorgente puntiforme. Le lampade.

MODULO 9

Proprietà del moto dei fluidi: viscosità, moto laminare e turbolento, il numero di Reynolds. Le interazioni fluido-parete e lo strato limite della velocità e della temperatura su lastre piane e nei condotti. La convezione e l'equazione di Newton. I numeri adimensionali. Formulazioni per la convezione forzata in lastra piana. Cenni al teorema di Buckingham. Lo scambio termico nei condotti. Relazioni adimensionali per la convezione forzata. Fenomenologia della convezione naturale. Relazioni adimensionali per la convezione naturale su lastra piana.

MODULO 10

Scambiatori di calore a miscela e a superficie: classificazione e caratteristiche costruttive. Calcolo degli scambiatori a superficie: bilanci di energia, flussi termici ed efficienza. I metodi di calcolo "della carta F" ed epsilon-NTU. Gli impianti di climatizzazione ambientale: i circuiti a circolazione naturale e forzata. I camini.

COMPITO DI ESONERO SUI MODULI DA 6 A 10 COMPRESO.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercizi svolti in aula sui temi trattati a lezione e sviluppo di una monografia di termodinamica sul calcolo completo del ciclo termodinamici e del bilancio energetico di una centrale di cogenerazione a vapore con ciclo Rankine in controcompressione. Sviluppo di una monografia di termocinetica sul calcolo fluidodinamico e termico di un generatore di vapore a tubi di fumo. Laboratori:

1. Misure di temperatura con diversi sensori.
2. Misura di grandezze psicrometriche in un ambiente.
3. Misure su un impianto frigorifero.
4. Misure su uno scambiatore di calore.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Termodinamica:

- M. Calì. P. Gregorio, *Termodinamica*, in 2 voll., Progetto Leonardo, Ed. Esculapio, Bologna, 1997
 Appunti delle lezioni e materiale distribuito dal docente.
- M. Calì. M. Torchio, *Fisica tecnica, Formulario*, Ed. Politeko, 1998 Torino.
- R. Borchellini, M. Calì. M. Torchio, *Fisica tecnica: Esercitazione di Termodinamica*, Ed. Politeko, 1998 Torino.
- R. Borchellini, M. Calì. M. Torchio, *Fisica tecnica: Esercitazione di Termocinetica*, Ed. Politeko, 1999 Torino.

Termocinetica:

Guglielmini G., Pisoni C., *Elementi di trasmissione del calore*, Ed. Veschi Masson, Milano.

Illuminotecnica

Codegone G., *Illuminotecnica*, Ed. Giorgio Torino

Testi ausiliari:

- C. Boffa, P. Gregorio, *Elementi di fisica tecnica*, Levrotto e Bella, Torino, 1974.
- C. Bonacina, A. Cavallini, L. Mattarolo, *Trasmissione del calore*, CLEUP, Padova, 1985.
- P. Brunelli, C. Codegone, *Trattato di fisica tecnica*, Giorgio, Torino, 1974.
- A. Cavallini, L. Mattarolo, *Termodinamica applicata*, CLEUP, Padova, 1990.
- V.A. Kirillin, V.V. Sycev, E. Sejdlin, *Termodinamica tecnica*, Ed. Riuniti, Roma, 1980.
- M.W. Zemansky, M.M. Abbott, H.C. Van Ness, *Fondamenti di termodinamica per ingegneri*, Zanichelli, Bologna.

ESAME

L'esame è costituito da un compito scritto, nel quale si chiede di svolgere esercizi numerici e di rispondere a semplici quesiti di teoria, e da un colloquio orale, durante il quale l'allievo è tenuto a presentare ed illustrare le monografie svolte durante le esercitazioni e a rispondere su argomenti di teoria.

Sono previsti due compiti di esonero, il primo dopo lo svolgimento dei primi cinque moduli, e il secondo al termine del corso.

Anno: 5	Periodo: 2		
Impegno (ore totali)	lezioni: 70	esercitazioni: 20	laboratori: 10
Docente:	da nominare		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso intende fornire le conoscenze necessarie alla valutazione dell'illuminamento naturale ed artificiale per interni ed esterni ed alla elaborazione di progetti di impianti di illuminazione, ampliando e completando le nozioni di illuminotecnica acquisite dall'insegnamento di *Fisica tecnica*, che costituisce un prerequisito essenziale.

PROGRAMMA

Nella prima parte del corso vengono illustrate le caratteristiche della radiazione ed i processi di scambio radiativo.

Vengono quindi introdotte le grandezze fotometriche ed analizzato il processo della visione in tutti i suoi aspetti; particolare attenzione viene posta nella colorimetria ed in una approfondita analisi dei sistemi colorimetrici.

Vengono quindi prese in esame le sorgenti luminose ad incandescenza, luminescenza e fluorescenza ed i vari tipi di apparecchi illuminanti.

Si passa quindi ad i metodi di calcolo dell'illuminamento diretto (per aree all'aperto, campi sportivi, monumenti, ambienti di grandi dimensioni), seguiti da quelli per ambienti chiusi in presenza di superfici riflettenti.

Vengono approfondite le applicazioni a settori specifici: illuminazione stradale e di gallerie, illuminazione di impianti sportivi, di capannoni industriali, di uffici ed ambienti di lavoro con particolare attenzione ai problemi di comfort visivo ed alle considerazioni economico-energetiche.

Vengono infine trattati i principali aspetti dell'illuminazione naturale con i relativi metodi di calcolo.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Calcolo e il progetto di diversi tipi di impianti di illuminazione e misure fotometriche in laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

G. Forcolini, *Illuminazione di interni*, Hoepli, Milano, 1988.

G. Parolini, M. Paribeni, *Tecnica dell'illuminazione*, UTET, 1977.

BIBLIOGRAFIA

A. Monti, *Elementi di fisica*, Zanichelli, 1971.

PASSO GESTIONE ED ESERCIZIO DEI SISTEMI DI TRASPORTO

H2706 IMPIANTI ELETTRICI (PROGETTAZIONE)

Anno 5 Periodo 2
Impegno (ore sett.) lezioni 4 esercitazioni 4
Docente: **Roberto NAPOLI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso è rivolto ad allievi che intendano sviluppare una preparazione professionale nel progetto degli impianti elettrici MT e BT. Dopo una panoramica introduttiva sulle reti di distribuzione, vengono trattati i principali problemi relativi agli impianti elettrici d'utente. Gli allievi saranno impegnati nello sviluppo reale (anche se parziale) del progetto di un impianto elettrico.

REQUISITI

Elettrotecnica.

PROGRAMMA

SISTEMI DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA

Reti di distribuzione pubblica MT e BT. Strutture e componenti. Le cabine di alimentazione. Dimensionamento elettrico e meccanico delle linee. Qualità del servizio elettrico. Armoniche.

PROGETTO DI IMPIANTI ELETTRICI

Norme e definizioni sui progetti. Struttura di un progetto e relativa documentazione. La progettazione integrata. Informatizzazione delle procedure. Capitolati e prezziari.

Impianti elettrici d'utente. Consumi e tariffe. Caratterizzazione dei carichi.

Sistemi di alimentazione per le utenze normali, privilegiate e sicure. Le cabine elettriche d'utente. Criteri progettuali e scelta dei componenti. Quadri MT e BT. Sistemi di rifasamento. Apparecchiature ausiliarie.

Sistemi di distribuzione elettrica. Architetture e scelta dei componenti. Impianti d'illuminazione e di forza motrice. Impianti in ambienti particolari. Impianti di terra e per la protezione contro le scariche atmosferiche.

Impianti elettrici di segnale. Impianti telefonici, rivelazione incendi, trasmissione dati e fonia. L'edificio intelligente e sistemi a bus.

Gestione e controllo dei sistemi elettrici.

Impianti elettrici speciali (cenni)

Impianti elettrici per i trasporti (ferrovie, metropolitane, tram). Impianti elettrici negli aeroporti e negli aeromobili. Impianti elettrici nei porti e nelle navi. Impianto elettrico nell'autoveicolo.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nello sviluppo e nella discussione di esercizi di scelta e dimensionamento.

Gli allievi, suddivisi in gruppi, dovranno discutere sviluppare il progetto dell'impianto elettrico di un insediamento civile o industriale, preparando (in parte) i vari documenti progettuali. Ciò richiederà agli allievi un impegno particolare, soprattutto per sviluppare gli elaborati progettuali utilizzando tecniche CAD.

BIBLIOGRAFIA

Appunti dalle lezioni.

Documentazione normativa e commerciale

Cataliotti: *Impianti elettrici*. Ed. Flaccovio, Palermo

TuttoNormel: *Documentazione di progetto degli impianti elettrici*

5. Applicazione di programmi di calcolo commerciali al progetto di reti elettriche BT.
6. Progetto di impianti di rifasamento.
7. Visite a cabine elettriche.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento: nessuno

Testi ausiliari:

Iliceto, *Impianti elettrici*, Patron.

Cataliotti, *Impianti elettrici*, Flaccovio.

- ### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI
1. Componenti simmetriche: definizione e proprietà.
 2. Applicazione del metodo delle componenti simmetriche per il calcolo delle configurazioni di guasto. Modelli di sequenza dei principali componenti.
 3. Calcolo delle correnti di corto circuito secondo norma IEC 908.
 4. Teoria di riferimento su argomenti fondamentali (note di laboratorio).

- soluzione delle equazioni di load-flow
- dispacciamento ottimale puramente termico con e senza perdite
- dispacciamento ottimale misto
- coordinamento dell'isolamento

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Cataliotti, *Impianti elettrici*, Vol. 2, Flaccovio,

Testi ausiliari:

Iliceto, *Impianti Elettrici*, Patron

Grainger, *Stevenson: Power System Analysis*, Mc Graw Hill

Elgerd, *Electric Energy System Theory*, Mc Graw Hill

Weedy, *Electric Power Systems*, Wiley

ESAME

Prove scritte di accertamento al termine di ogni modulo. Colloquio orale finale.

Per gli allievi che non usufruiranno degli accertamenti, è previsto un esame finale, con scritto di ammissione e prova orale.

H2720 IMPIANTI INDUSTRIALI

Anno: 4	Periodo: 2
Impegno (ore totali)	lezioni: 62 esercitazioni: 38
Docente:	Francesco SPIRITO

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è far conoscere i principali problemi, attinenti agli impianti industriali, con i quali i futuri ingegneri verranno a contatto durante la loro attività professionale e fornire i criteri di progettazione e di gestione degli impianti stessi.

REQUISITI

Statistica, ricerca operativa.

PROGRAMMA

Criteri di progettazione degli impianti industriali. La disposizione dei macchinari e dei reparti. Applicazione di metodi di ricerca operativa alla progettazione degli impianti industriali. I trasporti interni agli stabilimenti industriali. Impianti generali di distribuzione dell'acqua, dell'aria compressa e degli altri servomezzi occorrenti negli stabilimenti industriali. Impianti di trattamento e ricircolo delle acque primarie e di scarico. Trattamento dei fanghi e dei rifiuti solidi. Impianti di aspirazione e filtrazione delle polluzioni atmosferiche prodotte nelle lavorazioni industriali. Isolamento e riduzione dei rumori e delle vibrazioni in campo industriale.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Progettazione di massima di un impianto industriale.

BIBLIOGRAFIA

A. Monte, *Elementi di impianti industriali*, Cortina, Torino.

H2780 IMPIANTI PER LA COGENERAZIONE E IL RISPARMIO ENERGETICO

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 3	esercitazioni: 3
Docente:	da nominare	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di esaminare i sistemi a energia totale, evidenziando le caratteristiche tecniche ed economiche che li contraddistinguono, e mettendo in evidenza le varie forme di risparmio energetico che possono essere avviate in un processo di razionalizzazione e corretto uso dell'energia nei processi industriali.

REQUISITI

Energetica I/Sistemi energetici I, Energetica II/Sistemi energetici II.

PROGRAMMA

- *Sistemi ad energia totale*
Premesse termodinamiche. La cogenerazione di calore e potenza. Il ciclo di turbina a vapore, a recupero totale e parziale. Il ciclo della turbina a gas. Il ciclo combinato gas-vapore. Il ciclo binario. Il ciclo del motore Diesel.
- *Prestazione di un sistema a cogenerazione*
Definizione di processo, sistema e centrale di cogenerazione. Classificazione. Condizioni nominale di un sistema di cogenerazione. Parametri significativi.
Criteri economici di valutazione dei costi di costruzione dei sistemi di cogenerazione, del costo di distribuzione dell'energia, dei costi di gestione, e di mantenimento in efficienza.
- *Cogenerazione e teleriscaldamento*
Caratteristiche dell'impianto sotto il profilo energetico e di impatto ambientale. Analisi di fattibilità del teleriscaldamento urbano.
- *Alcune soluzioni* di produzione combinata elettricità-calore. Il sistema Totem. L'impianto di cogenerazione di Vallette. L'impianto di cogenerazione di Torino sud.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni numeriche relative a sistemi cogenerativi reali.

H2800 IMPIANTI SPECIALI IDRAULICI

Anno: 5	Periodo: 2
Impegno (ore totali)	lezioni: 60 esercitazioni/laboratori: 40
Docenti:	Enzo BUFFA, Paolo MOSCA

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso intende dare agli ingegneri elettrici impiantisti le necessarie informazioni riguardanti l'idraulica di base e la costruzione ed il funzionamento dei sistemi di generazione idroelettrici.

È suddiviso in due parti, la prima con argomenti di idraulica generale propedeutici alla seconda parte, che comprende tipologie e metodi di calcolo e progettazione della parte idraulica degli impianti idroelettrici.

PROGRAMMA

Prima parte.

Idraulica generale, idrostatica e dinamica dei fluidi perfetti, dinamica dei fluidi reali, condotte in pressione, canali, colpo d'ariete, equazioni di base delle macchine idrauliche (Eulero).

Seconda parte.

Idrologia, tipologia impiantistica, cenni su dighe e traverse, condotte forzate, pozzi piezometrici, camere valvole, centrali.

H2820 IMPIANTI TERMOTECNICI

Anno: 5	Periodo: 2
Impegno (ore sett.):	lezioni: 4 esercitazioni/laboratori: 4
Docente:	da nominare

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso, di taglio fortemente applicativo, è destinato alla formazione di figure professionali quali il progettista di impianti, il responsabile del settore impianti, ambiente, o "energy manager" nell'industria, il funzionario di ente pubblico preposto ai settori dell'energia e dell'ambiente. Elemento didattico fondamentale è lo sviluppo delle esercitazioni progettuali, attorno alle quali è costruito il programma del corso.

PROGRAMMA

Classificazione e descrizione generale degli impianti termotecnici. Richiami di termodinamica, meccanica dei fluidi e trasmissione del calore (2 h).

Principi della climatizzazione ambientale: teoria di Fanger del confort termoigrometrico; qualità dell'aria negli ambienti confinati; requisiti e condizioni di progetto per il dimensionamento degli impianti di climatizzazione (4 h).

Bilancio energetico di un edificio climatizzato: calcolo del carico termico in condizioni invernali ed estive; riferimenti normativi; analisi delle principali metodologie di calcolo manuale ed informatizzato; richiami sulla termodinamica dell'aria umida (6 h).

Impianti di climatizzazione a tutta aria, misti aria-acqua, a sola acqua ed autonomi: descrizione delle principali tipologie e metodi di dimensionamento; criteri di scelta delle tipologie di impianto, problemi installativi; conduzione e manutenzione degli impianti; cenni alla regolazione degli impianti (8 h).

Reti di distribuzione dei fluidi (aria ed acqua); canali di distribuzione dell'aria: dimensionamento con i metodi a velocità imposta, a caduta di pressione costante e a recupero di pressione statica; scelta del ventilatore, verifica e bilanciamento; tubazioni di distribuzione dell'acqua: dimensionamento della rete, verifica e bilanciamento (6 h).

Impianti di riscaldamento e ventilazione per edifici civili e industriali: tipologie costruttive; problemi di installazione e conduzione; ventilazione naturale e forzata (4 h).

Generatori di calore: tipologie costruttive, bilancio energetico, definizioni e metodi di misura dei rendimenti; camini: metodi di dimensionamento e verifica; riferimenti normativi (4 h).

Normativa per la sicurezza dei generatori di calore e degli apparecchi in pressione (D.M. 1.12.75). Problemi di prevenzione incendi nelle centrali termiche. Normativa per l'installazione delle apparecchiature domestiche a gas (4 h).

Scambiatori di calore: tipologie costruttive; dimensionamento con i metodi LMTD e NTU; norme TEMA. Cenni al comportamento termico in transitorio e al dimensionamento strutturale (4 h).

Centrali per la produzione del freddo: macchine frigorifere e compressione e ad assorbimento; richiami sui cicli termodinamici; compatibilità ambientale dei fluidi refrigeranti; principali tipologie di impianto, aspetti progettuali ed installativi; impianti a pompa di calore (4 h).

Energetica degli impianti di climatizzazione. La normativa italiana sul risparmio energetico (legge 10/91, regolamenti di attuazione e norme di supporto); metodologie di analisi del consumo di energia per climatizzazione; soluzioni progettuali per il risparmio energetico (recupero termico, free cooling, accumulo giornaliero, sistemi di supervisione, ecc.) (4 h).

Sistemi di cogenerazione: impianti basati su turbine a vapore, turbine a gas e motori alternativi a combustione interna; struttura delle tariffe elettriche, costo dei combustibili e contratti di gestione energetica; criteri di convenienza e metodi di analisi tecnico-economica di sistemi di cogenerazione; sistemi di riscaldamento urbano; esempi di realizzazioni impiantistiche (4 h).

Ventilazione delle gallerie: tipologie di impianto; metodi di dimensionamento (2 h).
Impatto ambientale degli impianti; emissioni inquinanti in atmosfera: normativa di riferimento, effetti e tecniche di abbattimento; il rumore degli impianti: normativa di riferimento, effetti e tecniche di mitigazione (2 h).

Impianti antincendio: principi della prevenzione incendi, requisiti edilizi, sistemi di rilevazione, tipologie degli impianti di spegnimento (6 h).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni di progetto:

Progetto degli impianti di climatizzazione di un complesso industriale (stabilimento/uffici):: calcolo dei carichi termici estivi ed invernali, scelta delle tipologie di impianto e dimensionamento dei componenti fondamentali, schemi funzionali, progetto delle reti di distribuzione aria e acqua.

Progetto della centrale termofrigorifera del complesso industriale: dimensionamento dei generatori di calore e dei gruppi frigoriferi, dimensionamento dei camini, schemi funzionali, apparecchiature di sicurezza e prevenzione incendi.

Esercitazione di laboratorio:

esperienza di utilizzazione di un banco sperimentale sulla climatizzazione ambientale.

Verranno inoltre organizzate visite ad impianti termotecnici esistenti.

BIBLIOGRAFIA

Il docente mette a disposizione degli studenti una raccolta di documenti (leggi, normative, articoli, ecc.) per lo svolgimento delle esercitazioni di progetto e per l'approfondimento dei temi trattati. Quali testi di riferimento per ulteriori approfondimenti si segnalano:

Anselmi, Lorenzi. "Elementi di impianti di riscaldamento" e "Elementi di impianti di condizionamento dell'aria". Ed. Masson.

Amerio, Sillitti. "Elementi di impianti tecnici". Ed. SEI.

Pizzetti. "Il condizionamento dell'aria". Ed. Masson.

Andreini, Pitimada. "Riscaldamento degli edifici". Ed. Hoepli.

Alfano, Filippi, Sacchi. "Impianti di climatizzazione per l'edilizia". Ed. Masson.

"ASHRAE Handbook" (4 volumi).

ESAME

Prova scritta che consiste in una domanda di teoria, un esercizio numerico e nel commento ad uno schema di impianto; colloquio orale relativo alle sole esercitazioni di progetto e di laboratorio, che potranno essere svolte in gruppi di due (massimo tre) persone. La valutazione si basa per il 50% sulle esercitazioni e per il 50% sulla prova scritta.

H3000 INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Anno: 5	Periodo: 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni/laboratori: 2
Docente:	Elio PICCOLO	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di illustrare le problematiche connesse all'intelligenza artificiale e le relative metodologie. I temi fondamentali riguardano i modelli base del comportamento intelligente, la costruzione di macchine che li simulino, la rappresentazione della conoscenza, i limiti per cui l'intelligenza è descritta dalla valutazione di regole, dall'inferenza, dalla deduzione e dal computo di *pattern*. Si prenderanno in esame le architetture dei sistemi di apprendimento e come essi rappresentano la loro conoscenza del mondo esterno. Il corso è integrato da esercitazioni pratiche durante le quali lo studente apprenderà l'uso di linguaggi non algoritmici, quali LISP e Prolog, di *shell* di sistemi aperti e di altri strumenti di intelligenza artificiale.

PROGRAMMA

Strategie per la risoluzione di problemi.

Soluzioni nello spazio degli stati. Soluzione per decomposizione in sotto-problemi. Ricerca in ampiezza, profondità e mediante euristica.

Logica: monotona, non monotona, fuzzy.

La logica proposizionale. La logica del primo ordine. La logica di ordine superiore. Le logiche modali e temporali. Procedure di decisione. *Fuzzy logic.*

Rappresentazione della conoscenza.

Le reti semantiche. Le regole di produzione. I *frame*. Gli approcci ibridi. Confronti in termini di espressività, potere deduttivo, applicabilità. Modelli di ragionamento e di apprendimento: incertezza, inferenza bayesiana, *belief*. Architetture che imitano i sistemi biologici: reti neurali, connessionismo, memoria distribuita sparsa.

Sistemi basati sulla conoscenza.

I sistemi esperti: problematiche e classificazioni, con particolare riguardo alle applicazioni degli stessi in ambiti tecnico-ingegneristici: apprendimento automatico; interfaccia utente nell'ambito dei sistemi basata sulla conoscenza: modelli sintattici e semantici per la comprensione del linguaggio naturale, traduzione automatica.

Cenni di robotica: cinematica e dinamica del moto dei *robot* e modelli del mondo esterno per i *robot*.

Linguaggi non procedurali.

I linguaggi funzionali con particolare attenzione al LISP. I linguaggi logici, con particolare attenzione al Prolog.

Riconoscimento e comprensione.

Tecniche di riconoscimento di configurazioni (pattern recognition, approccio statico e sintattico). Il riconoscimento delle immagini. Il riconoscimento del parlato.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esecuzione di progetti di varia natura, tramite le metodologie presentate a lezione, legati ad applicazioni tecnico-ingegneristiche: tecniche per la valutazione di regole; tecniche facenti uso di sistemi esperti in domini ristretti e *shell* di sistemi esperti; sistemi di riconoscimento del linguaggio; reti neuroniche; giochi intelligenti; riconoscitori di immagini o di parlato.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

E. Rich, *Intelligenza artificiale*, McGraw-Hill, Milano.

N.J. Nilsson, *Metodi per la risoluzione dei problemi nell'intelligenza artificiale*, Angeli, Milano.

Testo ausiliario:

I. Bratko, Programmare in Prolog per l'intelligenza artificiale, Masson - Addison-Wesley, Milano.

ESAME

Per il superamento dell'esame, oltre a sostenere una prova orale, l'allievo dovrà approfondire uno degli argomenti del corso, a sua scelta, svolgendo una tesina e sviluppando una parte sperimentale.

LABORATORI E/O ESERCIZI

Le esercitazioni sono svolte in laboratorio. L'attività di laboratorio è svolta in piccoli gruppi di lavoro. Le esercitazioni sono svolte in piccoli gruppi di lavoro. Le esercitazioni sono svolte in piccoli gruppi di lavoro.

ESERCIZI

Le esercitazioni sono svolte in laboratorio. L'attività di laboratorio è svolta in piccoli gruppi di lavoro. Le esercitazioni sono svolte in piccoli gruppi di lavoro.

ESERCIZI

Le esercitazioni sono svolte in laboratorio. L'attività di laboratorio è svolta in piccoli gruppi di lavoro. Le esercitazioni sono svolte in piccoli gruppi di lavoro.

Le esercitazioni sono svolte in laboratorio. L'attività di laboratorio è svolta in piccoli gruppi di lavoro. Le esercitazioni sono svolte in piccoli gruppi di lavoro.

Le esercitazioni sono svolte in laboratorio. L'attività di laboratorio è svolta in piccoli gruppi di lavoro. Le esercitazioni sono svolte in piccoli gruppi di lavoro.

Le esercitazioni sono svolte in laboratorio. L'attività di laboratorio è svolta in piccoli gruppi di lavoro. Le esercitazioni sono svolte in piccoli gruppi di lavoro.

Le esercitazioni sono svolte in laboratorio. L'attività di laboratorio è svolta in piccoli gruppi di lavoro. Le esercitazioni sono svolte in piccoli gruppi di lavoro.

Le esercitazioni sono svolte in laboratorio. L'attività di laboratorio è svolta in piccoli gruppi di lavoro. Le esercitazioni sono svolte in piccoli gruppi di lavoro.

Le esercitazioni sono svolte in laboratorio. L'attività di laboratorio è svolta in piccoli gruppi di lavoro. Le esercitazioni sono svolte in piccoli gruppi di lavoro.

Le esercitazioni sono svolte in laboratorio. L'attività di laboratorio è svolta in piccoli gruppi di lavoro. Le esercitazioni sono svolte in piccoli gruppi di lavoro.

Anno: 5

Periodo: 1

Impegno (ore sett.)

lezioni: 4

esercitazioni: 2

laboratori: 2

Docente:

Evasio LAVAGNO**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di analizzare le metodologie e le procedure di localizzazione di impianti, infrastrutture e sistemi energetici con particolare attenzione rivolta alle soluzioni tecnologiche di salvaguardia ambientale. La scelta tra soluzioni alternative, a parità di servizi resi, viene impostata sulla base di un approccio di tipo sistemico, che si pone obiettivi di razionalizzazione tecnico-economica ed ambientale. Viene sviluppata una applicazione progettuale con caratteristiche di studio di fattibilità.

REQUISITI

Fisica tecnica, Macchine, (Energetica e sistemi nucleari).

PROGRAMMA

- Elementi di ecologia e di energetica. [8 ore]

(gli argomenti segnati con * verranno sviluppati principalmente per gli studenti che non hanno seguito il corso di *Energetica e sistemi nucleari*).

Elementi di ecologia *

Gli ecosistemi. Gli elementi costitutivi dell'ambiente naturale e i principali cicli materiali nell'ambiente naturale. Le perturbazioni naturali e antropogeniche.

Le forme e le trasformazioni dell'energia *

Le forme dell'energia. Le trasformazioni dell'energia: spontanee, reversibili, irreversibili.

Energia, exergia, anergia. Analisi energetica di processi e sistemi: metodi, modelli e applicazioni.

Cenni storici e scenari per il futuro *

I contributi delle varie forme primarie al soddisfacimento dei fabbisogni; fonti primarie, risorse, riserve; processi di trasformazione; fabbisogni energetici ed usi finali. Evoluzione storica dei consumi; descrizione di alcune situazioni nazionali caratteristiche; previsioni e scenari. La situazione italiana nel contesto europeo.

L'approccio sistemico all'analisi dei sistemi energetici.

I cicli energetici: le fonti primarie e quelle rinnovabili. L'energia nucleare. I combustibili fossili: carbone, olio, gas naturale. I combustibili secondari: i prodotti delle trasformazioni del carbone e della biomassa. Il ciclo dell'idrogeno.

- Gli impianti, i cicli ed i sistemi energetici. [20 ore]

Impianti e sistemi per la produzione di energia elettrica e di energia termica.

I processi di combustione (richiami). Caldaie, turbine a vapore e a gas, motori alternativi; cicli combinati; celle a combustibile. Impianti nucleari. La produzione combinata di energia elettrica e termica. Le pompe di calore.

Schemi di impianto.

Descrizione di alcune schemi particolarmente significativi in merito alle soluzioni tecnologiche adottate per la riduzione dell'impatto e del rischio ambientali.

Valutazioni qualitative e quantitative dei rilasci di esercizio e dei rilasci incidentali.

Tecniche di controllo e riduzione delle emissioni.

La prevenzione del rischio.

Le infrastrutture necessarie per la gestione dei cicli energetici.

Il vettore energetico dell'energia e le reti energetiche. Le interconnessioni sovranazionali.

Il ciclo completo del combustibile e l'impatto ambientale complessivo.

- Il contesto normativo in merito ai processi di localizzazione dei sistemi energetici e agli standards ambientali. [8 ore]

Norme e procedure della legislazione nazionale ed internazionale.

- Gli standards di qualità ambientale. Normativa USA, CEE ed italiana.

Analisi critica di alcuni casi rilevanti di processi localizzativi.

Le localizzazioni di impianti elettronucleari.

- Analisi di impianti e sistemi energetici. [24 ore]

Definizione dei parametri di valutazione.

In termini di validità: tecnologica, energetica, socio-economica, territoriale, ambientale. Le analisi costi/benefici.

Criteri e metodi per la valutazione delle alternative.

La modellazione dei sistemi energetici. Modelli integrali. Modelli per la valutazione delle alternative di localizzazione. Le procedure per la scelta e la qualificazione dei siti: l'esperienza nucleare.

Energia e aree urbane.

La pianificazione energetica territoriale. Le aree urbane. La zonizzazione territoriale.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni e le attività del laboratorio didattico consistono nello sviluppo di casi concernenti diversi sistemi energetici, produttivi e/o territoriali. Verrà sviluppata una applicazione a livello di studio di fattibilità.

BIBLIOGRAFIA

Verrà messo a disposizione materiale di documentazione e verranno forniti riferimenti bibliografici.

ESAME

Il colloquio di esame comprende la discussione degli elaborati di esercitazione e laboratorio.

H3110 **MACCHINE**

Anno: 4	Periodo: 2	
Impegno (ore totali)	lezioni: 65	esercitazioni: 35
Docente:	Paolo CAMPANARO	

Nel corso sono esposti i principi termodinamici e fluidodinamici necessari ad una corretta comprensione del funzionamento delle turbomacchine a fluido. Di queste viene poi sviluppata l'analisi del funzionamento nei tipi di più comune impiego, con l'approfondimento richiesto dall'obiettivo di far diventare l'allievo nella sua futura attività professionale un accorto utilizzatore, sia nella scelta delle macchine stesse sia nel loro esercizio. A questo scopo vengono esaminati problemi di scelta, di installazione, di regolazione, sia in sede di lezione sia in sede di esercitazione, dove vengono esemplificate le necessarie calcolazioni.

REQUISITI

Sono nozioni propedeutiche essenziali quelle presenti nel corso di *Fisica Tecnica* e, in parte, nel corso di *Meccanica Applicata alle Macchine*.

PROGRAMMA

"TERMOFLUIDODINAMICA" (2 crediti)

- Considerazioni generali sulle macchine a fluido motrici ed operatrici. Classificazioni. Principio della Termodinamica in sistemi chiusi e aperti. Fluidodinamica nelle macchine. Effusori e diffusori, geometria dei condotti. [10+8 ore]

"TURBINE A VAPOR D'ACQUA" (3 crediti)

- Cicli e schemi di impianti a vapore d'acqua; mezzi per migliorare il rendimento dell'impianto. Cicli rigenerativi. Impianti a vapore con produzione combinata di energia meccanica e termica. [8+5 ore]
- Turbine. Triangoli di velocità. Stadi ad azione e a reazione, portate, potenze, funzionamento in condizione di progetto. Turbine assiali e radiali. Dimensionamento. Funzionamento fuori progetto della turbina. Regolazione degli impianti a vapore. La condensazione. [12+8 ore]

"TURBOMACCHINE A GAS" (3 crediti)

- Turbocompressori di gas; classificazione, funzionamento. Generalità sui turbocompressori. Similitudine di funzionamento. Caratteristica adimensionata di un turbocompressore. La regolazione dei turbocompressori. [10+4 ore]
- Turbine a gas; considerazioni termodinamiche sul ciclo, ciclo ideale e ciclo reale. Funzionamento in condizione di massimo lavoro e di massimo rendimento. Prestazioni, mezzi per migliorare il rendimento dell'impianto. Organizzazione meccanica dell'impianto, schema monoalbero e bialbero, funzionamento e regolazione degli impianti. Ciclo con aria e ciclo con elio: analisi comparata delle due soluzioni. I cicli combinati. [13+4 ore]

"TURBOMACCHINE IDRAULICHE" (2 crediti)

- Turbine idrauliche: le turbine Pelton, le turbine Francis, le turbine Kaplan, loro funzionamento. Le condizioni di massimo rendimento. La regolazione delle turbine idrauliche. [7+3 ore]
- Le turbopompe: prestazioni, funzionamento, regolazione. Caratteristica della turbopompa. La cavitazione nelle turbopompe. Le pompe-turbine. [5+3 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Il corso delle esercitazioni prevede specifiche applicazioni di calcolo sulle turbomacchine trattate a lezione. Tali applicazioni consentono di preparare l'allievo al superamento della prova scritta d'esame.

BIBLIOGRAFIA

- Appunti delle lezioni e delle esercitazioni sono messi a disposizione degli allievi.
Giuseppe Cantore "Macchine" Progetto Leonardo 1996 ed. Esculapio (Bologna).
Giovanni Lozza "Turbine a gas e cicli combinati" Progetto Leonardo 1996 ed Esculapio (Bologna).

ESAME

L'esame consiste nel superamento di una prova scritta e di una prova orale. La prova scritta serve a valutare la capacità dell'allievo a risolvere problemi applicativi sulle turbomacchine. La prova scritta e la prova orale sono svolte all'interno dello stesso appello d'esame.

Anno: 4	Periodo: 1		
Impegno (ore totali)	lezioni: 80	esercitazioni: 20	laboratori: 15
Docente:	Paolo FERRARIS		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di introdurre le metodologie fondamentali utili all'analisi del funzionamento di quei dispositivi elettromeccanici statici o rotanti che possono pensarsi alla base della realizzazione delle principali macchine elettriche nella loro veste industriale.

Su tali basi ci si propone di analizzare i fenomeni più elementari del funzionamento delle quattro macchine classiche e di procedere, ove possibile, ad una loro descrizione quantitativa. Cenni alle tecniche realizzative delle macchine sono introdotti limitatamente a quanto necessario per formulare un modello fisico studiabile. Questo aspetto dovrebbe essere parzialmente completato da ricognizioni su macchine industriali.

REQUISITI

Nozioni propedeutiche sono quelle relative alle fenomenologie elettriche e magnetiche, ed alle tecniche elementari per la realizzazione di dispositivi elettromeccanici. Esse sono riconducibili ai contenuti dei corsi di *Fisica* e di *Elettrotecnica I e II*.

PROGRAMMA

- Trasformatori.

Avvolgimento percorso da corrente, grandezze caratteristiche, circuito equivalente elettrico e magnetico, convenzioni di segno. Circuiti magneticamente accoppiati, circuito equivalente elettrico e magnetico; principio di dualità; equazioni e funzionamento.

Trasformatore monofase ideale; adattatore di impedenza. Trasformatore monofase reale: corrente magnetizzante; circuiti magnetici reali; perdite nel ferro; trasformatore in regime sinusoidale; diagramma vettoriale; simulazione delle perdite nel ferro. Potenza nominale; rendimento. Funzionamento a vuoto; funzionamento in corto circuito; determinazione dei parametri caratteristici; le perdite addizionali. Funzionamento sotto carico; variazione di tensione da vuoto a carico; diagramma di Kapp. Funzionamento in parallelo di trasformatori monofasi; analisi di comportamento e condizioni di buon funzionamento.

Trasformatori trifasi. Circuito magnetico equivalente; semplificazioni in caso di buona simmetria. Tipo di collegamenti, gruppi di appartenenza. Funzionamento a vuoto, effetto della saturazione. Effetto della presenza di un avvolgimento a triangolo sui flussi omopolari. Funzionamento con carichi squilibrati, a seconda del tipo di collegamento primario. Trasformatore con collegamento a zig-zag.

Autotrasformatore; funzionamento e peculiarità; parametri caratteristici.

- Macchine rotanti in corrente alternata.

Strutture delle macchine rotanti: definizione di *fmm* distribuita prodotta da conduttori posti al traferro, *fmm* dovuta a una o più spire, analisi armonica delle distribuzioni spaziali di *fmm*.

Effetto di un avvolgimento percorso da corrente sinusoidale. Campo rotante di tre avvolgimenti percorsi da una terna di correnti equilibrate; definizione del numero di spire equivalenti per la produzione di *fmm*.

Rappresentazione di *fmm* al traferro mediante vettori spaziali. Flusso al traferro, riluttanza equivalente, vettore flusso. Flusso concatenato e *fem*, in spire al traferro in regime sinusoidale. Fattori di avvolgimento, numero di spire equivalenti dal punto di vista della generazione di *fem*; dipendenza dal tipo di avvolgimento.

Rappresentazione mediante vettori spaziali di tutte le grandezze di macchina e di avvolgimento.

- *Macchine sincrone trifasi.*

Tipi di strutture e definizioni.

Macchina isotropa in condizioni di linearità magnetica. Equazioni elettriche e magnetica in regime sinusoidale. Diagramma vettoriale.

Determinazione della corrente di eccitazione note le condizioni elettriche di carico. Effetti della reazione di indotto. La reattanza sincrona. Circuito equivalente in linearità di una macchina isotropa. Effetto della saturazione.

Individuazione degli assi privilegiati di macchina note le condizioni di carico. Scomposizione di tutte le grandezze di macchina secondo componendi d e q . Analisi del funzionamento con carichi reattivi. Caratteristiche a corrente costante a $\cos(\phi)=0$; il triangolo di Potier.

Fenomeni di autoeccitazione, caratteristica di autoeccitazione. Diagramma circolare, curve a V , la macchina sincrona come carico reattivo fittizio. Caratteristica elettromeccanica della macchina isotropa, condizioni di stabilità.

Macchine anisotrope, effetti distorcimenti dell'anisotropia. Scomposizione delle equazioni secondo i due assi, reattanza sincrona diretta e in quadratura. Diagramma vettoriale. Caratteristica elettromeccanica delle macchine anisotrope.

Conno ai problemi di misura di parametri delle macchine sincrone.

- *Macchine a induzione.*

Struttura e funzionamento qualitativo.

F_{em} indotte e f_{mm} prodotte da sistemi polifasi di avvolgimenti statorici e rotorici.

Funzionamento a rotore fermo come sfasatore. Funzionamento a rotore in movimento, scorrimento. Rappresentazione con vettori spaziali delle grandezze statoriche e rotoriche.

Interpretazione del funzionamento mediante circuito equivalente primario e secondario.

Deduzione e interpretazione del circuito equivalente completo. Rapporto di trasformazione per le correnti e per le f_{mm} . Circuito equivalente riportato al primario e sue elaborazioni. Diagramma circolare.

Potenza in gioco nella macchina a induzione e loro interdipendenza. Caratteristica elettromeccanica e sue peculiarità. Il ruolo della resistenza rotorica, e degli altri parametri fondamentali.

Le rette caratteristiche sul diagramma circolare.

- *Macchine a corrente continua.*

Generalità, l'anello di Pacinotti, deduzioni della struttura classica per la macchina in cc.

L'avvolgimento rotorico ed il commutatore a lamelle. F_{em} e coppia prodotta in macchina a eccitazione indipendente. Reazione di indotto e suoi effetti, effetto dello spostamento del piano di commutazione. Il fenomeno della commutazione, gli avvolgimenti ausiliari e di compensazione.

Caratteristica elettromeccanica e sua utilizzazione mediante regolazione nell'armatura e nel campo. La regolazione a potenza costante, significato delle regolazioni miste.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula mirano ad illustrare gli aspetti essenziali degli argomenti svolti a lezione con esempi dei tipi di funzionamento delle macchine e delle loro applicazioni più rilevanti dal punto di vista pratico.

Particolare importanza è data alla risoluzione per via analitica e grafica, dei problemi concernenti il funzionamento e la costruzione delle macchine elettriche più importanti al fine di produrre una acquisizione diretta di notizie circa gli ordini di grandezza di parametri elettrici meccanici e termici che condizionano il funzionamento ed il progetto delle più comuni macchine.

Le esercitazioni di laboratorio avranno lo scopo di verificare su macchine reali i principali fenomeni descritti a lezione ed i dati ottenuti nelle esercitazioni in aula.

BIBLIOGRAFIA

A. Carrer, *Macchine elettriche*. Vol. 1-4, Levrotto & Bella, Torino.

S. Crepaz, *Macchine elettriche*, CLUP, Milano.

G. Someda, *Elementi di costruzione delle macchine elettriche*, Patron, Bologna.

Fitzgerald, Kingsley, *Electric machinery*, McGraw-Hill, New York.

H3204 MECCANICA ANALITICA (r)

Anno: 2	Periodo: 2	
Impegno (ore totali)	lezioni: 30	esercitazioni: 20
Docente:	Franco PIAZZESE	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso approfondisce alcuni argomenti fondamentali di fisica classica – indispensabili tanto nello studio di qualsiasi argomento di fisica moderna quanto in numerose applicazioni – che nei corsi di fisica di base non hanno potuto essere trattati, non solo per la scarsità del tempo ma anche per la metodologia necessaria. Vengono impiegati gli strumenti matematici appropriati, in parte noti da altri corsi (quali il calcolo differenziale ed integrale e l'algebra lineare) ed in parte introdotti nel corso (per esempio, il calcolo delle variazioni). Per il carattere culturale, il corso offre conoscenze non effimere di base, di interesse in numerose applicazioni scientifico-tecniche.

REQUISITI

Gli argomenti fondamentali dei corsi di: Analisi matematica I e II, Geometria e Fisica generale I.

PROGRAMMA

Vincoli. Gradi di libertà. Sistemi olonomi. Energia cinetica di un sistema olonomo. Spostamenti virtuali. Principio dei lavori virtuali. Equazioni di Lagrange. Potenziale dipende dalle velocità. Funzione di dissipazione di Rayleigh. Piccole oscillazioni. Linearizzazione delle equazioni del moto. Elementi del calcolo delle variazioni. Principio di Hamilton. Deduzione delle equazioni di Lagrange dal principio di Hamilton. Estensione del principio di Hamilton a sistemi non conservativi e non olonomi. Vantaggi della formulazione variazionale. Analogie fisiche. Teoremi di conservazione e proprietà di simmetria.

Cenni sul problema dei due corpi. Riduzione ad un problema ad un corpo equivalente.

Cinematica del corpo rigido. Angoli di Eulero. Parametri di Cayley-Klein. Teorema di Eulero sul moto di un corpo rigido con un punto fisso. Rotazioni finite e infinitesime. Dinamica relativa.

Dinamica del corpo rigido. Momento angolare ed energia cinetica. Tensore d'inerzia. Ellissoide d'inerzia. Equazioni del moto di Eulero. Costruzione di Poincaré. Moto di una trottola pesante: quadrature e cenni sulle soluzioni.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono previste esercitazioni su argomenti svolti nelle lezioni.

BIBLIOGRAFIA

H. Goldstein, *Classical Mechanics* (2 Edizione), Addison-Wesley (1980).

Esiste anche l'edizione italiana (Zanichelli, Bologna (1971)), che, essendo la traduzione della prima edizione americana (1950) è meno consigliata.

Per eventuali approfondimenti:

A. Fasano - S. Marmi, *Meccanica Analitica*, Bollati Boringhieri (1994).

C. Cercignani, *Spazio, tempo, movimento*, Zanichelli, Bologna (1976).

ESAME

Agli studenti che hanno seguito regolarmente il corso si consiglia di sostenere al termine una prova scritta vertente tanto su esercizi quanto su domande di teoria, sull'intero programma svolto. Per ottenere la massima votazione è richiesto, inoltre, di presentare, in forma seminariale, un argomento a scelta concordato con il docente. La valutazione d'esame, effettuata in base alle prove di cui sopra, sarà registrata nel corso delle regolari sessioni d'esame.

Esiste in ogni caso la possibilità di sostenere l'esame -consistente in una prova orale o scritta con discussione- presentandosi agli appelli d'esame.

Anno: 3

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezioni: 6

esercitazioni: 4

Docente:

Guido BELFORTE

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è quello di esaminare le leggi fondamentali che regolano il funzionamento dei dispositivi meccanici e delle macchine, di effettuare l'analisi funzionale dei componenti meccanici e l'analisi dinamica dei sistemi meccanici.

REQUISITI

Nozioni di meccanica di base.

PROGRAMMA

- Ruote dentate e rotismi. Trasmissione del moto tra assi paralleli, incidenti e sghembi. Ruote ad attrito. Profilo dei denti. Ruote cilindriche a denti diritti: elementi geometrici, interferenza, proporzionamento modulare, minimo numero di denti, forze scambiate e reazioni sui supporti. Ruote cilindriche a denti elicoidali: elementi geometrici, grandezze normali e frontali, forze scambiate e reazioni sui supporti. Ruote coniche: elementi geometrici, ruota piano conica, forze scambiate e reazioni sui supporti. Ruote cilindriche a denti elicoidali tra assi sghembi. Coppia vite senza fine e ruota elicoidale. Rotismi ordinari ed epicicloidali. Differenziali e cambi di velocità. [18 ore]
- Aderenza ed attrito. Attrito radente e volvente. Impuntamento. Applicazioni al moto di ruote e veicoli, quadrilateri, supporti a rotolamento, montaggio di perni. Sistema vite e madrevite: rendimento, reversibilità, viti differenziali. Freni a ceppi piani, a tamburo, a disco. Frizioni piane, multiple, coniche. [18 ore]
- Trasmissione del moto con flessibili: cinghie piane e trapezoidali (rapporto di trasmissione, rendimento, ecc.), funi, catene, paranchi. [6 ore]
- Giunti di trasmissione: elastici, articolati, giunto di Cardano, giunti omocineticici. Sistemi con camma e punteria. [4 ore]
- Supporti a rotolamento e lubrificati. Proprietà dei lubrificanti, teoria elementare della lubrificazione, perni e pattini lubrificati. [6 ore]
- Equilibri dinamici. Applicazioni del teorema della quantità di moto, del momento della quantità di moto e dell'energia. Sollecitazioni dinamiche su elementi rotanti ed equilibramento dei rotori. Studio dei fenomeni transitori nelle macchine. Accoppiamento di macchine motrici ed operatrici. Funzionamento in regime periodico. Calcolo dei volani. [10 ore]
- Vibrazioni di sistemi a parametri concentrati ad uno ed a più gradi di libertà. Uso delle trasformate nello studio dei sistemi vibranti. Misura delle vibrazioni. Trasmissibilità. Velocità critiche. [8 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono previste due esercitazioni sperimentali in laboratorio che saranno svolte in gruppi di circa otto studenti. Le esercitazioni riguarderanno misure di rendimento su motori e riduttori di velocità. Ogni studente dovrà preparare una breve relazione che porterà all'atto dell'esame.

Le esercitazioni in aula consistono nello svolgimento di esercizi relativi a quanto sviluppato nelle lezioni, con particolare riferimento all'uso di dati numerici e alle unità di misura. Durante le esercitazioni saranno forniti agli studenti degli esercizi da svolgere nel corso della settimana, la cui soluzione sarà presentata la volta successiva. Si raccomanda vivamente di provare a svolgerli a casa.

BIBLIOGRAFIA

Belforte, *Meccanica applicata alle macchine*, Ed. Levrotto e Bella, Torino, 1997.

ESAME

L'esame si svolge in forma orale sull'intero programma del corso (lezione ed esercitazione). Saranno svolti due accertamenti scritti durante il corso, a parziale esonero dell'esame.

H3280 MECCANICA DEI ROBOT

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni: 4
Docente:	Andrea MANUELLO BERTETTO	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso affronta tematiche tipiche della progettazione e della caratterizzazione di robot. Sono studiati sia robot industriali tipici che speciali per applicazioni avanzate, offrendo un inquadramento delle tematiche caratteristiche di manipolatori su applicazioni effettive.

REQUISITI

Il corso è interdisciplinare e affronta in modo approfondito tematica proprie della Meccanica. Sono richieste le nozioni dell'Analisi, della Geometria della Meccanica Razionale e della Meccanica Applicata.

PROGRAMMA

- *Introduzione al corso e tipologie di robot* [8 ore]
Tipologie di robot industriali; classificazione delle strutture meccaniche; applicazioni: robot di montaggio, manipolazione, saldatura, verniciatura. Robot speciali: robot mobili, per applicazioni mediche, spaziali, minerarie, oceaniche, nucleari.
- *Cinematica dei robot* [16 ore]
Cinematica dei robot: metodi per la descrizione del posizionamento e dell'orientamento di un corpo nello spazio mediante vettori e matrici. Trasformazioni cinematiche nello spazio: traslazioni, rotazioni, trasformazioni omogenee. Angoli di Eulero, formula di Rodriguez. Metodo di Denavit-Hartenberg [vers. Craig] per la descrizione del posizionamento relativo tra gli elementi di un robot. Espressioni ricorsive delle velocità e delle accelerazioni dei giunti e degli elementi di un robot. Determinazione della matrice Jacobiana. Analisi cinematica inversa di strutture con polsi monocentrici.
- *Statica e dinamica dei manipolatori* [16 ore]
Statica dei manipolatori: equazioni di equilibrio, principio dei lavori virtuali. Dinamica dei manipolatori. Azioni d'inerzia su un corpo rigido nello spazio. Equazioni di Newton-Eulero, equazioni di Lagrange.
- *Polsi e riduttori per robotica* [16 ore]
Tipologie e schemi funzionali e realizzativi di polsi per robot a due e tre gradi di libertà. Analisi cinematica dei polsi. Metodo di definizione del livello di degenerazione. Sistemi per la trasmissione e la trasformazione del moto. Trasmissioni con flessibili, con alberi coassiali, a parallelogramma. Riduttori epicicloidali. Riduttori speciali: Harmonic Drive, articolati [Redax, Cyclo], Teijin-Seiki. Sistemi di presa e manipolazione per robot: tipologie, schemi funzionali e realizzativi, metodi di analisi e di progetto.
- *Traiettorie e controllo di manipolatori* [40 ore]
Traiettorie del moto di manipolatori. Traiettorie nello spazio dei giunti e nello spazio cartesiano. Punti virtuali lungo la traiettoria. Traiettorie di raccordo con rotazioni coniche. Valutazione degli errori di posizionamento. Oscillazioni di un manipolatore per diversi tipi di traiettorie. Valutazione della frequenza fondamentale. Valutazione del massimo overshoot con diverse leggi di comando.
Controllo dei robot. Leggi del moto e dell'asservimento. Schema del controllo. Controllo nello spazio dei giunti. Scelta dei parametri delle matrici di guadagno proporzionale, derivativa e integrativa. Controllo nello spazio cartesiano.

- Azionamenti per robot [20 ore]

Azionamenti per robot: elettrici, idraulici, pneumatici. Motori elettrici a corrente continua, a magneti permanenti, brushless, motori a passo. Caratteristica meccanica. Caratteristiche elettrodinamiche di motori a c.c.. Modellazione dinamica di servoazionamenti elettrici per controllo di velocità e di posizione.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Vengono messi a disposizione degli studenti, divisi in diverse squadre di non più di cinque persone, appositi banchi prova per lo svolgimento di esperienze di laboratorio sui seguenti argomenti: sensori particolari per robotica [sensori di pressione, sensori tattili di forza di contatto nella presa di oggetti in mani robotizzate]; manipolatori innovativi a tre gradi di libertà [caratterizzazione sperimentale dello spazio di lavoro]; trasduttori di posizione e velocità per attuatori flessibili [caratterizzazione del campo di misura]; attuatori innovativi ad elevata forza di attuazione; caratterizzazione di riduttori di velocità per robotica [ordinario, a vite, epicicloidali].

Le esperienze di laboratorio vengono svolte personalmente dagli studenti seguiti dai docenti e dai coadiutori.

BIBLIOGRAFIA

A. Romiti, *Cinematica E Dinamica Dei Robot*, [dispense del corso].

King-Sun Fu, R.C. Gonzalez, C.S. George Lee, *Robotica*, Mc Graw - Hill

E.I. Rivin, *Mechanical Design Of Robots*, Mc Graw - Hill

R. Paul, *Robot Manipulators*, M.I.T. Press.

J. Craig, *Introduction To Robotics Mechanics And Control*, Addison Wesley.

Mackerrow, *Introduction To Robotics*, Addison Wesley.

ESAME

L'esame viene svolto oralmente.

H3500 METODI PROBABILISTICI, STATISTICI E PROCESSI STOCASTICI

Anno: 2	Periodo: 2
Impegno (ore totali)	lezione: 80 esercitazione: 40 laboratori: 2
Docente:	Grazia VICARIO

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è quello di fornire agli allievi di Ingegneria Gestionale e di altri corsi per cui sia dichiarato materia opzionale sia nozioni fondamentali di Calcolo delle Probabilità e Statistica, che consentano gli opportuni approfondimenti in campo teorico, sia conoscenze a livello operativo dei principali metodi statistici applicati in campo tecnico ed economico. A tal fine, accanto alla trattazione teorica, viene riservato un opportuno spazio per la trattazione di problemi pratici di frequente ricorrenza, illustrando mediante esempi, applicabilità e limiti dei metodi usati.

REQUISITI

Analisi Matematica I, Geometria (Gestionali), Analisi Matematica II (altri corsi di laurea).

PROGRAMMA

Probabilità. Definizioni di probabilità e loro applicabilità, nozioni di calcolo combinatorio, regole di calcolo delle probabilità, probabilità a posteriori, la formula di Bayes.

Distribuzioni. Variabile casuale (discreta e continua), distribuzioni di variabili discrete e continue, principali distribuzioni teoriche, parametri principali relativi a posizione, dispersione, forma, disuguaglianza di Tchebycheff.

Statistica descrittiva. Concetti di popolazione, campione e metodi di campionamento, distribuzioni sperimentali (classi e rappresentazioni grafiche), misure di tendenza centrale e di dispersione, metodi grafici, GPN e suo impiego diagnostico, presentazione di un Package statistico.

Distribuzioni congiunte. Distribuzioni congiunte, covarianza e coefficiente di correlazione, distribuzione normale bidimensionale, somma, prodotto e quoziente di variabili casuali, distribuzione del massimo e del minimo, applicazioni allo studio dell'affidabilità.

Inferenza statistica. Distribuzioni campionarie, teorema del limite centrale e sue applicazioni ed implicazioni, stima puntuale, stimatori e loro proprietà, intervallo di fiducia e limiti di fiducia per medie, osservazioni a coppie, varianze, proporzioni, basi logiche di un test di ipotesi, tipi di errori e loro controllo, livello e test di significatività, curve caratteristiche operative e loro uso, test riguardanti le medie, le proporzioni, la varianza e confronto fra due o più varianze.

Analisi della varianza. Analisi della varianza per uno e due fattori controllati. Replicazioni.

Regressione. Regressione lineare semplice (valutazione di adattamento e variabilità residua), analisi della varianza, osservazioni ripetute, regressione multipla, calcolo con procedimento matriciale, analisi della varianza, correlazione.

Processi stocastici. Processi di Poisson, cenni alla teoria delle code, catene di Markov; processi markoviani omogenei.

Cenni sulla Progettazione degli esperimenti. Interdipendenza tra criteri di analisi dei risultati e criteri di pianificazione delle prove, esperimenti fattoriali, effetti principali e interazioni, blocchi e frazionamenti e loro implicazioni.

BIBLIOGRAFIA

Grazia Vicario, Raffaello Levi (1997), *Calcolo delle Probabilità e Statistica per Ingegneri*, Casa Editrice Esculapio, Bologna.

Giulia Aschero, Marco Varetto (1998), *Esercizi di Metodi Probabilistici, statistici e Processi Stocastici*, CLUT, Torino.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed una orale, che devono essere sostenute nello stesso appello (eccezionalmente nella seconda sessione ordinaria, periodo di valutazione "naturale" per il corso di Metodi Probabilistici, Statistici e Processi Stocastici è consentito sostenere la prova scritta e la prova orale in appelli diversi). I candidati che lo desiderino possono optare per un esame esclusivamente basato su una prova scritta: in tal caso il voto finale d'esame non potrà superare i 27/30.

Lo studente che desidera presentarsi alla prova scritta deve prenotarsi, consegnando lo statino presso la Segreteria Didattica del Dipartimento, entro la data che verrà di volta in volta comunicata. Se la prenotazione non viene disdetta, lo studente viene considerato come presente.

Durante le prove scritte lo studente può utilizzare soltanto le macchine calcolatrici; è vietato consultare gli appunti del corso e/o il libro di testo; le tavole, ove necessarie, verranno fornite in aula dalla docente.

Non è consentito uscire dall'aula per nessuna ragione nel corso della prima ora. Se lo studente non si ritira entro la mezz'ora che precede il termine per la consegna della prova scritta, l'esito dell'esame verrà comunque registrato.

L'orale non può essere sostenuto se la prova scritta risulta insufficiente e l'eventuale esito negativo della prova orale comporta la ripetizione della prova scritta in una successiva sessione.

H3660 MISURE ELETTRICHE

Anno:4 periodo didattico:1
Impegno (ore sett.) lezioni: 5 esercitazioni: 1 laboratori:4
Docente: **Franco FERRARIS** (Dipartimento di Elettronica tel. 5644109,
FAX 5644099, E-Mail: ferraris@polito.it, - orario di ricevimento
qualsiasi giorno previo accordo telefonico, mer. 14,30 -18,30
senza accordo preventivo)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di illustrare i metodi e gli strumenti per la misura di grandezze fisiche, con particolare attenzione ai principi di funzionamento e di uso dei sistemi di misura più diffusi nelle varie aree dell'ingegneria elettrica, e di presentare le specifiche disposizioni circuitali usate per la misura di alcune grandezze elettriche.

Il corso è strutturato in due moduli consecutivi: il primo (cinque crediti), un'introduzione alla fondazione e alla strumentazione di base, ha lo scopo di far acquisire agli allievi le conoscenze fondamentali per poter operare nei laboratori sperimentali e per la certificazione della qualità dei prodotti; il secondo (cinque crediti), orientato agli strumenti e ai metodi per le misure elettriche, ha lo scopo di far acquisire le conoscenze teoriche e pratiche fondamentali per l'esecuzione delle principali misurazioni nel campo delle misure elettriche.

REQUISITI

Fisica, Elettrotecnica, Elettronica Applicata.

PROGRAMMA

I MODULO

Misurazione e misura

Il procedimento conoscitivo sperimentale. La teoria della misurazione. La teoria rappresentazionale. Diagramma di produzione di una misurazione. Elaborazione dei dati sperimentali per ottenere la misura.

Misure dirette ed indirette

Stima delle incertezze secondo la GUM

Sistema SI e organizzazione metrologica internazionale

Caratterizzazione metrologica di un dispositivo

Strumentazione e metodi di misura in corrente continua

Strumenti e metodi per la misura di correnti, tensioni, e resistenze: lo strumento a bobina mobile e magnete permanente, l'amperometro ed il voltmetro analogici, il tester.

I voltmetri numerici: convertitori digitali/analogici, voltmetro ad approssimazioni successive, parallelo, ad integrazione.

Gli amperometri numerici.

Metodi di zero in corrente continua: il ponte di Wheatstone e varianti, il potenziometro

La misurazione per la certificazione della qualità dei prodotti

La misurazione come sorgente dell'informazione nel controllo dei processi e nell'automazione della produzione. Cenni ai sistemi di qualità aziendali.

Certificazione di conformità. Accredimento di laboratori di taratura e di prova.

I MODULO

L'oscilloscopio a raggi catodici analogico: principio di funzionamento e suo utilizzo come misuratore di forme d'onda nel dominio del tempo.

L'oscilloscopio digitale: principio di funzionamento, prestazioni, caratteristiche peculiari.
Strumenti e metodi per la misura di tensioni e correnti alternate: strumenti a valore medio, a valore di cresta e a valore efficace.

Trasformatori di misura di corrente e di tensione. Partitori di tensione e di corrente.

Misure di potenza elettrica monofase e trifase.

Misure di energia elettrica.

Misure magnetiche: curva normale di magnetizzazione e cifra di perdita dei materiali ferromagnetici.

Strumenti per misura di impedenza: ponti in alternata, Q-metro.

Gli strumenti a microprocessore. prestazioni e configurazione di un sistema automatico per l'acquisizione dei dati.

Strumentazione su scheda PC, cenni al software di gestione.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI IN AULA

I MODULO

Comportamento in un laboratorio sperimentale e introduzione ai problemi relativi alla sicurezza.

Esercizi sul calcolo delle ed incertezze: valutazioni incertezze di classe A e classe B

Illustrazione di esercitazioni sull'uso di strumenti in corrente continua

II MODULO

Esercizi sul calcolo delle incertezze negli strumenti elettronici

Illustrazione delle esercitazioni sperimentali

ESERCITAZIONI (assistite) IN LABORATORIO

Le esercitazioni sperimentali di laboratorio, svolte da studenti divisi in gruppi, sono strettamente integrate con le lezioni ed hanno lo scopo di far acquisire familiarità con gli strumenti ed i metodi di misura delle grandezze elettriche.

Esercitazioni sperimentali della durata di 4 ore ciascuna, precedute da 2 ore in aula di illustrazione dell'esercitazione. Gli allievi sono suddivisi in gruppi di tre-cinque persone per tavolo. Le squadre sono composte da cinque-sei gruppi.

I MODULO

Esecuzione di esercitazioni sperimentali sull'uso di strumenti in corrente continua:

1. Misure in corrente continua (parametri di un bipolo passivo e di un bipolo attivo lineare).
2. Ponte di Wheatstone

II MODULO

Esecuzione di esercitazioni sull'uso dell'oscilloscopio analogico e digitale

Esecuzione di esercitazioni sull'uso di strumenti in corrente alternata:

1. Misure in corrente alternata monofase (confronto delle prestazioni di voltmetri in a.c.).
2. Misure sui trasformatori.
3. Misure magnetiche (cifra di perdita e curva normale di magnetizzazione di lamierini ferromagnetici)

Esecuzione di esercitazioni sulla misura di potenza elettrica

Uso di un sistema per l'acquisizione automatica dei dati

BIBLIOGRAFIA

TESTO DI RIFERIMENTO Copie delle trasparenze presentate a lezione.

G. Zingales - Misure Elettriche: metodi e strumenti - UTET - Torino - 1992

E. Rubiola - Laboratorio di Misure Elettroniche - CLUT - Torino - 1993

TESTI AUSILIARI (per approfondimenti)

A. De Marchi, L. Lo Presti - Incertezze di misura - CLUT - Torino - 1993

E. Arri, S. Sartori - Le misure di grandezze fisiche - Paravia - Torino - 1984C. Offelli - Strumentazione elettronica - Edizioni Libreria Progetto - Padova - 1991

G. Costanzini, U. Garnelli - Strumentazione e misure elettroniche - Zanichelli - BolognaE.O. Doebelin - Measurement systems: applications and design - McGraw-Hill - 1990

ESAME

Orale. L'esame sarà unico per l'intero corso e si svolgerà alla fine del secondo modulo, verterà su quanto illustrato a lezione, su esercizi di stima di incertezze, su una discussione sulle modalità di svolgimento e sui risultati ottenuti nelle esercitazioni sperimentali.

ESAME

PROGRAMMA

Struttura di base e analisi del funzionamento. Modello logico del copra e del convertitore CA-CC a diodi e SCR. Tecniche di rappresentazione di strutture con interazioni statiche e dinamiche. Sistemi convertitori (macchine). Cenni ai principali tipi di azionamento del motore a corrente continua. Metodi di costruzione del modello matematico dell'azionamento. Sistemi a corrente alternata. Motori (30 ore). Trasformazioni delle grandezze elettriche. Trasformazione bilinea - lineare. Trasformazione di matrice. Trasformazioni complesse. Motori sinchroni. Espressioni elettriche e di concatenamento magnetico degli avvolgimenti. Trasmissione delle equazioni di macchina su assi di comando. Bilancio energetico ed espressione della coppia e modello dinamico del motore sinchroni. Cenni alle modalità di rappresentazione dei fenomeni di saturazione. Macchine sinchroni. Espressioni elettriche e di concatenamento magnetico degli avvolgimenti. Trasmissione delle equazioni di macchina su assi di comando. Bilancio energetico ed espressione della coppia e modello dinamico della macchina sinchroni.

Sistemi in corrente alternata. Convertitori statici. [18 ore]

Inverter.

Inverter di tensione: strutture e funzionamento. Inverter di corrente. Metodi di modellizzazione di inverter.

Convertitore/ macchina in c.a.

Modelli di azionamenti di motori asincroni a rotore avvolto. Modelli di azionamenti di motori asincroni con inverter. Modelli di azionamenti di motori sincroni con inverter.

Trasformatore. [6 ore]

Calcolo delle correnti magnetizzanti.

Correnti magnetizzanti a regime e in transitorio nei trasformatori trifase.

Trasformatori con convertitori CA/CC.

Modello a regime del trasformatore per convertitori.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni del corso consistono essenzialmente nella applicazione dei metodi e delle nozioni fornite nelle lezioni. Esse saranno svolte in parte in Sala Macchine per le misure sulle macchine e sui convertitori, e in parte nel laboratorio informatico del Dipartimento di Ingegneria elettrica o nel LAIB per la parte di simulazione.

ESAME

L'esame è orale ed è teso ad accertare l'acquisizione da parte dell'allievo dei metodi di studio dei sistemi descritti nelle lezioni. I temi sviluppati nelle esercitazioni possono costituire una base di spunto per la discussione in sede di esame.

H3850 OLEODINAMICA E PNEUMATICA

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore sett) lezioni: 6 esercitazioni: 4 laboratori: 8
Docente: **Nicola NERVEGNA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire agli allievi le conoscenze di base necessarie per l'utilizzo, la scelta e la progettazione di sistemi e componenti oleodinamici e pneumatici di potenza e regolazione applicati su impianti fissi e mobili (impianti industriali, macchine utensili, veicoli). Partendo da una analisi qualitativa dei sistemi (gruppi di alimentazione e di utilizzazione) tramite l'impiego dei blocchi funzionali si giunge ad uno studio quantitativo e alla successiva conoscenza ed analisi dettagliata dei componenti.

REQUISITI

Meccanica dei fluidi, Macchine, Controlli automatici.

PROGRAMMA

- *Analisi funzionale dei sistemi oleodinamici.* [26 ore]

Trasformazioni energetiche nei sistemi oleodinamici. Analisi qualitativa: schemi circuitali normati (ISO/UNI). Analisi quantitativa: i modelli matematici. Un traduttore oggettivo: i blocchi funzionali.

Gruppo di alimentazione a portata costante (GAQF). Analisi con i blocchi funzionali, deduzione della caratteristica portata–pressione ($Q-p$) del gruppo all'interfaccia con l'utenza. Variante al GAQF con limitatrice pilotata e distributore di "vent". Soluzioni con valvole modulari a due vie.

Gruppo di alimentazione a portata variabile per valori discreti (GAQVD). Schema a blocchi funzionali nelle varie condizioni di possibile funzionamento. Deduzione della caratteristica. Studio dei rendimenti. Pilotaggio diretto e remoto nella limitatrice di pressione. Variante al GAQVD e riflessi sul rendimento.

Gruppo di alimentazione a portata variabile per valori continui (GAQYC). Pompa a cilindrata variabile con variazione manuale della cilindrata: caratteristica ($Q-p$) in confronto con unità a portata costante.

Gruppo di alimentazione per utenza in circuito chiuso. Schema circuitale e analisi dei componenti: pompa di sovralimentazione, valvola a pendolo, livelli di taratura delle limitatrici di pressione.

Gruppo di alimentazione a pressione fissa vera (GAPFV). Pompa con limitatore assoluto di pressione.

Gruppo di alimentazione a pressione fissa approssimata (GAPFA). Caratteristica verso l'utenza e rendimenti. Schemi circuitali e analisi del funzionamento con riferimento alla valvola di esclusione. Gruppi di alimentazione con utenze multiple. Uscite indipendenti, parallele, confluenti. Circuito di base per lo studio di martinetti a semplice e doppio effetto. Analisi con blocchi funzionali. Caratteristica meccanica. Configurazioni di centro del distributore. Evoluzione del circuito per inversioni di velocità e carico e per la protezione da sovrappressioni e depressioni. Caratteristica meccanica (F,v) per carichi resistenti e trascinanti. Impiego di valvole di controbilanciamento (VCB): blocchi funzionali e caratteristiche nel piano (p,F) e ($v-F$). Impiego di valvole overcenter (OVC): blocchi funzionali e caratteristiche nel piano (p,F) e ($v-F$). Analisi dinamica e problemi di ottimizzazione. Regolazione della velocità.

Circuito rigenerativo con martinetto differenziale. Il principio della rigenerazione. Schema circuitale e sua semplificazione. Studio con i blocchi funzionali e deduzione della caratteristica meccanica dell'attuatore lineare.

Collegamenti multipli tra attuatori lineari tramite valvole di controllo della direzione a 6 bocche: parallelo, *tandem*, serie. Vincoli operativi.

Analisi delle priorità: valvola di sequenza; valvola di priorità.

Circuito per martinetto differenziale con selezione automatica della fase rigenerativa. Blocchi funzionali e piani caratteristici (p,F) e (v,F). Analisi del rendimento.

I controlli direzionali compensati. Sistema di riferimento con controllo non compensato. Piano energetico e di controllabilità. Primo e secondo controllo compensato con pompa a cilindrata variabile e 8 cilindrata fissa.

La distribuzione controllata. Schema multiutenza *load-sensing* (LS) senza e con compensazione locale. Riflessioni relative alla taratura dei compensatori locali in relazione alla taratura del limitatore differenziale della pompa LS. Analisi energetiche e di controllabilità.

Circuiti per sequenze, circuiti di sincronismo. Il divisore di flusso; il martinetto dosatore.

Gruppi di utilizzazione con attuatori rotativi: motori idraulici a cilindrata fissa e variabile; dispositivi e controlli della variazione di cilindrata. Caratteristica meccanica. Motore a cilindrata variabile con azionamento manuale e ad un verso di flusso. Caratteristica meccanica. Motore con limitatore assoluto di pressione: blocchi funzionali e caratteristica nel piano (Q,p).

Collegamenti multipli per motori idraulici. Gruppi trasformatori, con elementi ad albero comune: ad una bocca ed a due bocche verso l'utenza analogia funzionale al divisore di flusso; considerazioni energetiche e blocchi funzionali. Banco prova rigenerativo: principio applicativo e blocchi funzionali.

Servosistemi: principi relativi ai servosistemi. Retroazione meccanica di posizione: idrocopiato-re. Retroazione volumetrica – meccanica di posizione: idroguida; studio delle sezioni costruttive del distributore rotante e del motore/pompa orbitale. Soluzioni reattive, non reattive e *load-sensing*.

- *Fluidi utilizzati e componenti collegati.* [6 ore]

Il fluido di lavoro: ideale e reale, scopi e specifiche.

Classificazione ISO: viscosità dinamica e cinematica, viscosimetri. Diagramma viscosità cinematica – temperatura. Equazione di stato linearizzata. Comprimibilità e modulo di comprimibilità. Comprimibilità equivalente del sistema contenitore – fluido – aria separata. Modulo di comprimibilità di tubo in parte sottile.

La contaminazione del fluido, insorgenza e natura del contaminante, la filtrazione: prova ISO *Multipass*, rapporto di filtrazione. Potere assoluto di filtrazione. Normativa.

Il condizionamento termico del fluido. Bilancio termico e valutazione della potenza persa.

I conduttori del fluido: rigidi e flessibili. Velocità di propagazione delle piccole perturbazioni. Studio delle portate di fuga in meati laminari. Materiali e funzionamento di guarnizioni e tenute.

- *Componenti di controllo.* [18 ore]

Valvole di controllo della direzione. Classificazione. Distributori a posizionamento discreto e continuo. Studio delle configurazioni di centro. Definizione di ricoprimento, matrice dei ricoprimenti, ricoprimento dinamico. Equilibramento radiale dei cassettei. Trattazione delle forze di flusso: contributo azionario e dinamico. Rendimento in pressione ed in portata di un distributore a posizionamento discreto. Distributori a potenziamento continuo, geometria, azionamento, caratteristiche.

Valvole proporzionali e servovalvole. Azionamento con manipolatore. Azionamento elettrico con il *torque-motor*. Confronto tra specifiche e prestazioni di valvole proporzionali e servovalvole. Funzionamento nella soluzione a *flapper* e a *jet pipe*. Servovalvole a più stadi. Modello matematico di distributore con cassetto a posizionamento continuo. Valvole di controllo della pressione. Limitatrice a comando diretto. Valvola limitatrice di pressione con stadio pilota. Valvola riduttrice di pressione a comando diretto. Confronto tra soluzioni dirette e pilotate.

Valvole regolatrici di portata. Strozzatore semplice, regolatori di portata a due e a tre vie. Caratteristiche stazionarie.

- *Organi operatori e motori.* [14 ore]

Pompe volumetriche. Caratteristiche ideali, analisi della portata e della coppia istantanea. Irregolarità di portata. *Ripple* di pressione. Studio delle caratteristiche reali. Rendimento idraulico, meccanico, volumetrico. Modelli teorici e semi-empirici di rendimento: modello di Wilson. Modelli di perdita di portata e di doppia Classificazione delle pompe. Variazione della cilindrata. Compensazione dei giochi ed equilibramento radiale.

Accumulatori di fluido. Classificazione ed impiego. Dimensionamento adiabatico e isoterma con approssimazione a gas perfetto.

Motori oleodinamici. Tempo di accelerazione e gradiente di potenza. Classificazione dei motori. Caratteristiche.

Attuatori lineari. Analisi del rendimento e modello di perdita per attrito. *Stick-slip*.

- *Analisi funzionale dei sistemi pneumatici. Componenti pneumatici. Oleopneumatica.* [8 ore]

Gruppo di generazione a pressione costante. Cenni sui compressori. Dimensionamento del serbatoio. Separatori di condensa e lubrificatori.

Gruppi di utilizzazione pneumatici. Comandi fondamentali di martinetti e motori. Applicazioni dei pilotaggi. Calcolo delle prestazioni dei ritardi in riempimento e scarico. Richiami sulle caratteristiche degli ugelli in funzionamento critico e subcritico. Caratteristiche stazionarie di valvola riduttrice di pressione. Analisi dinamica di un martinetto con strozzatori all'ammissione e allo scarico. Analisi grafica del funzionamento stazionario. Cenni sulla risposta a variazioni di carico.

Analisi dei motori pneumatici. Studio del ciclo di lavoro e calcolo della massa d'aria per ciclo. Descrizione dei componenti reali. Reversibilità. Classificazione e caratteristiche delle regolazioni. Schemi costruttivi di componenti pneumatici. Circuiti oleopneumatici. Principi di controllo della velocità e della posizione. Scambiatore di pressione. Moltiplicatore di pressione. Cilindro oleopneumatico. Schemi circuitali. Presse oleopneumatiche e metodi realizzativi del principio del consenso bimanuale.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Esercitazioni:

Cfr. il programma delle lezioni)

Normativa ISO/UNI sui simboli grafici.

Circuito oleodinamico elementare: calcolo della potenza assorbita, costruzione dei diagrammi (p,F) e (v,F) .

Studio del primo circuito della centralina didattica di laboratorio.

Confronto tra attuatori collegati in serie e in parallelo.

Regolazione in velocità dei martinetti.

Effetto di moltiplicazione della pressione in un martinetto differenziale.

Studio del secondo e terzo circuito della centralina didattica.

Gruppo di alimentazione a pressione fissa approssimata: *a)* con pressostato e limitatrice di pressione, *b)* con valvola di scarico (descrizione e funzionamento).

Regolazione in velocità del motore oleodinamico.

Banco freno.

Sistemi *load-sensing* (LS): esempio di applicazione e caso del carrello elevatore.

Studio del circuito LS, risparmio energetico, controllo in velocità degli attuatori.

Descrizione e funzionamento della pompa a stantuffi radiali con controllo LS e valvola di priorità. Saturazione.

Introduzione alle trasmissioni idrostatiche (TI). Confronto delle TI a circuito aperto e a circuito chiuso. TI a coppia e a potenza costante. Progetto di TI: selezione e configurazione. TI a pressione determinata.

Controllo automatico e di velocità.

Trasmissione Denison in circuito chiuso: descrizione e funzionamento.

Esempi di valvole di regolazione della pressione e della portata.

Valvole di sequenza, di scarico, di riduzione della pressione, di non ritorno.

Divisore/ricombinatore di flusso, valvola limitatrice di pressione proporzionale, valvola di controalimentamento, valvole regolatrici di portata a 2 e 3 vie, pompa ad ingranaggi esterni.

Laboratori:

Centralina didattica. Rilievo delle prestazioni di circuiti oleodinamici. Controllo della velocità di rotazione di motori a cilindrata fissa mediante strozzatore variabile o regolatore di portata.

Banco prova distributori proporzionali ed idroguida *load-sensing*.

Smontaggio ed esame critico di particolari costruttivi di componenti oleodinamici presenti nel banco *load-sensing* (distributore proporzionale PVG60, valvola di priorità, idroguida LS, pompa VPA 40 LS a pistoni radiali).

Smontaggio ed esame critico di particolari costruttivi di componenti oleodinamici (valvole Abex, Denison, Hagglunds e Fluid Controls di pressione e di portata, motori orbitali, a pistoni assiali, a palette, pompe ad ingranaggi esterni).

Rilievo delle caratteristiche stazionarie e dinamiche di servovalvole elettroidrauliche.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Oleodinamica e pneumatica, appunti di supporto al corso, predisposti dal docente, aggiornati e riveduti ogni anno e con circolazione limitata agli allievi.

Testi ausiliari per approfondimenti:

Vengono segnalati di anno in anno nel testo di riferimento.

ESAME

Orale, sugli argomenti svolti e proposti a lezione, esercitazione in aula e nelle esperienze di laboratorio.

P3910 PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI

Anno: 5 Periodo: 2

Impegno (ore sett.) lezioni: 4 esercitazioni: 4

Docente: **Vito MAURO** (Coll. **Domenico INAUDI, Francesco P. DEFLORIO**)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si articola in due moduli corredati da un programma di esercitazioni. Il primo modulo introduce i concetti generali alla base della "pianificazione dei trasporti" e analizza i metodi di descrizione di un sistema domanda - offerta con l'uso di modelli matematici. Il secondo riguarda i modelli di "interazione tra domanda e offerta" e i metodi per l'analisi dei sistemi e la valutazione dei progetti di trasporto. Le esercitazioni forniscono una serie di esempi relativi ai modelli e agli algoritmi esaminati.

REQUISITI

Fondamenti di informatica; Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici; Ricerca operativa; Tecnica ed Economia dei Trasporti.

PROGRAMMA

I MODULO: LA PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI E IL SISTEMA DOMANDA - OFFERTA

Impegno (ore totali) lezioni: 20 esercitazioni: 18

I CONCETTI INTRODUTTIVI

- Definizione del sistema di trasporto
- Gli obiettivi della pianificazione: i problemi del sistema dei trasporti, le diverse scale territoriali, l'impatto sulla sicurezza, sull'ambiente e sull'economia
- L'approccio macroeconomico: il trasporto come interazione tra domanda e offerta
- Interazione tra il sistema dei trasporti ed il sistema urbano
- Introduzione sulla modellistica matematica

LA NORMATIVA ITALIANA

- I Piani di Trasporto
- I Piani Urbani del Traffico (PUT)
- Il "mobility manager" ed i servizi per la mobilità
- Il controllo ambientale

L'OFFERTA DI TRASPORTO

- La zonizzazione
- Il grafo della rete di trasporto: archi e percorsi
- Le relazioni costi - flusso
- Il rilievo dell'offerta di trasporto

LA DOMANDA DI MOBILITÀ

- La misura della mobilità
- Il concetto di origine e destinazione
- Metodi per la quantificazione della domanda di mobilità

I MODELLI DI DOMANDA

- Struttura generale dei modelli di domanda
- Modelli di utilità casuale
- I modelli di generazione
- I modelli di distribuzione
- I modelli di ripartizione modale
- I modelli di scelta del percorso

II MODULO: I MODELLI DI INTERAZIONE DOMANDA - OFFERTA E L'ANALISI DEI SISTEMI DI TRASPORTO
Impegno (ore totali) lezioni: 30 esercitazioni: 32

I MODELLI DI INTERAZIONE DOMANDA - OFFERTA

- Il problema dell'assegnazione della domanda alla rete
- Il concetto di equilibrio deterministico e stocastico
- L'assegnazione a reti non congestionate
- L'assegnazione a reti congestionate

LA STIMA DELLA DOMANDA DI MOBILITÀ

- La stima diretta della domanda attuale
- La stima disaggregata dei modelli di domanda
- La stima della domanda attuale con i conteggi di traffico

LE PRESTAZIONI E LA VALUTAZIONE DEI SISTEMI DI TRASPORTO

- L'efficienza del sistema: i tempi ed i costi
- L'impatto ambientale ed i consumi energetici

L'APPLICAZIONE DEI MODELLI MATEMATICI DI TRASPORTO

- I package per la modellizzazione dei sistemi di trasporto
- Il caricamento e la rappresentazione interattiva dei dati
- Le procedure di calibrazione
- L'individuazione degli effetti di un piano di trasporto
- L'analisi delle prestazioni dal punto di vista dell'utente, del gestore e della società

GLI ASPETTI OPERATIVI DELLA PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI

- I contenuti del PUT: gli interventi infrastrutturali, le misure di regolazione, la gestione operativa
- L'attuazione ed il controllo del PUT
- "L'ufficio per il Piano": composizione della struttura adibita alla redazione del PUT
- Il costo della redazione di un Piano, il costo dell'attuazione di un Piano
- Dalla pianificazione alla gestione: esempi di applicazioni "on-line" dei modelli di traffico

Programma delle esercitazioni

PROBLEMI SU GRAFI E RETI

- Metodi di rappresentazione
- Caratteristiche dei grafi
- Algoritmi per il calcolo degli alberi di costo minimo
- Funzioni di costo e di prestazione
- Costruzione del modello di rete per un sistema di offerta di trasporto

MODELLI DI DOMANDA - ESEMPI DI APPLICAZIONI

- I modelli di utilità aleatoria
- I modelli di generazione
- I modelli di distribuzione
- I modelli di ripartizione modale
- I modelli di scelta del percorso

MODELLI E ALGORITMI DI ASSEGNAZIONE - ESEMPI SU RETI ELEMENTARI

- Modelli DNL, SNL, DUE, SUE
- Determinazione dei percorsi di costo minimo
- Carico della rete senza enumerazione esplicita dei percorsi
- Algoritmi per l'assegnazione di equilibrio

STIMA DELLA DOMANDA DI TRASPORTO - ASPETTI APPLICATIVI

- La stima diretta della domanda attuale
- La stima disaggregata dei modelli di domanda
- La stima della domanda attuale con i conteggi di traffico

ESEMPI DI UTILIZZO DI UN PACKAGE APPLICATIVO PER LA PIANIFICAZIONE OPERATIVA

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si prefigge l'intento di fornire competenze nell'ambito delle tecnologie di deformazione plastica dei metalli. A questo scopo si forniscono indicazioni sulla teoria elementare della plasticità introducendo tensioni e deformazioni puntuali. I criteri di plasticizzazione. I modi per risolvere i problemi di formatura. Successivamente si analizzano le diverse lavorazioni alla luce di quanto sopra detto e si evidenziano le caratteristiche tipiche di ogni lavorazione esaminata.

REQUISITI

Conoscenze di meccanica, tecnologia meccanica, materiali.

PROGRAMMA

- Cenni introduttivi [4 ore]

Cenni storici sulle lavorazioni per deformazione plastica, concatenazione tecnologica dei prodotti, meccanismi della deformazione plastica, dislocazioni.

- Analisi elementare della plasticità [10 ore]

Tensori delle tensioni, autovalori e autovettori. Tensori delle deformazioni e delle velocità di deformazione. Criteri di plasticizzazione. Relazioni analitiche fra tensioni, deformazioni e velocità di deformazione, curve di plasticizzazione dei materiali.

- Metodi per la soluzione di problemi di formatura [6 ore]

Uso di equazioni di plasticità e di equilibrio; metodi del lavoro uniforme, della sezione, dei piani di discontinuità. Metodi ai limiti, metodo delle linee di scorrimento, cenno sul metodo agli elementi finiti.

- Tecnologie di lavorazione per deformazione plastica

Fucinatura, stampaggio massivo, estrusione [10 ore]

Fucinatura, stampaggio a caldo e semicaldo, modalità operative. Calcolo dei lavori e delle forze necessari, condizioni di attrito. Macchine ed utensili per fucinare e stampare. Estrusione a caldo ed a freddo, modalità operative, calcolo delle forze e dei lavori con diversi metodi.

Laminazione [10 ore]

Laminazione piana a caldo ed a freddo, calcolo delle forze valutazione dell'attrito e dell'allargamento. Laminazione in calibri. Cilindri di laminazione, materiali, disposizioni. Treni di laminazione

Produzione dei tubi [2 ore]

Trafilatura di barre e fili [2 ore]

Operazioni sulle lamiere [8 ore]

Tranciatura a profilo aperto e chiuso. Modalità operative dell'imbutitura e dello stampaggio delle lamiere, determinazione degli sviluppi piani necessari, del numero di passaggi, delle forze. Macchine, stampi di imbutitura; processi di simulazione nella progettazione degli stampi a piegatura.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni in aula:

Calcoli di forze e lavori in operazioni di ricalcatura, stampaggio massivo, laminazione, imbutitura, tracciamento delle caratteristiche di una pressa meccanica.

Progettazione elementare di attrezzo per estrusione a freddo.

Uso di programmi per il calcolo di sequenze di calibri in laminazione, e di sequenze di forme di imbutitura della lamiera.

Esercitazioni in laboratorio:

Esecuzione di operazioni di ricalcata, di laminazione a freddo, di imbutitura, di piegatura, esame di pezzi deformati a caldo, a tiepido e a freddo.

Rilevamento con strumenti ottici delle deformazioni permanenti su particolari estrusi.

Esercitazioni all'esterno:

Visite di studio presso stabilimenti dell'area torinese presso i quali si attuano tecnologie di deformazione dei metalli.

BIBLIOGRAFIA

Dispensa del docente

Tschatsch, Manuale delle lavorazioni per deformazione, Tecniche Nuove, Milano

Spur, Enciclopedia delle lavorazioni meccaniche, Vol. 2 e 5, Tecniche Nuove, Milano

ESAME

Gli esami si svolgono in forma orale tradizionale. Si richiede allo studente di portare il dossier delle esercitazioni svolte.

Anno: 5

Periodo: 1

Impegno (ore totali)

lezioni: 52

esercitazioni/laboratori: 52

Docente:

Luca IULIANO**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Scopo del corso è la descrizione del percorso seguito da un bene di consumo nelle fasi di industrializzazione e fabbricazione partendo dal modello matematico realizzato al CAD. Tutte le fasi che contribuiscono alla realizzazione del prodotto vengono esaminate nell'ottica della Concurrent Engineering dove convivono tutte le moderne tecniche della produzione assistita dal calcolatore (CAM). Vengono innanzitutto analizzate le tematiche inerenti all'integrazione CAD/CAM e alla simulazione applicata ai processi produttivi, successivamente sono discusse le attività attuabili dal CAM nei settori delle macchine utensili a controllo numerico, dei robot industriali e nel collaudo e controllo di qualità. Sono quindi trattati gli aspetti di base della pianificazione dei processi produttivi partendo dalla group technology (GT). Vengono infine descritte le principali tecnologie di Prototipazione Rapida (RP) dove l'ausilio del calcolatore rende possibile un'integrazione globale tra il modello matematico e il processo di costruzione del prototipo.

REQUISITI

Sono richieste conoscenze di base di Disegno Tecnico Assistito, di Tecnologia Meccanica/Sistemi Integrati di produzione e di Informatica.

PROGRAMMA

Concurrent Engineering e Integrazione CAD/CAM 4 ore.

- Definizione integrata del prodotto e del processo;
- Definizione di integrazione CAD/CAM;
- Strutture hardware e software per l'integrazione con i sistemi CAM;
- Esempi di Integrazione.

Simulazione dei processi produttivi 4 ore

- La filosofia della simulazione;
- Campi di impiego della simulazione nei processi produttivi;
- Simulazione del percorso utensile e della movimentazione dei robot;
- Simulazione del flusso di resina termoplastica nel processo di stampaggio a iniezione.

Il controllo numerico 6 ore

- Richiami sui principi, sulle macchine e sulla programmazione assistita del percorso utensile;
- L'impiego del calcolatore nei controlli numerici
- Il controllo adattativo

I robot industriali 8 ore

- Strutture e caratteristiche;
- Impieghi dei robots;
- Le unità di governo e la programmazione assistita;
- Integrazione con l'ambiente esterno
- Le celle robotizzate.

Le macchine di misura a controllo numerico 4 ore

- Il controllo di qualità assistito;
- Strutture e caratteristiche delle macchine di misura;
- Software per macchine di misura;
- La verifica diretta con il modello matematico (CTR);

La Group Technology 6 ore

- Le famiglie di pezzi;
- La codifica e la classificazione delle famiglie di pezzi;
- Le celle di lavorazione;

La pianificazione dei processi produttivi (CAPP) 8 ore

- Le problematiche dei sistemi CAPP;
- L'approccio variante;
- L'approccio generativo;

La prototipazione rapida (RP) 12 ore

- La filosofia della fabbricazione per piani e la sua giustificazione economica;
- L'integrazione con i sistemi CAD;
- I processi industriali consolidati;
- I sistemi in fase di sviluppo;
- Valutazione delle prestazioni delle varie tecniche.
- Le possibilità di utilizzo dei prototipi rapidi.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni svolte presso il laboratorio di economia e produzione (LEP) ed il laboratorio tecnologico vertono sui seguenti temi:

Modellazione CAD tridimensionale per superfici e solidi indirizzata alla generazione del file STL per la costruzione dell'elemento fisico con le tecniche di prototipazione rapida;

Simulazione di celle di produzione robotizzate;

Determinazione della finestra di stampaggio per la produzione di manufatti in resina termoplastica;

Produzione di un manufatto impiegando la tecnica della Reverse Engineering.

Sono inoltre previsti:

Seminario sulle applicazioni della prototipazione rapida;

Visite presso aziende con forte integrazione CAD/CAM;

Le esercitazioni sono finalizzate all'approfondimento di un argomento specifico del corso da effettuarsi in piccoli gruppi sotto la guida del docente con la stesura di una relazione da presentare in sede di esame. Sono previste 20 ore da dedicare sia allo sviluppo dell'argomento selezionato che ad una serie di incontri con il docente.

BIBLIOGRAFIA

Groover P. M., Zimmers E. W., CAD/CAM Computer Aided Design and Manufacturing, Prentice Hall, 1986.

McMahon C., Browne J., CAD/CAM from Principles to Practice, Addison Wesley Publishing Company, 1994.

Bjorke O., Layer Manufacturing, a Challenge of the Future, Tapir Publishers, Thondheim Norway, 1992.

ESAME

La prova finale, orale, è organizzata in due fasi: la prima comprende gli argomenti trattati nelle lezioni mentre la seconda verte sulla discussione della relazione presentata e corretta dal docente. Ad ogni fase d'esame corrisponde una valutazione delle risposte fornite dall'allievo ed il voto finale risulterà dalla media delle due valutazioni suddette, purchè ciascuna sia sufficiente.

Per consentire la correzione delle relazioni, queste dovranno essere consegnate con un anticipo di 7 giorni rispetto alla data di inizio della sessione di esami di febbraio-marzo.

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore sett.) lezioni: 6
Docente: **Gaetano PESSINA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso ha come scopo la presentazione e l'approfondimento delle tematiche elettriche inerenti alle strutture dei sistemi di azionamento e controllo dei veicoli a trazione elettrica, a guida vincolata ed a guida libera. Sono esaminate in particolare applicazioni ferroviarie, tradizionali ed innovative; applicazioni di trasporto urbano tradizionali ed innovative, sia per tipo di trazione e sostentamento, quanto per tipo di azionamento, sino alle applicazioni a guida automatizzata.

REQUISITI

Possono frequentare il corso tutti gli allievi ingegneri con conoscenze di *Elettrotecnica ed Applicazioni industriali dell'elettrotecnica*.

PROGRAMMA

- Trazione su rotaia con linea di contatto superiore a 3kV; applicazioni ferroviarie europee con distribuzione della linea di contatto in AC e DC.
- Architetture dei sistemi di trazione equipaggiati con azionamenti ad *inverter* e motori asincroni; ad *inverter* e motori sincroni; a *chopper* e motori in corrente continua, sia per alimentazioni in DC che AC con trasformatore a bordo del veicolo.
- Applicazioni all'alta velocità: esame delle realizzazioni europee, architetture di azionamento, sistemi di frenatura.
- Trazione su rotaia con linea di contatto inferiore ad 1kV; applicazioni metropolitane; *people mover*, tranviarie.
- Vengono trattate le architetture dei sistemi di trazione equipaggiati con azionamenti ad *inverter* di corrente e di tensione e motori asincroni; a *chopper* e motori in corrente continua; ad *inverter* e motore lineare induttore corto asincrono; ad *inverter* e motore lineare sincrono ad induttore distribuito. Verrà trattato il problema della frenatura elettrica con recupero di energia in rete e con dissipazione a bordo.
- Trazione su gomma con sorgente da accumulatori e soluzioni ibride. Equipaggiamenti di trazione con azionamenti ad *inverter* e motori sincroni ed asincroni; con azionamenti a *chopper* e motori in corrente continua. La ruota motorizzata; convertitori AC/DC per la carica degli accumulatori di bordo. Il veicolo ibrido: generazione a bordo dell'energia elettrica. Il problema dell'autonomia; la frenatura a recupero.
- Cenni sulla propulsione navale elettrica, con esame delle principali applicazioni in campo militare e civile.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Vengono, durante il corso, sviluppate dagli allievi, personalmente, due tesine: sono vere e proprie elaborazioni di studi di progetto o di ricerca su argomenti di interesse di settore sviluppati su documentazione aggiornata, tratta da riviste e congressi, fornite dal docente.

BIBLIOGRAFIA

Appunti dal testo delle lezioni del corso (in via di pubblicazione).

ESAME

L'esame si svolge sulla discussione delle tesine sviluppate nelle esercitazioni e sugli argomenti trattati nel corso. Non è prevista prova di esame scritta.

Anno: 5	Periodo: 1
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6 esercitazioni: 2
Docente:	Roberto TADEI (collab.: Federico DELLA CROCE)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

La ricerca operativa consiste nella costruzione di modelli razionali per la rappresentazione di problemi complessi e dei relativi algoritmi risolutivi.

Il corso si propone di dotare lo studente degli strumenti di base per modellizzare e risolvere una serie di problemi propri dell'ingegneria informatica e automatica, elettronica e delle telecomunicazioni.

La modellizzazione del problema consiste nella formulazione dello stesso in termini di programmazione matematica, cioè nell'individuazione di funzione obiettivo da minimizzare o massimizzare e dei relativi vincoli, mentre la sua risoluzione consiste nella ricerca del minimo o del massimo nel rispetto dei vincoli e richiede l'utilizzo di algoritmi di calcolo. Per tutti i problemi trattati nel corso verranno presentati gli algoritmi più recenti, alcuni oggetto di ricerca presso il Dipartimento, con particolare attenzione alla loro complessità computazionale.

Durante il corso verranno proposte agli studenti tesine di ricerca attinenti agli argomenti trattati. Il corso (dispense, comunicazioni, tesi e tesine, seminari, collegamenti con altri centri di studio ecc.) è disponibile all'interno del servizio Ulisse.

PROGRAMMA

Aspetti di base della programmazione lineare. [4 ore]

Modellizzazione del problema. [16 ore]

Metodo del simplesso. [16 ore]

Dualità. [12 ore]

Trasporti. [12 ore]

Flussi su rete. [18 ore]

Algoritmo proiettivo per la programmazione lineare (o di Karmarkar). [8 ore]

Cenni di programmazione intera. [10 ore]

Cenni di programmazione multi-obiettivo e multi-livello. [8 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Per ciascuno dei punti del programma delle lezioni verranno svolte esercitazioni in aula ed in laboratorio, con utilizzo di *software* di programmazione matematica. Particolare attenzione sarà rivolta alla costruzione del modello matematico partendo da problemi reali.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Dispense del corso.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

M. Fischetti, *Lezioni di Ricerca operativa*, Libreria Progetto, Padova, 1995.

D.J. Luenberger, *Introduction to linear and nonlinear programming*, Addison-Wesley, 1973.

F. Maffioli, *Elementi di programmazione matematica*. Vol. 1-2, Masson, Milano, 1990.

S. Martello, D. Vigo, *Esercizi di ricerca operativa*, Progetto Leonardo, Bologna, 1994.

M. Minoux, *Mathematical programming: theory and algorithms*, Wiley, 1986.

F. Pezzella, E. Faggioli, *Ricerca operativa: problemi ed applicazioni aziendali*, CLUA, Ancona, 1993.

ESAME

Il corso prevede due esoneri scritti durante il semestre, della durata di 2 ore ciascuno. Il superamento di entrambe gli esoneri può sostituire l'esame finale orale. In questo caso il voto finale si ottiene combinando i risultati dei due esoneri, pesati in funzione del programma del corso, misurato in ore, coperto da ciascun esonero. Lo studente che volesse migliorare il risultato del I e/o del II esonero può sostenere l'esame orale relativamente al programma coperto dall'esonero stesso. In tale caso il risultato dell'esonero viene dimenticato. Gli esoneri hanno una validità temporale che coincide con l'anno accademico nel quale sono stati svolti.

Regole di esonero: al termine di ogni esonero viene effettuata la relativa correzione in aula e lo studente può decidere se ritirarsi o meno dall'esonero. Si individuano situazioni diverse con riferimento ai due esoneri.

I esonero. Lo studente decide di ritirarsi: in tal caso può sostenere il secondo esonero e dovrà sottoporsi all'esame orale relativo alla prima parte del corso. Lo studente decide di non ritirarsi: se l'esonero viene superato lo studente potrà svolgere il secondo esonero, diversamente dovrà sottoporsi all'esame orale relativo all'intero corso, a partire dal primo appello dopo la conclusione del corso.

II esonero. Lo studente decide di ritirarsi: in tal caso dovrà sottoporsi all'esame orale relativo alla seconda parte del corso, a partire dal primo appello dopo la conclusione del corso. Lo studente decide di non ritirarsi: se l'esonero viene superato lo studente può sostituire l'esame orale con i due esoneri superati, diversamente dovrà sottoporsi all'esame orale relativo alla seconda parte, a partire dal terzo appello dopo la conclusione del corso.

Le tesine di ricerca danno diritto ad un incremento fino a 4 punti del voto finale, in funzione della qualità del lavoro di ricerca svolto.

H4580 **ROBOTICA INDUSTRIALE**

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore sett.)	Lezione: 6	Laboratorio (nella seconda metà del corso): 2
Docente:	Basilio BONA (Collab.: Marina INDRI)	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il robot è un'apparecchiatura complessa sia sotto l'aspetto meccanico, sia sotto l'aspetto del controllo; per la comprensione e la soluzione delle problematiche di gestione e controllo dei robot sono necessarie conoscenze integrate di tipo automatico, informatico e meccanico.

Il corso ha l'obiettivo principale di introdurre le moderne tecniche di controllo dei robot industriali, presentando sia le tecniche adottate a livello industriale sia alcune metodologie di controllo avanzato, utili in generale anche per la soluzione di problemi di controllo non strettamente legati al settore della robotica. A questo fine fornisce agli studenti le basi fisico-matematiche di cinematica, statica e dinamica, che permettono di giungere alla definizione del modello dinamico del robot industriale.

Data la natura di base del corso, non sono previsti argomenti legati alla robotica avanzata (robot mobili, organi di manipolazione, intelligenza artificiale, sensori di visione, ecc.).

Il corso non si rivolge soltanto a quanti sono strettamente interessati alla robotica industriale, ma possiede un carattere generale, in quanto presenta, applicandole ad una struttura elettromeccanica complessa, una serie di metodologie e di tecniche utili anche per coloro che si occuperanno di automatica e controlli in senso lato.

REQUISITI

Per le lezioni: sicuramente importante una conoscenza di base di algebra lineare: vettori, matrici, spazi lineari, basi, trasformazioni, determinanti, autovalori, autovettori, e tutto quanto il solito bagaglio. È certamente importante una predisposizione alla comprensione dei fenomeni fisici, soprattutto elettromeccanici, ed una certa capacità di comprendere concetti geometrici di difficile visualizzazione, come le roto-traslazioni tridimensionali, di cui si parlerà molto nella prima parte del corso. Per quanto riguarda la parte di controllo, non è richiesta alcuna conoscenza particolare, se non quella acquisita ai corsi di *Controlli Automatici Gen.* o *Controlli Automatici Spec.* Si darà per acquisita la conoscenza dei motori in corrente continua, visti come modello dinamico di trasformazione tra tensione e spostamento.

Per le esercitazioni sperimentali: è richiesta una conoscenza di base dei linguaggi MATLAB-SIMULINK e C (che non verranno spiegati), nonché una certa predisposizione (o la volontà di imparare) a lavorare su apparecchiature "delicate" e costose, che richiedono una certa attenzione da parte di chi le usa.

PROGRAMMA

I Parte [36 ore]

- Geometria delle rototraslazioni [12 ore]: sistemi di riferimento, rotazioni, traslazioni, rappresentazioni della rotazione (matrici ortonormali, parametri di Eulero, quaternioni, vettori di Eulero e di Rodrigues), rappresentazioni della rototraslazione di un corpo rigido, matrici omogenee.
- Cinematica [12 ore]: convenzioni di Denavit-Hartenberg, funzione cinematica diretta e inversa della posizione, funzione cinematica diretta e inversa della velocità, Jacobiano e sue proprietà, singolarità cinematiche.
- Statica [4 ore]: relazione statica tra forze esterne applicate e momenti ai giunti, Jacobiano trasposto e sue proprietà, elasticità della struttura.

- Dinamica [8 ore]: momento della quantità di moto, tensori di inerzia, equazioni di Newton-Eulero, equazioni di Lagrange, equazione dinamica del robot rigido, proprietà delle matrici d'inerzia e dei termini non lineari, passività.

II Parte [42 ore]

- Pianificazione della traiettoria [6 ore]: impostazione del problema, pianificazione mediante coordinata curvilinea, pianificazione trapezoidale della velocità, pianificazione coordinata, pianificazione cartesiana, pianificazione dell'assetto.
- Controllo lineare [8 ore]: controllo a giunti indipendenti, problematiche dovute alla non linearità e variabilità nel tempo dei parametri dinamici.
- Controllo non lineare [12 ore]: controllo di coppia calcolata, linearizzazione globale esatta ingresso-uscita, linearizzazione approssimata, controllo robustificante.
- Controllo di forza [6 ore]: interazione del robot con l'ambiente esterno, vincoli cinematici, controllo di rigidità a uno e più gradi di libertà, controllo mediante retroazione di forza, controllo di impedenza, impostazione e problematiche del controllo ibrido forza/posizione.
- Controllo adattativo [10 ore]: illustrazione di tecniche di controllo adattativo basate sulla coppia calcolata e sulla conservazione della proprietà di passività, analisi della stabilità mediante funzione di Liapunov.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula svolgeranno esempi numerici relativi alle varie tecniche spiegate a lezione, con particolare attenzione a quegli aspetti che saranno argomento dell'esame. Durante le esercitazioni verranno illustrati alcuni temi d'esame passati per evidenziarne l'impostazione generale ed il tipo di risposta attesa.

Le esercitazioni sperimentali si svolgeranno presso il LADISPE in gruppi di 4-5 studenti; verrà utilizzato un manipolatore planare controllato da una scheda DSP montata su PC. Gli studenti porteranno a termine alcune esercitazioni di base (movimento del manipolatore nello spazio dei giunti, nello spazio cartesiano, raccolta dati ed esperimenti vari di monitoraggio e tracciamento di grafici) e, opzionalmente, potranno progettare e realizzare semplici leggi di controllo digitale. Gli studenti possono, a loro discrezione, predisporre una tesina di gruppo che costituirà elemento di valutazione, come di seguito specificato.

BIBLIOGRAFIA

Sono disponibili gli appunti preparati dal docente

Testi Ausiliari

L. Scivacco, B. Siciliano, "Robotica Industriale. Modellistica e Controllo di manipolatori", McGraw Hill Italia, 1995.

ESAME

Gli esami consistono in una prova scritta e in una prova orale su tutti gli argomenti sviluppati a lezione e a esercitazione. Il voto finale viene calcolato sommando i punteggi ottenuti nelle due prove.

La prova scritta vale un punteggio massimo di 25 punti; lo studente deve svolgere in due ore un certo numero di esercizi (di norma 5 - 6), simili a quelli sviluppati nelle esercitazioni. Se il punteggio finale è maggiore di 11, lo studente può accedere alla prova orale.

La prova orale vale un punteggio massimo di 10 punti; lo studente può presentare o meno la tesina di Laboratorio. Nel primo caso gli sarà rivolta una domanda di carattere teorico seguita da una domanda sulla tesina; nel secondo caso gli saranno rivolte due domande di carattere teorico. Ciascuna domanda vale al massimo 5 punti.

Teoricamente il massimo punteggio ottenibile è 35. Il voto viene comunque sempre espresso in trentesimi.

Lo studente ha facoltà di ritirarsi in qualsiasi momento durante lo svolgimento della prova scritta, oppure di non consegnare l'elaborato. In tale caso egli può ripresentarsi in qualsiasi momento nei successivi appelli. Qualora invece l'elaborato d'esame venga corretto, lo studente può rifiutare il voto, ma in tale caso potrà presentarsi agli appelli successivi secondo le regole della Facoltà. Lo studente può ritirarsi o rifiutare il voto della prova orale, ma in tale caso non conserva il voto della prova scritta, che va quindi ripetuta in un successivo appello secondo le regole della Facoltà.

Non è prevista la correzione in aula dei compiti; questi verranno mostrati e discussi con gli studenti che ne faranno richiesta all'atto della registrazione dell'esame.

Gli elaborati vengono conservati per cinque anni.

I temi d'esame sono pubblici e vengono resi disponibili nella pagina dei materiali consultabili dagli studenti prevista dal servizio ULISSE.

LAPORARI E ESERCIZI

Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione. Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione. Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione.

Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione. Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione.

Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione. Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione.

Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione. Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione.

Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione. Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione.

Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione. Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione.

Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione. Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione.

Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione. Le esercitazioni sono svolte in aula di laboratorio e consistono in problemi di calcolo e in esercizi di interpretazione.

H4600 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Anno: 3	Periodo: 1		
Impegno (ore totali)	lezioni: 60	esercitazioni: 52	laboratori: 8
Docente:	Enrico BALLATORE		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

La *meccanica dei solidi elastici lineari* viene trattata deducendo le equazioni di equilibrio e congruenza e le leggi costitutive nella formulazione generale del solido tridimensionale, che viene particolarizzata per il caso bidimensionale (lastre o piastre) e unidimensionale (travi). Le relazioni analitiche sono estese alle applicazioni numeriche con particolare riguardo al metodo degli elementi finiti di cui sono fornite rigorose basi concettuali quale premessa alle applicazioni pratiche mediante esercitazioni individuali presso il Laboratorio Informatico.

La *teoria dei sistemi di travi* viene trattata sotto il duplice aspetto statico e cinematico. L'equilibrio delle strutture isostatiche è interpretato sia sul piano algebrico che su quello grafico ed in tale contesto vengono definite le caratteristiche interne della sollecitazione. La soluzione delle strutture iperstatiche viene proposta in linea generale applicando sia il metodo delle forze (o della congruenza) che quello degli spostamenti (o dell'equilibrio). Le soluzioni trovate sono quindi espresse in formulazione matriciale particolarmente utile per eseguire in maniera automatica il calcolo dei sistemi a molti gradi di iperstaticità.

La soluzione del problema dei telai piani (sia a nodi fissi che a nodi spostabili) viene esposta con due metodi alternativi: il cosiddetto "metodo dei telai piani" (secondo il quale si svincola la struttura introducendo cerniere in tutti i nodi-incastro), e il principio dei lavori virtuali secondo la metodologia di Muller-Breslau.

Vengono infine illustrati i *fenomeni di collasso* più frequenti nell'ingegneria strutturale: lo svergolamento, lo snervamento e la frattura fragile.

Il corso comprende lezioni, esercitazioni in aula e nel Laboratorio Informatico.

REQUISITI

Analisi Matematica I e II, Fisica generaleI.

PROGRAMMA

Sono previste tredici settimane di lezioni con un numero di ore settimanali variabile da quattro a sei secondo un calendario dettagliato distribuito all'inizio del corso.

Geometria delle aree

Leggi di trasformazione del vettore dei momenti statici e del tensore dei momenti di inerzia per roto-traslazioni del sistema di riferimento; direzioni e momenti principali di inerzia; circoli di Mohr; simmetria assiale e polare.

Cinematica dei sistemi di travi

Vincoli piani; maldisposizione dei vincoli; studio algebrico; studio grafico dei sistemi ad un grado di libertà (catene cinematiche).

Statica dei sistemi di travi

Studio algebrico; dualità statico-cinematica.

Sistemi di travi isostatici

Determinazione delle reazioni vincolari con le equazioni ausiliarie, con il Principio dei Lavori Virtuali e con il metodo grafico; curva delle pressioni; caratteristiche interne della sollecitazione; equazioni indefinite di equilibrio per le travi; archi a tre cerniere; strutture chiuse; travature reticolari.

Applicazione del Principio dei Lavori Virtuali alle travi elastiche

Determinazione degli spostamenti di strutture isostatiche e risoluzione delle strutture iperstatiche con distorsioni e spostamenti imposti.

Analisi della deformazione

Tensore delle deformazioni; dilatazioni e scorrimenti; proiezioni del vettore spostamento; legge di trasformazione del tensore delle deformazioni per rotazioni del sistema di riferimento; direzioni principali di deformazione; dilatazione volumetrica.

Analisi della tensione

Vettore tensione; tensore degli sforzi; proiezioni del vettore tensione; legge di trasformazione del tensore degli sforzi per rotazioni del sistema di riferimento; direzioni principali di tensione; tensori idrostatico e deviatorico; cerchi di Mohr; stato tensionale piano; equazioni indefinite di equilibrio; equazioni di equivalenza al contorno; formulazione matriciale e dualità statico-cinematica; Principio dei Lavori Virtuali.

Legge costitutiva elastica

Elasticità lineare; isotropia; modulo di Young e coefficiente di Poisson; problema elastico; equazione di Lamé in forma operatoriale; Teorema di Clapeyron; Teorema di Betti.

Criteri di resistenza

Diagrammi tensione-deformazione per materiali duttili e fragili; Criterio di Tresca; Criterio di von Mises.

Solido di Saint Venant

Ipotesi fondamentali; sforzo normale; flessione retta; sforzo normale eccentrico; flessione deviata; nocciolo centrale di inerzia; ortogonalità energetica; torsione (sezioni circolari e generiche, sezioni sottili aperte e chiuse); taglio (centro di taglio, trattazione semplificata di Jourawsky, sezione rettangolare, scorrimento medio, sezioni sottili); equazioni di congruenza per le travi; equazione di Lamé per le travi; equazione differenziale della linea elastica.

Lastre piane

Equazione di Sophie Germain; cenni al metodo delle differenze finite.

Metodo degli Elementi Finiti

Principio di Minimo dell'Energia Potenziale Totale, Costruzione delle matrici di rigidezza locale e globale mediante applicazione del Principio dei Lavori Virtuali; Condizioni di vincolo; Illustrazione dell'utilizzo di un programma di calcolo agli elementi finiti.

Sistemi di travi iperstatici

Simmetria e anti-simmetria; metodo delle forze; iperstaticità assiale; cedimenti elastici; cedimenti anelastici e spostamenti imposti; calcolo automatico dei sistemi a molti gradi di iperstaticità (travature reticolari, telai piani e spaziali, grigliati).

Risoluzione di telai piani iperstatici

Metodo degli spostamenti; distorsioni termiche; telai a nodi fissi; telai a nodi spostabili.

Instabilità dell'equilibrio elastico

Trave rettilinea con varie condizioni di vincolo, portali; limiti di validità della formula di Eulero; cenni sull'instabilità degli anelli; instabilità flesso-torsionale.

Meccanica della frattura

Analisi energetica di Griffith, fattore di intensificazione delle tensioni, cenni su modo II e modo misto.

Cerniere plastiche

Nella trave a sezione rettangolare.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono previste tredici settimane di esercitazioni con un numero di ore settimanali variabile da quattro a sei secondo un calendario dettagliato distribuito all'inizio del corso: oltre alle ore di effettiva attività didattica sono previste anche dodici ore per accertamenti sostitutivi dello scritto e per verifiche di apprendimento.

- 1 *Geometria delle aree*: calcolo delle caratteristiche geometriche di aree elementari; esercizi su figure composte.
- 2 *Cinematica dei sistemi di travi*: catene cinematiche e loro applicazione al calcolo reazioni vincolari.

- 3-4 *Sistemi di travi isostatici*: equazioni cardinali ed equazioni ausiliarie; determinazione delle reazioni vincolari con le equazioni ausiliarie e con il metodo grafico; diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione; curva delle pressioni.
- 5-6 *Applicazione del Principio dei Lavori Virtuali alle travi elastiche*: determinazione degli spostamenti in strutture isostatiche; risoluzione delle strutture iperstatiche con distorsioni e spostamenti imposti.
- 7 *Esercitazioni riepilogative* su strutture isostatiche e iperstatiche con soluzione dei temi di esame degli anni precedenti relativi a tali argomenti.
- 8-9 *Solido di Saint Venant*: esercizi relativi a flessione retta, sforzo normale eccentrico, flessione deviata, nocciolo centrale di inerzia, torsione (sezioni circolari, sezioni sottili aperte e chiuse), taglio, centro di taglio.
- 10 *Esercitazione di Laboratorio Informatico*: introduzione all'uso del programma di calcolo basato sul metodo degli elementi finiti
Analisi della tensione e criteri di resistenza: rappresentazione degli stati di tensione con i circoli di Mohr, verifica complessiva delle sezioni; cenni sui criteri di sicurezza.
- 11-12 *Risoluzione di telai piani iperstatici*: telai a nodi fissi e a nodi spostabili con carichi, cedimenti e distorsioni termiche.
- 13 *Esercitazioni riepilogative* su strutture iperstatiche e verifica delle sezioni con soluzione dei temi di esame degli anni precedenti relativi a tali argomenti.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento (contenente tutti gli argomenti svolti a lezione ed esercitazione):

A. Carpinteri, *Scienza delle Costruzioni*, Pitagora, Bologna, 1995.

Dispensa sull'utilizzo del programma ad elementi finiti, viene fornita durante il corso.

Testo ausiliario:

A. Carpinteri, *Temi d'esame*, Pitagora, Bologna, 1993.

ESAME

L'esame si compone di:

1. Una prova scritta che comprende tre esercizi:

- una struttura isostatica,
- una struttura iperstatica,
- una sezione (calcolo delle caratteristiche geometriche e verifica di resistenza).

Ciascun esercizio pone due quesiti: la prova è positiva se sono stati risolti almeno i primi quesiti di tutti e tre gli esercizi.

2. una prova orale sugli argomenti del programma svolto a lezione ed esercitazione;

3. una tesina sugli elementi finiti svolta utilizzando il programma illustrato nel corso e disponibile presso il LAIB del Politecnico.

La prova scritta deve essere svolta tracciando tutti i grafici richiesti in forma precisa e accurata su carta quadrettata (da 5 mm) o su carta millimetrata utilizzando quando necessario riga e squadra. Non viene consentito l'utilizzo di testi e appunti.

Per sostenere la prova scritta lo studente deve esibire il tesserino universitario e lo statino; quest'ultimo sarà ritirato nel caso in cui lo studente consegni il proprio elaborato.

La prova orale deve essere sostenuta nella stessa sessione di esami in cui è stato superato lo scritto.

Accertamenti sostitutivi della prova scritta.

Il superamento delle due prove di accertamento previste durante il corso sostituisce il compito scritto con validità sino alla fine dell'anno accademico in corso; le due prove sono costituite da:

1. due esercizi relativi a:

- una struttura isostatica,
- una struttura iperstatica da risolvere con l'applicazione del P.L.V;

2. due esercizi relativi a:

- una struttura iperstatica da risolvere con il metodo dei telai piani,
- una sezione (calcolo delle caratteristiche geometriche e verifica di resistenza).

Ciascun esercizio pone due quesiti: le prove sono globalmente positive se sono stati risolti almeno i primi quesiti di tutti e quattro gli esercizi.

ESAME

Il giorno di compimento del corso di laurea in Ingegneria Industriale, la Commissione d'Esame, composta da tre docenti, organizza l'esame di laurea in Ingegneria Industriale. L'esame è articolato in due parti: una prova scritta e una prova orale. La prova scritta è articolata in due esercizi, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione. La prova orale è articolata in due quesiti, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione. La prova scritta è articolata in due esercizi, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione. La prova orale è articolata in due quesiti, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione. La prova scritta è articolata in due esercizi, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione. La prova orale è articolata in due quesiti, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione.

Per sostenere la prova scritta lo studente deve essere iscritto al corso di laurea in Ingegneria Industriale e aver superato il primo anno di corso.

La prova scritta è articolata in due esercizi, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione. La prova orale è articolata in due quesiti, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione.

Il quesito di tipo iperstatico è articolato in due parti: una prova di tipo iperstatico e una prova di tipo sezione. La prova di tipo iperstatico è articolata in due esercizi, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione. La prova di tipo sezione è articolata in due esercizi, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione.

La prova di tipo iperstatico è articolata in due esercizi, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione. La prova di tipo sezione è articolata in due esercizi, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione.

La prova di tipo sezione è articolata in due esercizi, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione. La prova di tipo iperstatico è articolata in due esercizi, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione.

La prova di tipo iperstatico è articolata in due esercizi, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione. La prova di tipo sezione è articolata in due esercizi, uno di tipo iperstatico e uno di tipo sezione.

Anno: 4	Periodo: 1		
Impegno (ore totali)	lezioni: 85	esercitazioni: 10	laboratori: 10
Docente:	Ignazio AMATO		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si prefigge di fornire una ampia panoramica sulla scienza e tecnologia dei materiali ceramici per applicazioni ingegneristiche, come rispecchia la sua organizzazione in tre grandi blocchi didattici: la scienza dei materiali ceramici, volta allo studio teorico della loro struttura e del comportamento, soprattutto meccanico; la tecnologia dei materiali ceramici, incentrata sui processi di produzione e trasformazione; la descrittiva dei principali materiali ceramici di interesse ingegneristico.

PROGRAMMA

Introduzione e classificazione dei ceramici. Applicazioni, potenzialità e mercato.

La scienza dei materiali ceramici: ordine cristallino, proprietà dei cristalli, strutture cristalline; solidi policristallini; microstruttura, ceramografia; i legami nei solidi, solidi ionici, covalenti, metallici e misti; comportamento superficiale dei solidi: energia superficiale, bagnabilità, capillarità, assorbimento, superficie dei solidi. Le proprietà dei ceramici: solidi duttili e solidi fragili; maccanica della frattura: tenacità e fatica; resilienza e durezza; comportamento termomeccanico; correlazione tra proprietà e microstruttura. La densificazione dei ceramici: i difetti nei solidi (di punto, di linea, di superficie) e la diffusione; sinterizzazione: generalità e meccanismi, stadi del processo, evoluzione della porosità; sinterizzazione multifase e multicomponenti; la pressatura a caldo.

La tecnologia dei materiali ceramici: polveri ceramiche, specifiche e caratteristiche; processi di fabbricazione industriali e speciali (sol-gel); additivi di processo e meccanismi d'azione; meccanica delle particelle e reologia; preparazione delle polveri preventiva alla formatura (trasporto, macinazione, mescolamento, lavaggio); granulazione e formatura a secco; formatura a plastico, estrusione, per colaggio; essiccamento, finitura, rivestimenti; cottura.

La descrittiva: confronto tra le caratteristiche delle varie classi di ceramici. Ceramici a base ossido; vetro, fibre di vetro e vetroceramici; ceramici a base nitruri; diamante policristallino; ceramici a base carburi, boruri e siliciuri. Cermet ed utensili da taglio. Rinforzi ceramici (fibre, whiskers,...); compositi ceramici e nanocompositi.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Dopo alcune esercitazioni introduttive in aula, gli studenti, suddivisi in squadre a numero limitato, svolgeranno in laboratorio: analisi strutturale e microstrutturale; determinazione di proprietà meccaniche con applicazione della statistica di Weibull; caratterizzazioni delle polveri ceramiche: granulometria, area della superficie specifica; porosità di polveri e sinterizzati; valutazione della densità; analisi termiche e dilatometriche (a cura di Laura Montanaro).

BIBLIOGRAFIA

I. Amato, L. Montanaro, Lezioni dal corso: Vol. I, La scienza dei materiali ceramici, Cortina ed. 1996; Vol. II, La tecnologia dei materiali ceramici, Cortina ed., 1997; Vol. III, I materiali ceramici (in stampa).

J.S. Reed, Introduction to principles of ceramic processing, Pergamon press ed., 1995.

I. Amato e L. Montanaro: Monografie varie.

ESAME

Orale su tutto il programma oppure esonero facoltativo in corso d'anno sulle due parti di scienza e tecnologia dei materiali ceramici ed infine esame orale sulla parte di descrittiva. Ricerca monografica.

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore totali)	lezioni: 78	esercitazioni/laboratori: 26
Docente:	Francesco MARINO	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

I materiali compositi sono caratterizzati dal possedere proprietà meccaniche, fisiche, chimiche modulabili in funzione delle esigenze primarie della struttura complessiva, offrendo così all'ingegnere diversificate soluzioni progettuali.

Il corso propone principi fondamentali, criteri progettuali, tecnologie di processo, proprietà micro e macroscopiche per questa innovativa classe di materiali.

REQUISITI

Scienza dei Materiali; Scienza e Tecnologia dei Materiali ceramici; Scienza e Tecnologia dei Materiali polimerici; Materiali Metallici.

PROGRAMMA

1. Generalità e peculiarità dei materiali compositi (4 ore)
2. Rinforzanti e interfacce (14 ore)
3. Compositi a matrice metallica (10 ore)
4. Compositi a matrice ceramica (8 ore)
5. Compositi a matrice polimerica (16 ore)
6. Compositi con intermetallici (2 ore)
7. Sforzi, deformazioni e matrici di rigidità (8 ore)
8. Compositi a fibre corte (4 ore)
9. Meccanismi di frattura e tenacizzazione (6 ore)
10. Resistenza all'impatto, fatica, interazione con l'ambiente, 'joining', controlli non distruttivi (4 ore)
11. Trattazione di casi importanti di progettazione e utilizzo (4 ore)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni numeriche sui punti 7 e 8 del programma.

Laboratori sulle tecniche preparative di alcuni compositi e esecuzione su di essi di prove meccaniche.

BIBLIOGRAFIA

F.L. Matthews and R.D. Rawlingsy: "Composite Materials: Engineering and Science" Ed. Chapman & Hall.

R. Naslainy: "Introduction aux matériaux composites " 3 volumi Editions du C.N.R.S.

ESAME

Solo orale: alla formulazione del voto finale concorrerà anche la valutazione di una possibile ricerca monografica.

H4660 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI

Anno: 3 Periodo: 1
Impegno (ore sett.) lezioni: 6
Docente: **Daniele MAZZA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Richiamando i concetti fondamentali della fisica e della chimica dello stato solido, il corso si prefigge lo scopo di correlare la struttura dei materiali con le loro proprietà elettriche, magnetiche, termiche e meccaniche. I materiali di interesse per le tecnologie elettriche vengono classificati in funzione delle loro caratteristiche di impiego nei settori specifici, mentre vengono fornite le nozioni di base sulle tecnologie di produzione di elementi, leghe e composti da utilizzare nelle varie realizzazioni.

PROGRAMMA

La struttura dell'atomo.

Atomo e particelle elementari. Orbite stazionarie, quantizzazione dell'energia e del momento angolare. Correlazione tra momento magnetico e momento angolare.

Lo stato solido.

Il legame chimico. Tipologia dei legami chimici. La struttura dei materiali. I solidi cristallini e lo stato amorfo. Caratteristiche delle sostanze cristalline. Struttura reticolare e cella elementare. Reticoli cristallini a simmetria cubica. I cristalli metallici e gli impaccamenti compatti. I cristalli ionici e l'energia reticolare. Strutture di ossidi ed alogenuri. Strutture di cristalli covalenti.

Caratteristiche meccaniche dei materiali.

Sforzo e deformazione. Il modulo di elasticità. Meccanismi di deformazione e slittamento. I grani cristallini. Le soluzioni solide. Strutture a più fasi e diagrammi di stato. Proprietà meccaniche dei materiali ceramici. Proprietà meccaniche dei polimeri.

Elementi di teoria delle bande nei solidi

I solidi metallici. I solidi covalenti. I solidi ionici.

La conduzione elettrica nei metalli.

La conduzione secondo un semplice modello. Conduzione e struttura a bande. Elementi di conduzione secondo la fisica quantistica. Distribuzione di energia degli elettroni. La resistività elettrica nei conduttori. La resistività elettrica nei solidi polifasici. Materiali usati come resistori elettrici. La resistività elettrica nei solidi ionici. Emissione di elettroni dai materiali.

La conduzione elettrica nei semiconduttori.

Natura strutturale dei semiconduttori. Semiconduttori estrinseci. Mobilità dei portatori. Portatori minoritari e ricombinazione.

La giunzione n-p nei semiconduttori estrinseci.

Polarizzazione della giunzione. Rottura della giunzione n-p. Il diodo tunnel. Il transistor ad effetto di campo (FET). La fotocellula. Il termistore. Materiali e composti semiconduttori.

Materiali superconduttori.

Correnti critiche di superconduzione. Difetti reticolari e superconduzione. Materiali Superconduttori metallici. Materiali superconduttori ceramici.

Proprietà termiche dei materiali.

La capacità termica. Il calore specifico reticolare. Il calore specifico elettronico. Capacità termica totale. Espansione termica. Conducibilità termica. Fenomeni di contatto.

I materiali dielettrici.

Fattori influenzanti la costante dielettrica. Dissipazione di energia. Materiali isolanti. Materiali ferroelettrici. Materiali antiferroelettrici. Materiali piezoelettrici. Materiali piroelettrici.

Materiali polimerici. I polimeri e le reazioni di polimerizzazione. Il peso molecolare delle macromolecole. Polimeri termoplastici e termoindurenti. Caratteristiche elettriche dei materiali polimerici. Classificazione dei principali polimeri termoplastici. Classificazione dei principali polimeri termoindurenti.

I materiali magnetici.

Materiali diamagnetici. I materiali paramagnetici. I materiali ferromagnetici. Struttura dei domini. Antiferromagnetismo. Ferrimagnetismo. Anisotropia ferromagnetica. Materiali magnetici metallici (dolci). Materiali magnetici ceramici (dolci). Materiali magnetici metallici (duri). Materiali magnetici ceramici (duri).

Materie prime, metallurgia, proprietà ed applicazioni elettriche degli elementi.

Principali elementi del 1° e 2° gruppo (cenno, in particolare Mg). Alcuni tra i principali metalli di transizione (in particolare Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Zn). Principali elementi del 3°, 4°, 5° e 6° gruppo (in particolare Al, C, Si). Cenno su lantanidi e attinidi.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: "Appunti di Scienza e Tecnologia dei Materiali Elettrici" ed. Politeco (Torino).

Testi ausiliari, per approfondimenti:

L. Solymar, D. Walsh, *Lectures on the electrical properties of materials*, 5th ed., Oxford Univ. Press, 1993.

R. Rose, L. Shepard, J. Wulff, *Struttura e proprietà dei materiali*. Vol. 4, *proprietà elettriche*, Ed. Ambrosiana, 1975.

E4681 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI I

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 78 esercitazioni/laboratori: 26
Docente: **Roberta BONGIOVANNI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è di fornire le conoscenze di base sulla struttura dei materiali polimerici, sulle loro proprietà e sulle loro tecnologie di trasformazione. A tale scopo vengono dapprima forniti elementi propedeutici di chimica organica. Sono poi trattati i polimeri di uso generale, termoplastici e termoindurenti, considerando la loro preparazione e le loro principali proprietà in relazione con la struttura. Vengono infine illustrate le tecnologie di trasformazione dei materiali polimerici e le loro più importanti applicazioni industriali.

REQUISITI

Si richiede di avere superato l'esame di Chimica.

PROGRAMMA

- Nozioni di chimica organica. (16 ore)

La chimica del carbonio. Classificazione dei composti organici e delle loro principali reazioni, con particolare attenzione per i principali monomeri e per i gruppi funzionali presenti nei polimeri. Fenomeni di isomeria e stereoisomeria.. Tecniche di analisi UV- Visibile, IR, NMR.

Reazioni di polimerizzazione. (18 ore)

Polimeri di policondensazione: schema del processo e controllo del peso molecolare (P.M.)
Polimeri di poliaddizione radicalica: condizioni operative, cinetica della reazione e controllo del P.M. Polimeri di poliaddizione ionica. Polimerizzazione stereospecifica Ziegler-Natta.
Reazioni di copolimerizzazione. Tecniche industriali di polimerizzazione.

- Struttura e caratterizzazione delle macromolecole. (14 ore)

Pesi molecolari e loro distribuzione. Forze di coesione intermolecolari, regolarità e flessibilità della catena polimerica. Struttura supermolecolare: stato amorfo e stato cristallino. Reticoli polimerici, densità di reticolazione. Caratterizzazione termica: temperatura di fusione e temperatura di transizione vetrosa.

- Proprietà dei materiali polimerici in massa (12 ore)

Proprietà termiche: capacità termica, dilatazione, conducibilità. Proprietà meccaniche: rigidità, resistenza a trazione, resilienza. Comportamento viscoelastico dei polimeri: reologia dei polimeri fusi. Proprietà delle gomme. Proprietà elettriche: conducibilità, costante dielettrica, fattore di dissipazione. Proprietà ottiche: indice di rifrazione, trasparenza. Vetri organici

- Materiali polimerici termoplastici e loro tecnologie di trasformazione (12 ore)

Polimeri di impiego generale: poliolefine, polietilene, polivinilcloruro e polistirene, poliesteri, poliammidi, policarbonati. Produzione di gomme sintetiche.

Produzione industriale: additivi, cariche e compounding; tecnologie di iniezione, estrusione, calandratura, termoformatura, stampaggio rotazionale, spalmatura.

- Materiali polimerici termoindurenti. (6 ore)

Poliuretani, poliesteri insaturi e altre principali classi di resine. Materiali polimerici espansi. Tecnologie di trasformazione e applicazioni.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono previste esercitazioni in aula a cadenza settimanale con applicazioni di calcolo sugli argomenti di lezione e sei esercitazioni sperimentali di laboratorio con squadre a numero limitato di

allievi. Queste ultime riguarderanno la caratterizzazione dei materiali polimerici e la valutazione delle loro proprietà meccaniche fondamentali: al termine di tali attività sarà richiesta la stesura di una breve relazione. Si effettueranno inoltre visite ad impianti di trasformazione di materie plastiche.

BIBLIOGRAFIA

Scienza e tecnologia delle macromolecole, AIM, Vol.I e II, Pacini, Pisa, 1983.

F. Rodriguez, Principles of polymer systems, 4th ed., Taylor & Francis, New York, 1996.

ESAME

Si svolgeranno due esoneri riguardanti la chimica organica e le reazioni di oligomerizzazione. L'esame finale consisterà in una prova orale relativa a tutto il restante programma del corso.

Anno: 5	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4	esercitazioni: 2	laboratori: 4
Docente:	Andrea DE MARCHI		

PROGRAMMA

Introduzione.

Classificazione, caratteristiche e terminologia, grandezze di influenza, criteri di scelta.

Caratterizzazione metrologica.

Propagazione degli errori, analisi dell'incertezza, analisi spettrale, processi di rumore e derive, stima della stabilità.

Sensoristica tradizionale.

Strain gauge, termometria, piezometria, sensori fotovoltaici, rivelatori di radiazioni nucleari.

Condizionamento di segnale.

Circuiti per sensori resistivi, circuiti per sensori capacitivi ed induttivi, circuiti per sensori numerici.

Sensori ottici.

Principi di funzionamento, sorgenti di radiazione, canali di trasmissione, rivelatori di radiazione.

Nuove tecnologie.

Sensori a polimeri piezoelettrici, sensori a risonatori acustici, sensori a *film* spesso, sensori a *film* sottile, microsensori al silicio, *micro-machining*, sensori intelligenti, *remote sensing*.

Sensoristica per la qualità della vita.

Biosensori, sensori chimici, sensori di rumore acustico.

Sensoristica per l'industria ed i controlli.

Posizione, velocità lineare, accelerazione e vibrazione, angolo, velocità ed accelerazione angolare, forza e torsione, flusso, livello, prossimità e presenza, viscosità e densità.

BIBLIOGRAFIA

TESTI DI RIFERIMENTO

- E. Baralis, C. Demartini, "Appunti del corso di Basi di Dati".
M. Ajmone Marsan, F. Neri, "Appunti del corso di Reti di Telecomunicazioni".
TESTI AUSILIARI
P. Atzeni, S. Ceri, S. Paraboschi, R. Torlone, "Basi di dati: concetti, linguaggi e architetture", McGraw-Hill, 1997.
D.N. Chorafas, "Systems architecture and systems design", McGraw-Hill, New York, 1989.
C. Batini, S. Ceri, S. Navathe, "Conceptual database design: an Entity-Relationship approach", Benjamin-Cummings, 1992.
C.J. Date, "An introduction to database systems", Addison-Wesley, 1995.
A.S. Tanenbaum, "Computer networks", Prentice-Hall, 1988.

ESAME

Prova scritta e prova orale.

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 70

esercitazioni: 40

Docente:

Enrico CARPANETO**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali per l'analisi e per la comprensione dei fenomeni dinamici nei sistemi elettrici per l'energia. In particolare, vengono trattati approfonditamente i sistemi di controllo della tensione e della frequenza e il comportamento dinamico in condizioni di guasto. Gli argomenti sono sviluppati con un'impostazione applicativa orientata alle problematiche del sistema elettrico nazionale, dei sistemi elettrici industriali e dell'autoproduzione.

REQUISITI

Macchine elettriche, Impianti elettrici I e II, Controlli automatici.

PROGRAMMA

Introduzione. [4 ore]

Introduzione allo studio della dinamica dei sistemi elettrici per l'energia: classificazione dei fenomeni dinamici, modelli e approssimazioni.

Regolazione della frequenza e delle potenze attive. [20 ore]

Generalità sulla regolazione della frequenza.

Regolazione della velocità di un gruppo in funzionamento isolato.

Modelli dinamici dei gruppi idroelettrici e termoelettrici.

Regolazione primaria della frequenza.

Regolazione secondaria della frequenza.

Regolazione della frequenza e delle potenze esportate in un sistema di aree interconnesse.

Grandi perturbazioni e controllo in emergenza.

Comportamento dinamico della macchina sincrona. [14 ore]

Modello dinamico della macchina sincrona: equazioni elettriche, magnetiche e meccaniche.

Trasformazione di Park. Circuiti equivalenti e parametri dinamici (reattanze e costanti di tempo).

Comportamento in corto-circuito della macchina sincrona.

Modelli dinamici semplificati per lo studio dei transistori elettromeccanici.

Calcoli di corto-circuito: circuiti equivalenti approssimati, impedenze di sequenza inversa e omopolare.

Comportamento dinamico del motore asincrono. [10 ore]

Modello dinamico del motore asincrono: equazioni elettriche, magnetiche e meccaniche.

Trasformazione di Park. Circuiti equivalenti e parametri dinamici.

Comportamento in corto-circuito del motore asincrono. Calcoli di corto-circuito, circuiti equivalenti approssimati.

Aspetti applicativi: schemi di comando e protezione, problemi di avviamento e di stabilità.

Regolazione della tensione. [12 ore]

Aspetti fondamentali della trasmissione e della distribuzione dell'energia elettrica. Metodi di regolazione della tensione.

Sistemi di eccitazione delle macchine sincrone. Componenti per la regolazione della tensione: alternatori e compensatori sincroni, induttori e condensatori, compensatori statici, trasformatori.

Rifasamento: aspetti tecnici ed economici.

Architettura complessiva della regolazione della tensione.

Stabilità. [10 ore]

Cenni sulla stabilità dei sistemi non-lineari, stabilità per piccole e grandi perturbazioni.

Studio della stabilità transitoria della macchina sincrona con il criterio delle aree.

Provvedimenti per migliorare la stabilità transitoria.

Cenni sullo studio dei transitori elettromeccanici nei sistemi multimacchine.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Gli studenti, suddivisi in piccoli gruppi, svolgono le esercitazioni nel laboratorio informatico del Dipartimento con l'assistenza del docente. Le esercitazioni consistono nella simulazione, su *personal computer* e con programmi già sviluppati, del comportamento dinamico dei componenti e dei sistemi di controllo illustrati nelle lezioni in aula.

Le attività del corso sono integrate da due visite tecniche a impianti dell'ENEL e da seminari su argomenti applicativi di particolare rilevanza e attualità.

BIBLIOGRAFIA

Testi ausiliari:

Iliceto, *Impianti elettrici*, Patron, Bologna.

Marconato, *Sistemi elettrici di potenza*, CLUP, Milano.

Saccomanno, *Sistemi elettrici per l'energia: analisi e controllo*, UTET, Torino.

ESAME

L'esame finale è orale, riguarda gli argomenti svolti nelle lezioni e comprende la discussione di un'esercitazione scelta dallo studente. È prevista la possibilità di sostenere una prova scritta di esonero a metà corso con modalità concordate con gli studenti.

Anno: 5

Periodo: 1

Impegno (ore sett.)

lezioni: 4

esercitazioni/laboratori: 4

Docente:

Umberto PISANI

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso è rivolto agli allievi ingegneri che intendono acquisire conoscenze sui moderni Sistemi di Misura controllati da elaboratori elettronici e sulla strumentazione programmabile. Saranno esaminate inoltre le problematiche connesse all'acquisizione dati mediante sensori, trasduttori e sugli ambienti software di programmazione di schede di acquisizione integrate in un PC. Si accennerà anche ai sistemi automatici di collaudo di piastre elettroniche (ATE).

Per gli allievi dei corsi di laurea in Ingegneria Elettronica ed Ingegneria Elettrica le conoscenze sui fondamenti della misurazione, sulla teoria degli errori, e sui metodi e strumenti di misura, sono fornite nei corsi precedenti di Misure Elettroniche e di Misure Elettriche. Gli allievi del corso di laurea in Ingegneria Informatica sono sicuramente in grado di seguire con profitto il corso per gli aspetti informatici e sistemistici che esso contiene e avranno bisogno di una integrazione a livello seminariale che il docente provvederà a fornire loro.

PROGRAMMA

- BUS standard per strumentazione

Sistemi automatizzati di misura e problemi di interfacciamento (3 ore).

L'interfaccia standard per strumentazione IEEE-488: generalità, architettura, caratteristiche meccaniche elettriche e funzionali (3 ore).

Il BUS IEEE-488, gestione del trasferimento dati, comandi di interfaccia e messaggi "device dependent" (3 ore).

Indirizzamenti e richieste di servizio, procedure di "polling" (4 ore).

Le funzioni di interfaccia e analisi di alcune di esse mediante i diagrammi di stato (4 ore).

Aspetti operativi e standardizzazione dei codici e formati (Std. IEEE 488-2) (3 ore).

- Problemi e tecniche per l'ottimizzazione di un sistema automatizzato di misura (3 ore).

Standard CAMAC per strumentazione e controllo di processi (4 ore).

Esempio di interfaccia seriale per strumentazione e periferiche HP-IL (3 ore).

Cenni alla strumentazione su scheda VME e strumentazione VXI (2 ore).

- Strumentazione moderna per sistemi di misura automatici:

oscilloscopi digitali (6 ore)

analizzatori logici (2 ore)

analizzatori di reti (cenni) e analizzatori di spettro (2 ore).

- La misura di grandezze fisiche mediante sensori e trasduttori

L'acquisizione di segnali analogici: generalità, problematiche e architetture (2 ore)

Sensori e trasduttori: caratteristiche essenziali (2 ore)

Principi di funzionamento dei sensori più diffusi, condizionamento e linearizzazione (2 ore)

Esempio di linearizzazione di un termistore e progetto di sistema per la misura di temperatura, sorgenti di errore e loro valutazione (4 ore)

- Acquisizione multicanale:

Aspetti progettuali, scanner, filtri, circuiti di campionamento e conversione A/D, sorgenti di incertezze, di disturbi e tecniche per la riduzione degli effetti, disposizione delle masse (4 ore).

- Cenni ai sistemi automatici di collaudo (ATE)

Generalità sul collaudo "in circuit" di schede elettroniche: strategie di misura e collaudo, architettura dei sistemi (4 ore).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni di laboratorio sono svolte a gruppi di 4 allievi e hanno le caratteristiche di una tesina (compatibilmente col numero di iscritti al corso) con relazione da discutere in sede di esame.

- Il software LAB-VIEW introduzione (2ore)
- Progetto e realizzazione di uno strumento di misura virtuale basato su software LAB VIEW. (40 ore)
tracciare di caratteristiche di diodi e transistori
- Sviluppo di programma per la gestione di strumentazione mediante l'interfaccia IEEE-488 (16 ore)

BIBLIOGRAFIA

M.G. Mylroi, G. Calvert: Measurement and Instrumentation for control, Peter Peregrinus Ltd. (IEE)

S. Pirani: Sistemi automatici di misura e acquisizione dati IEEE-488.1, Esculapio, Bologna 1990. Edelektron ed.: Metodi di interfacciamento.

ESAMI

Consistono in una prova scritta consistente in 5-6 esercizi riguardanti argomenti del corso ed una prova orale che comprende una discussione sulla tesina elaborata in esercitazione.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

BIBLIOGRAFIA

H5450 **TECNICA DELLA SICUREZZA ELETTRICA**

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore sett.) lezioni: 6 esercitazioni: 2
Docente: **Vito CARRESCIA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso intende fornire agli allievi i fondamenti della tecnica della sicurezza elettrica, cioè i modi con cui rendere sicuro per le persone l'uso dell'energia elettrica. Dopo una panoramica sugli effetti della corrente elettrica sul corpo umano si studiano i sistemi di protezione contro i contatti diretti e indiretti, con e senza interruzione automatica del circuito. Si affronta anche il problema della protezione delle condutture contro le sovracorrenti, della sicurezza dei circuiti di comando, del sezionamento, dei luoghi con pericolo di esplosione, delle radiazioni non ionizzanti.

REQUISITI

Elettrotecnica.

PROGRAMMA

Le basi legislative della sicurezza.

Gli enti normatori nazionali e internazionali. La conformità alle norme degli apparecchi e degli impianti. Il diritto nazionale e internazionale nel settore elettrico. La marcatura CE. La legge 46/90 sulla sicurezza degli impianti. Il marchio di qualità. Il rapporto tra norme di legge e norme di buona tecnica. Applicabilità delle norme agli impianti preesistenti. Alcuni dati statistici sugli infortuni elettrici. [8 ore]

Principi generali di sicurezza.

Definizione di sicurezza e di rischio. Sicurezza di un sistema. Relazione tra sicurezza e affidabilità. Individuazione del livello di sicurezza accettabile. Il rischio indebito.

L'errore umano. [4 ore]

Brevi richiami di elettrofisiologia.

Effetti pato-fisiologici della corrente elettrica sul corpo umano. Limiti di pericolosità della corrente elettrica. Resistenza elettrica del corpo umano. [4 ore]

Il terreno come conduttore elettrico.

La resistenza di terra. I potenziali sulla superficie del terreno. Dispensori in parallelo. Tensione totale e tensione di contatto a vuoto e a carico. [2 ore]

Isolamento funzionale, principale, supplementare, rinforzato.

Definizione di massa. Curva di sicurezza. Massa estranea. Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla tensione. [4 ore]

Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TT.

Necessità della protezione differenziale. L'equipotenzialità. Il relè di tensione. Il conduttore di neutro nei sistemi TT. [4 ore]

Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TN.

Rispetto della curva di sicurezza. Tensioni sul neutro. Il guasto non franco a terra. Reti pubbliche di distribuzione dell'energia: sistemi TT e TN. [4 ore]

Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi IT.

Sovratensioni per guasto resistivo e induttivo a terra. [2 ore]

Protezione contro i contatti indiretti senza interruzione automatica del circuito.

Trasformatore d'isolamento, apparecchi di classe seconda e di classe zero. [2 ore]

Protezione contro i contatti indiretti in alta tensione.

Dispensore profondo. Misura delle tensioni di contatto e di passo. Interfaccia con l'impianto di terra di bassa tensione. Messa a terra del neutro. Cenni all'esecuzione dell'impianto di terra. [4 ore]

Protezione contro i contatti diretti: misure totali e parziali; passive e attive.

Isolamento, barriere e involucri. Gradi di protezione IP. Protezione contro i contatti diretti offerta dagli interruttori differenziali. [4 ore]

Sistemi elettrici di categoria zero: bassissima tensione di sicurezza, di protezione e funzionale. Confronto delle misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti. Luoghi a maggior rischio elettrico, luoghi conduttori ristretti. [4 ore]

Misure di protezioni particolari in ambiente medico.

Microshock. Sicurezza delle apparecchiature elettromedicali. Elettrobisturi. [2 ore]

Sezionamento e comando. [4 ore]

Comando d'emergenza. Comando funzionale. L'interruttore generale. Interruzione per motivi non elettrici. Circuiti di comando: sicurezza contro l'azionamento intempestivo.

Portata di un cavo.

Curva di sovraccaricabilità di un cavo. Dispositivi di protezione di sovracorrente. Requisiti del dispositivo di protezione contro il sovraccarico. [4 ore]

Brevi richiami alla corrente di cortocircuito.

Sollecitazioni termiche in condizioni di cortocircuito. Requisiti del dispositivo di protezione contro cortocircuito. [4 ore]

Applicazione dei dispositivi di protezione contro il sovraccarico ed il cortocircuito.

Dispositivo di protezione unico e dispositivi distinti. Protezione contro le sovracorrenti nei sistemi TT, TN e IT. [4 ore]

Protezione dei motori contro il sovraccarico e il cortocircuito.

Requisiti dell'alimentazione di sicurezza, con particolare riferimento all'illuminazione di sicurezza. [4 ore]

Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione:

individuazione dei centri di pericolo, delle condizioni di ventilazione, della estensione e qualifica delle zone AD. [4 ore]

Modi di protezione per le costruzioni elettriche da utilizzare in atmosfera esplosiva.

Tipi di impianti elettrici a sicurezza. Scelta del tipo di impianto adatto alla zona AD. [4 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Progetto dell'impianto di terra di una stazione di trasformazione. [4 ore]

Confronto e analisi delle misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti. [4 ore]

Misure della resistenza di terra e delle tensioni di contatto di passo in una officina elettrica dell'ENEL. [4 ore]

Determinazione della lunghezza massima protetta di un circuito protetta da un fusibile. [4 ore]

Visita ai laboratori dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità e del Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano, Milano. [8 ore]

BIBLIOGRAFIA

V. Carrescia, *Fondamenti di sicurezza elettrica*, Edizioni TNE.

P5490 **TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI**

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore sett.) lezioni: 4 esercitazioni: 4 laboratori ed attività assistita: 3
Docente: **Adelmo CROTTI** (collab.: **Cristina PRONELLO**)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso ha lo scopo di fornire i fondamenti dell'ingegneria dei trasporti attraverso la trattazione delle principali teorie che stanno alla base della pianificazione, della tecnica e della gestione dei sistemi di trasporto.

Si configura pertanto come corso formativo e informativo di settore e propedeutico per i corsi specialistici del 5° anno.

REQUISITI

Istituzioni di economia (Civ.) - Meccanica applicata alle macchine/Macchine - Elettrotecnica - Ricerca Operativa.

PROGRAMMA

I MODULO: ELEMENTI DI ECONOMIA DEI TRASPORTI E DELLE IMPRESE DI TRASPORTO

- Le basi storiche dell'attuale assetto dei trasporti. La politica dei trasporti in Italia e nei paesi industrializzati. L'organizzazione dei trasporti in Italia (lez. 8 h, esercit. 0 h).
- La spesa nazionale nel settore trasporti ed il conto nazionale dei trasporti. Le forme di mercato e le sue imperfezioni. I costi di produzione. Le tariffe. Le sovvenzioni alle imprese, la politica fiscale. Analisi della domanda e dell'offerta di trasporto (lez. 8 h, esercit. 0 h).
- I Bilanci e gli indicatori gestionali. Costi e ricavi totali, medi e marginali. Punto di pareggio e di massimo profitto. Organizzazione delle imprese (lez. 4 h, esercit. 12 h).

II MODULO: ELEMENTI DI TECNICA DEI TRASPORTI: IL MOTO ED IL DEFLUSSO DEI VEICOLI TERRESTRI

- Caratteristiche e prestazioni dei veicoli terrestri. Il moto del veicolo: forze attive e resistenze. Caratteristiche meccaniche dei motori di trazione. Fasi caratteristiche del moto (lez. 8 h, esercit. 10 h).
- Caratteristiche e prestazioni delle infrastrutture stradali e ferroviarie. Le teorie del deflusso: capacità e potenzialità di trasporto. I sistemi a guida libera e a guida vincolata. Sistemi di esercizio e regimi di circolazione. (lez. 8 h, esercit. 6 h).
- Le prestazioni dei sistemi di trasporto. Sistemi di trasporto integrati, nodi di interscambio, intermodalità. I trasporti metropolitani. Il dimensionamento dei servizi. Le risorse per la produzione del trasporto (lez. 4 h, esercit. 4 h).

III MODULO: ELEMENTI PROPEDEUTICI ALLA PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI E LA VALUTAZIONE DEGLI INVESTIMENTI E DEI PROGETTI

- La statistica descrittiva e induttiva: probabilità, distribuzioni di frequenza. Il campionamento (lez. 2 h, esercit. 6 h).
- L'interpolazione. La regressione. La correlazione (lez. 0 h, esercit. 4 h).
- Le serie storiche: trend e componenti della serie. Metodi previsionali: curva ad occhio, media mobile, metodi regressivi, exponential smoothing. (lez. 0 h, esercit. 4 h).
- Modelli di domanda e di offerta. Modelli previsionali. Tecniche quantitative per la pianificazione dei trasporti (lez. 4 h, esercit. 0 h).
- L'analisi finanziaria. L'analisi economica. L'analisi costo-efficienza (lez. 4 h, esercit. 4 h).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nello svolgimento di esercizi relativi ai temi trattati in modo teorico a lezione. Alcune esercitazioni comprendono sia la spiegazione teorica dell'argomento che l'applicazione pratica (es. il modulo propedeutico alla pianificazione dei trasporti).

BIBLIOGRAFIA

Per ogni argomento verranno fornite le dispense e l'indicazione bibliografica ed il testo di pubblicazioni in tema.

TESTI AUSILIARI

Mario Del Viscovo: "Economia dei Trasporti" UTET; Vincenzo Torrieri: "Analisi del sistema dei trasporti" FALZEA, Reggio Calabria; Marino De Luca: "Tecnica ed Economia dei Trasporti" CUEN, Napoli.

ESAME

Prova d'esame scritta e orale.

ESAME SCRITTO

Risoluzione di esercizi su argomenti trattati nelle esercitazioni, senza possibilità di consultazione di testi e appunti.

1. È previsto un accertamento a fine corso che permette di non sostenere la prova scritta, qualora risulti sufficiente.
Tale accertamento è valido per l'intero anno accademico.
2. Per ciascuna sessione d'esame vi sarà una sola prova scritta nel primo appello che darà la possibilità di sostenere la prova orale in qualsiasi appello della medesima sessione.

ESAME ORALE:

Per l'ammissione alla prova orale occorre aver superato con esito almeno sufficiente la prova scritta.

Anno: 3	Periodo: 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni: 2
Docenti:	Ignazio AMATO, Francesco MARINO per TMCA, Donato FIRRAO, Giorgio SCAVINO per TMM (collab.: Roberto DOGLIONE, Graziano UBERTALLI)	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di rendere note le conoscenze sul comportamento dei materiali allo scopo di indirizzarne la scelta nelle costruzioni meccaniche; in particolare vengono esposti i principi fondamentali del comportamento dei materiali in riferimento alle loro caratteristiche meccaniche ed all'influenza esercitata da composizione chimica, struttura, microstruttura, eventuali trattamenti termici e lavorazioni meccaniche. Vengono presi in esame i materiali ceramici, metallici, polimerici e compositi descrivendo i processi di ottenimento dei componenti meccanici, le proprietà derivate e le applicazioni. Per le leghe metalliche vengono inoltre illustrate le principali classi di acciai, ed i trattamenti termici e termochimici atti a conferire le caratteristiche meccaniche richieste, le ghise e le leghe di alluminio e rame, con i relativi meccanismi di rafforzamento e le modalità di scelta in opera. Una parte del corso è dedicata sia ai combustibili, allo scopo di fornire le informazioni teoriche ed applicative per i processi di combustione per la generazione di energia, sia ai lubrificanti ed ai meccanismi chimico-fisici della lubrificazione, sia ai trattamenti industriali delle acque.

PROGRAMMA

- *M/CH Presentazione del corso*: argomenti trattati, impegno orario, difficoltà della materia, modalità d'esame. [1 ora]
- *CH Scienza dei Materiali*: I solidi. L'ordine nei solidi. Cristalli e strutture cristalline. Solidi ionici, solidi covalenti, solidi metallici: legami, struttura e proprietà. Solidi policristallini, microstruttura. Stato vetroso. Stato polimerico [4 ore]
- *M Le fasi metalliche*: Reticoli cristallini di strutture cubiche ed esagonali nei metalli. Indicizzazione di direzioni e piani. Lacune ottaedriche e tetraedriche, soluzioni solide interstiziali e sostituzionali, soluzioni solide ordinate, trasformazioni ordine-disordine, fasi di Hume-Rothery, Laves e semimetalliche, carburi, fasi intermedie [4 ore].
- *M Difetti nei cristalli e rafforzamento di leghe*: vacanze, dislocazioni di spigolo ed a vite. Linea di dislocazione. Vettore di Burgers. Movimenti delle dislocazioni durante la deformazione plastica dei cristalli metallici. Rafforzamento dei cristalli per soluzione solida. Inserimento di atomi sostituzionali ed interstiziali attorno ad una dislocazione. Atmosfere di Cottrell e loro influenza sulla mobilità delle dislocazioni. Sistemi di slittamento nei cristalli esagonale compatto, cubico facce centrate e cubico corpo centrate. Tensione critica di taglio in un monocristallo: influenza delle impurezze e della temperatura. Rafforzamento del rame per aggiunta di zinco e rafforzamento della ferrite per aggiunta di vari elementi. Bordi dei cristalli e loro influenza sulla deformabilità dei cristalli. Influenza delle dimensioni dei cristalli sulla resistenza allo snervamento. Relazione di Petch. Individuazione delle dimensioni dei cristalli secondo il metodo ASTM. Punto di snervamento inferiore e superiore. Deformazioni elastiche e plastiche. Equazione costitutiva delle curve di scorrimento dei materiali incruditi. Esponente di incrudimento. Rafforzamento per incrudimento. Variazione della densità delle dislocazioni durante l'incrudimento. Invecchiamento. Allungamento uniforme e totale. Influenza delle particelle di fasi secondarie su tali parametri [4 ore].

- *CH Influenza dei difetti nei solidi su:* Diffusione. Energia superficiale, bagnabilità, capillarità, adsorbimento [2 ore].
- *CH Proprietà dei Materiali:* Resistenza a trazione, compressione. Modulo elastico. Limite di snervamento. Durezza. Fatica meccanica. Dilatazione termica e fatica termica. Scorrimento (creep) Resilienza. Urto termico. Comportamento meccanico dei materiali metallici, ceramici e polimerici [4 ore].
- *M Frattura dei materiali metallici:* Fenomeni che intervengono nella rottura duttile: nucleazione e collegamento di pori formati attorno alle particelle di fasi secondarie. Assorbimento di energia nelle rotture duttili e fragili. - Cenni al meccanismo della frattura (formazione, propagazione, morfologia) - Frattura fragile, duttile e temperatura di transizione [2 ore].
- *CH Acque, Combustibili, Lubrificanti:* Durezza acque ed addolcimento. Depurazione acque. Combustibili: classificazione. Poteri calorifici. Temperatura di combustione. Temperatura di accensione. Combustione ed inquinamento. Abbattimento inquinanti. Lubrificanti e lubrificazione [10 ore].
- *CH Equilibri di fase e trasformazioni di fase:* Esame dei principi che controllano la formazione delle fasi, la loro stabilità e la loro compatibilità. Principi dei diagrammi di stato. Descrizione ed analisi dei diagrammi di stato di importanza pratica di tipo binario. Cenni sui diagrammi di stato ternari [4 ore].
- *M Relazione proprietà meccaniche/diagramma di stato Influenza della velocità di raffreddamento sui diagrammi di stato (segregazioni):* il caso ferro/carbonio, Diagramma di stato Fe/cementite e Fe/grafite [4 ore].
- *M Ricottura di ricristallizzazione:* ricottura di un materiale incrudito, "recovery" ricristallizzazione e crescita dei cristalli. Temperatura di ricristallizzazione. Lavorazioni meccaniche a freddo e a caldo [1 ora].
- *M Imbutitura ed acciai da profondo stampaggio:* coefficiente d'anisotropia normale nella caratterizzazione delle lamiere. Prove tecnologiche di imbutibilità delle lamiere: prova Erichsen, Luft-Dietrich, Swift, Fukui; indice Erichsen; limiting drawing ratio, variazioni dell'indice Erichsen con lo spessore delle lamiere e con l'invecchiamento. Acciai per stampaggio laminati a freddo. Normativa italiana per gli acciai da stampaggio. Composizione chimica degli acciai da stampaggio [1 ora].
- *M Rafforzamento delle leghe per precipitazione - leghe di alluminio:* proprietà meccaniche delle leghe bifasiche: influenza della microstruttura. Rafforzamento delle leghe metalliche per dispersione di fasi secondarie; rafforzamento per precipitazione. Particelle coerenti ed incoerenti. Fenomeni di precipitazione nelle leghe di alluminio: zone di Guinier - Preston e fasi η e η' nelle leghe Al-Cu. Variazione di durezza in funzione del tempo di invecchiamento naturale ed artificiale dopo solubilizzazione. Trattamenti termomeccanici. Cicli di trattamento per le leghe di alluminio per deformazione plastica. Fasi indurenti che possono precipitare nelle leghe di alluminio. Classificazione convenzionale e numerica delle leghe di alluminio. Sistema americano di designazione dei trattamenti termici delle leghe di alluminio. Alluminio e sue leghe: leghe per deformazione plastica: duralluminio e superduralluminio. Leghe placcate. Variazione di densità e modulo elastico in funzione dell'aggiunta di elementi leganti; leghe Al-Li. Cenni sulla tecnologia di fonderia: fusione e colata, formatura, formatura delle anime, ramolaggio, scassetatura. Leghe di alluminio per fonderia e relativi diagrammi di stato. Leghe Al-Si e modificazione dell'eutettico: leghe silumin, anticorodal e alpac. Leghe Al-Cu per fonderia [4 ore].
- *M Leghe di magnesio e di rame:* leghe Elektron Mg-Al, leghe Mg-Al-Zn e Mg-Zn, leghe Mg-Al-Ag. Rame per elettrotecnica: influenza di impurezze tipo O, Bi, Pb; effetto del P. Leghe Cu-As e Cu-Cd per conduttori aerei. Leghe Cu-Pb per trolley. Diagrammi Cu-Cu₂O, Cu-Bi, Cu-Pb, Cu-P. Resistenza alla corrosione delle leghe di Cu. Diagrammi di stato Cu-Zn, fasi α , β e β' . Ottoni del primo e del secondo titolo. Temperatura di ricristallizzazione degli ottoni. Diagrammi di ricristallizzazione. Corrosione per impoverimento di Zn. Ottoni a lavorabilità migliorata mediante aggiunta di Pb. Leghe Cu-Al, Cu-Al-Zn; leghe Cu-Ni: leghe Monel, alpacche, bronzi allo Sn. Leghe antifrizione a base di Cu. Leghe di Cu induribili per precipitazione. Normativa italiana sulle leghe di Cu [3 ore].

- *CH Materiali ceramici*: classificazione funzionale. Preparazione polveri. Tecnologia di fabbricazione componenti ceramici. Ceramici strutturali. Ceramici termomeccanici. Vetri e vetro-ceramici. Metallo-ceramici ed utensili da taglio. Rivestimenti: materiali e processi [10 ore].
- *M/CH Leghe ferrose*: Processi siderurgici (materie prime, chimica dell'alto forno) - - Processi di affinazione della ghisa (convertitori soffiati e non soffiati)- Colata - Liquazione - Colata in lingottiera e difetti dei lingotti di acciai. Processi ed impianti di colata continua, [2 ore].
- *M Trasformazioni allo stato solido e trattamenti termici degli acciai*: trasformazione eutettoidea. Nucleazione ed accrescimento della perlite da cristalli di austenite di composizione eutettoidea. Curve di trasformazione isoterma degli acciai al carbonio di composizione eutettoidea (curve TTT). Trasformazione martensitica, M_s ed M_f . Velocità critica di tempra. Cella unitaria della martensite, distorsione di Bain. Trasformazione bainitica, B_s e B_f . Influenza della temperatura di trasformazione perlitica sulla spaziatura delle lamelle di cementite. Curve di trasformazione degli acciai al carbonio eutettoideici per raffreddamento continuo (curve CCT). Tempi di raffreddamento di barre di acciaio di vario diametro in acqua, olio e aria. Influenza dei vari mezzi di raffreddamento sulle microstrutture e le durezze degli acciai eutettoideici dopo trasformazione per raffreddamento continuo: ricottura completa, normalizzazione, tempra in acqua ed in olio. Curve TTT degli acciai al carbonio ipertettoideici. Curve CCT degli acciai al carbonio ipoetotettoideici. Curve ad U degli acciai. Caratteristiche della martensite. Acciai ipereutettoideici: esempi di curve TTT e CCT. Curve TTT e CCT degli acciai legati con diversi contenuti di carbonio. Austenite residua ed influenza della temperatura di raffreddamento sul suo tenore. Concetti fondamentali sulla conduzione del calore e sul trasporto di calore all'interfaccia solido-liquido e solido-gas. Mezzi tempranti e numero di Grossmann (H) per caratterizzare la severità del mezzo temprante. Mezzo temprante ideale. Diametro critico e diametro ideale critico; concetto di temprabilità degli acciai. Fattori di Grossmann per il calcolo del diametro ideale critico. Prova Jominy per determinare la temprabilità degli acciai. Fattori che influenzano la forma delle curve Jominy: percentuale di carbonio e diametro ideale critico; determinazione delle curve Jominy per via di calcolo. Correlazione tra curve Jominy e profili di durezza in barre di acciaio temprato. Determinazione delle curve ad U degli acciai. Curve di Lamont per vari mezzi tempranti. Variazioni dimensionali nel passaggio austenite-martensite. Cricche di tempra. Trattamenti particolari di tempra per evitare cricche e distorsioni importanti: tempre attenuate ed interrotte. Trasformazioni strutturali nelle tempre attenuate bainitiche e semi-bainitiche. Impianti di tempra continui e discontinui: forni a tunnel, a camera ed a suola ruotante. Trasformazioni strutturali e variazioni dimensionali che intervengono durante i tre stadi del rinvenimento. Fragilità da rinvenimento. Influenza del Mo nell'attenuare tale fenomeno. Variazione delle curve Jominy dopo il rinvenimento e calcolo delle curve ad U dopo il rinvenimento. Influenza degli elementi leganti durante il rinvenimento. Durezza secondaria. Calcolo della durezza degli acciai dopo rinvenimento. Effetto cumulativo di tempo e temperatura nei processi di rinvenimento: parametro di Hollomon-Jaffe, [10 ore].
- *M Atmosfere controllate e trattamenti termici*: atmosfere controllate endotermiche ed esotermiche. Pratica dei trattamenti di bonifica: cicli termici completi. Patentamento degli acciai. Introduzione alla cementazione ed ai trattamenti termici superficiali: influenza della resistenza a fatica ed ad usura. Cementazione: potenziale di carbonio delle atmosfere carburanti. Influenza dell'ossido di carbonio e del metano sulla cementazione. 1ª e 2ª legge di Fick. Soluzione della 2ª legge di Fick nel caso di concentrazione superficiale costante. Funzione degli errori. Relazione spessore-tempo di cementazione. Cementazione gassosa ed in plasma. Trattamenti termici dopo cementazione. Acciai per cementazione. Nitrazione: diagramma stabile e metastabile Fe-N. Fasi g' ed e : Reazioni ammoniaca-acciaio. Diagramma di Leher di equilibrio tra le fasi nitrurate e le miscele ammoniaca-idrogeno. Strati superficiali e strati di diffusione. Evoluzione nel tempo della profondità di diffusione. Acciai per nitrurazione: importanza degli elementi leganti. Cicli di nitrurazione. Caratteristiche della fase e . Cenni sulla nitrocarburazione. Processi di tempra superficiale al canello e per induzione elettromagnetica. Tempra in stazionario ed in progressivo. Acciai per tempra superficiale e loro cicli termici, [6 ore].

- *M Acciai comuni e legati*: Influenza degli elementi leganti negli acciai: elementi alfogeni ed austenitizzanti. Acciai inossidabili: generalità ed influenza del cromo. Acciai inossidabili ferritici e martensitici al cromo. Acciai inossidabili austenitici e fragilità di rinvenimento. Effetto di Mo, Nb, Ti, Ta, sulla stabilizzazione dei carburi. Acciai per carpenteria metallica. Elementi di saldatura; saldabilità degli acciai. Considerazioni sulla composizione degli acciai per costruzioni saldate. Acciai al silicio: effetto dell'elemento sul diagramma di stato Fe-C e sulla resistenza al rinvenimento. Acciai per molle e per valvole di motori a combustione interna. Acciai al manganese: effetto sui punti critici e temprabilità. Acciai autotemperanti ed indeformabili. Acciai Hadfield. Acciai al Nichel: effetto dell'elemento sui punti critici e temprabilità. Acciai per impieghi criogenici. Acciai marageing; trattamenti termici ed applicazioni. Acciai per utensili per le lavorazioni meccaniche: effetto del cromo, molibdeno, vanadio sulla resistenza al rinvenimento e sull'indurimento secondario. Acciai per stampi per deformazione a caldo. Acciai per lavorazioni per deformazione a freddo. Acciai rapidi e loro trattamento termico. Trattamenti termochimici superficiali degli acciai per utensili [6 ore].
- *CH Materiali polimerici*: Classificazione materiali polimerici. Materiali termoplastici: processi, proprietà. Materiali termoindurenti: processi, proprietà. Materiali elastomerici (gomme): processi, proprietà. Riciclo materiali polimerici a fine vita [10 ore].
- *M Ghise*: classificazione in ghise nere, grigie e bianche. Condizioni per la solidificazione secondo il diagramma di stato Fe-grafite e Fe-cementite. carbonio equivalente. Ghise grigie per getto. Struttura e morfologia ottimale della grafite. Processi di inoculazione prima della colata. Classificazione UNI delle ghise grigie. Ghise sferoidali. Caratteristiche meccaniche e modalità di produzione. Ghise malleabili: caratteristiche e cicli termici. Colata in terra e in conchiglia delle ghise [2 ore].
- *CH Materiali compositi: I materiali di rinforzo*: fibre di vetro, fibre carbonio, fibre ceramiche. Comportamento meccanico compositi. Compositi a matrice polimerica. Compositi a matrice ceramica e metallica. Nanocompositi [5 ore].

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

M Esercizi di cristallografia e di applicazione della legge di Bragg [2 ore]

M Prove meccaniche sui materiali - Trazione - Resilienza - Durezza (con prove sperimentali in laboratorio) - Fatica - Scorrimento viscoso - Significato di un test di compressione e modulo di rottura MOR - Interpretazione dei dati ai fini della progettazione: Parametro di Larson/Miller, [4 ore].

CH Combustibili e lubrificanti, [2 ore]

M Analisi microscopica dei materiali: metallografia e ceramografia [2 ore]

M Classificazione degli acciai [2 ore]

CH Acque, [2 ore]

M Trattamenti termici, [2 ore]

Legenda: *CH* = Tecnologia dei materiali e chimica applicata. *M* = Tecnologia dei materiali metallici

BIBLIOGRAFIA

C. Brisi "Chimica Applicata", ed. Levrotto & Bella, 1982.

A. Burdese "Metallurgia e tecnologia dei materiali metallici", ed. UTET Torino.

W. Kurz, J.P. Mercier e G. Zambelli: "Introduzione alla Scienza dei Materiali", ed. Hoepli, Milano, 1994.

I. Amato, L. Montanaro "Lezioni dal Corso di Scienza e Tecnologia Ceramiche", ed. Cortina, Torino, 1995.

W. Hellerich "Prontuario Materie Plastiche", ed. Tecniche Nuove, Milano, 1984.

K. Nagdi "Manuale della Gomma" ed. Tecniche Nuove, Milano, 1987.

ESAME

Esame orale.

H5640 TECNOLOGIA MECCANICA

Anno: 4	Periodo: 2		
Impegno (ore totali)	lezioni: 50	esercitazioni: 40	laboratorio: 10
Docente:	Francesco SPIRITO		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Obiettivi del corso sono: fornire l'insieme di nozioni necessarie a comprendere come possa essere prodotto un particolare meccanico; analizzare i diversi elementi componenti la macchina utensile; studiare i fondamenti teorici dei processi di lavorazione con asportazione di materiale e per deformazione plastica; introdurre i primi elementi di gestione delle macchine utensili; presentare una panoramica delle lavorazioni non convenzionali.

REQUISITI

Comprensione di un disegno tecnico, nozioni sulle caratteristiche dei materiali metallici, elementi di scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA

La prima parte del corso ha carattere prevalentemente propedeutico e fornisce un'ampia panoramica dei principali elementi componenti la macchina utensile; vengono inoltre sviluppati gli aspetti teorici connessi alle operazioni di taglio con asportazione di materiale.

Ampio spazio viene dedicato alle macchine utensili a CN, sviluppandone sia l'aspetto costruttivo sia l'aspetto applicativo. Vengono trattate le basi del linguaggio di programmazione. In stretta connessione con le macchine a CN, si esaminano i sistemi integrati di produzione ed il CAM.

Vengono inoltre trattate le lavorazioni per deformazione plastica, considerate mezzo per l'ottenimento di semilavorati per le lavorazioni ad asportazione di truciolo.

La parte finale del corso è dedicata ad una panoramica delle tecnologie di lavorazione non convenzionali (EDM, ECM, laser, ecc.).

Si esaminano inoltre le problematiche connesse all'insieme di più macchine utensili in un flusso di produzione al fine di minimizzare i tempi non operativi.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni:

Stesura di cicli di lavorazione.

Analisi delle principali macchine universali.

Ottimizzazione flusso di produzione.

Laboratori:

Visione delle principali macchine utensili.

Prove tecnologiche.

BIBLIOGRAFIA

R. Ippolito, *Appunti di Tecnologia Meccanica*, Levrotto & Bella, Torino.

P5720 TECNOLOGIE SPECIALI

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 56 esercitazioni: 48
Docente: **Augusto DE FILIPPI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del Corso è l'ampliamento delle conoscenze sui processi tecnologici utilizzati dalle industrie manifatturiere del settore meccanico per la fabbricazione in media e grande serie di prodotti anche in materiali innovativi. Vengono innanzitutto discusse, nell'ambito della Produzione Snella e dell'Ingegneria Simultanea, le relazioni tra progettazione, fabbricazione e montaggio, affrontando le tematiche del *Design for Manufacture* (DFM) e del *Design for Assembly* (DFA). Sono quindi analizzati i processi per la fabbricazione di parti in materiali polimerici termoplastici o termoindurenti, la metallurgia delle polveri, le macchine e i sistemi produttivi con automazione rigida o ibrida, l'attrezzaggio delle macchine utensili e la scelta delle condizioni ottimali di taglio. Alcuni metodi non convenzionali di lavorazione sono trattati nel corso del programma, in quanto collegati con le tematiche principali.

The Course is compulsory for the students who choose the "Manufacturing" trend and completes the trilogy of technological courses which started during the 3rd year.

First of all are discussed, in the ambit of Lean Production and Simultaneous Engineering, the relationships among design, manufacturing and assembly, by analysing the topics of DFM and DFA. Follows the treatment of manufacturing systems characterized by rigid or flexible automation as well of cutting conditions optimization and fixture design. Problems connected with some particular productive processes (powder metallurgy, plastic part technology and non traditional machining techniques) are also examined.

The lessons are integrated with practical exercises, aimed to the application of the theoretical knowledge, and with visits to some industrial plants.

REQUISITI

Sono da considerarsi propedeutici i Corsi di *Scienza delle Costruzioni* e di *Meccanica Applicata alle Macchine*, oltre naturalmente ai Corsi nei campi del disegno e della tecnologia meccanica.

PROGRAMMA

1. Introduzione al Corso. Produzione Snella e Ingegneria Simultanea.

Produzione e sua organizzazione. Cenni storici. Progettare per la fabbricazione (DFM) e progettare per il montaggio (DFA): critica economica del progetto e scelta del processo produttivo; scelta del materiale e delle tolleranze di lavorazione; accorgimenti progettuali per ridurre i tempi di lavorazione e di montaggio; prototipazione rapida e sue applicazioni nello stampaggio della lamiera e dei materiali polimerici, e nella fusione (Rapid Tooling).

2. Processi per la formatura dei materiali polimerici e metallurgia delle polveri.

Materie plastiche e compositi: caratteristiche reologiche, settori di utilizzo, riciclaggio; processi per la fabbricazione di prodotti in plastica; costruzione di manufatti in composito e loro lavorazione. Metallurgia delle polveri: materiali e loro proprietà; fasi tecnologiche essenziali e lavorazioni complementari; confronti con altri processi di fabbricazione; criteri per la progettazione dei pezzi; controlli e collaudi.

3. Macchine utensili con automazione rigida o ibrida.

Macchine utensili con automazione rigida: torni automatici plurimandrino e loro evoluzione verso il Controllo Numerico con soluzioni ibride, macchine con teste operatrici multiple, linee a trasferimento.

4. Criteri per l'uso ottimale e per l'attrezzaggio delle macchine utensili.

Ottimizzazione delle condizioni di taglio in presenza di vincoli (leggi non tayloriane per la durata dell'utensile, limiti posti dal sistema formato da macchina utensile - utensile - pezzo).

Attrezzature di lavorazione: classificazione e campi di utilizzo, componenti caratteristici e loro costruzione, attrezzature modulari e la loro progettazione automatica con l'integrazione CAD-Sistema Esperto.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Il programma delle Esercitazioni potrà subire variazioni dettate da esigenze didattiche e organizzative. In linea di massima si prevedono i temi seguenti:

Applicazioni dei concetti DFM e DFA.

Analisi di uno stampo per l'iniezione della plastica con valutazione analitica delle voci di costo e del numero ottimale delle impronte.

Stage presso aziende per l'analisi di processi produttivi con stesura di una relazione tecnica.

Studio di una linea rigida a trasferimento.

Progettazione di componenti di attrezzature di bloccaggio.

Visite di impianti produttivi presso Aziende.

BIBLIOGRAFIA

- Appunti del Docente

- S. Kalpakjian, *Manufacturing Engineering and Technology*, Addison-Wesley

- M. Rossi, *Attrezzature meccaniche e lavorazioni in serie*, Tecniche nuove.

ESAME

Non essendo previsti accertamenti durante il Corso esiste unicamente l'esame finale che prevede la sola prova orale. Alla valutazione contribuisce il giudizio sulle relazioni preparate durante le Esercitazioni.

D5880 **TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE**

Anno: 5	Periodo: 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4	esercitazioni: 4
Docente:	Mario VILLA (collab.: Francesco IANNELLI)	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire le conoscenze teoriche e le tecniche applicative necessarie ad affrontare e risolvere i principali problemi relativi al traffico e alla circolazione delle persone e dei veicoli sia nella fase di formazione della domanda di spostamento che nella fase di movimento e sosta. Si affrontano altresì gli argomenti della modellizzazione dei fenomeni della mobilità urbana e delle tecniche per il loro uso nella pianificazione della circolazione, delle indagini sulla domanda di spostamenti avendo come riferimento la redazione dei Piani Urbani del Traffico previsti dal Codice della strada e dalla sua normativa, con riferimento agli obiettivi che lo stesso codice delinea (fluidità, sicurezza, qualità dell'ambiente, riduzione dell'inquinamento). Infine vengono trattate le questioni della applicazione dei piani e delle procedure di valutazione di efficacia ed efficienza delle politiche adottate.

REQUISITI

Opportuna la frequenza di Tecnica ed economia dei trasporti.

PROGRAMMA

[1. settimana]

□ La pianificazione della mobilità e della circolazione. Le relazioni fra il sistema economico e territoriale e la mobilità.

La generazione della domanda di mobilità espressa dal territorio. I fenomeni della crescita urbana e le variabili fondamentali. I sistemi urbani lavoro-residenze e servizi.

La mobilità urbana.

La sequenza delle procedure di pianificazione: la definizione degli obiettivi, dei vincoli e degli scenari. Le variabili economiche, urbanistiche, tecnologiche e comportamentali.

[2. settimana]

La generazione della mobilità: Le indagini O/D: a larga scala, alla scala urbana, alla scala microurbana, le indagini ISTAT.

[3. settimana]

La modellistica di generazione degli spostamenti.

I fenomeni della interattività economica e della mobilità. I fenomeni gravitazionali. I fenomeni della integrazione delle funzioni in rete e la mobilità di rete.

La modellistica dei fenomeni interattivi: gravitazionale, etc. I fenomeni dissuasivi.

[4. settimana]

La distribuzione degli spostamenti sul territorio e alla scala urbana: modelli di interazione spaziale a semplice doppio vincolo, le matrici di calibrazione, le matrici dei tempi. I modelli di Fratar. Il modello di equilibrio preferenziale.

Il sistema dell'offerta: l'offerta di infrastrutture e di servizi di trasporto.

La determinazione quantitativa e qualitativa della offerta.

[5. settimana]

La teoria della capacità delle strade.

Teoria del deflusso ininterrotto. Modelli deterministici, modello di Greenberg o General Motor, modelli lineari e modelli quadratici; tecniche di stima della capacità delle sezioni stradali. Il manuale HCM; le rilevazioni di flusso, le indagini di flusso, il trattamento dei dati e gli archivi; le tecniche e le tecnologie del rilevamento.

[6. settimana]

La regolazione delle intersezioni. Le intersezioni e il flusso interrotto.

La geometria delle intersezioni: a raso, a più livelli, a rotatoria, le rampe, le immissioni e le diversioni. *Software* applicativo.

La regolazione delle intersezioni: la regolazione passiva e la regolazione attiva. Principi di regolazione: il *software* applicativo.

La teoria del flusso veicolare interrotto: gli itinerari regolati con sistemi semaforici, il *software* applicativo.

[7. settimana]

Il comportamento dell'utente: la scelta dei percorsi e la scelta dei modi di trasporto. La scelta economica. I modelli di costo e di costo generalizzato, i modelli di opportunità.

La scelta intramodale degli itinerari, e la scelta intermodale. La modellistica di assegnazione: modelli lineari, modelli deterministici, modelli probabilistici. Il modello LOGIT.

Le tecniche previsionali. Le stime e la valutazione delle stime. La ricerca dei dati, la stima delle matrici.

[8. settimana]

La segnaletica stradale: l'efficacia e la visibilità. Il posizionamento, il distanziamento, il dimensionamento, i caratteri, i colori.

La sicurezza e l'incidentalità. L'analisi della sicurezza, la rilevazione degli incidenti, la statistica e la casistica incidentale, il verbale di incidente stradale. L'organizzazione del rilevamento e della archiviazione.

[9. settimana]

La questione ambientale. La normativa. Le emissioni di inquinanti atmosferici e sonori. La modellistica di diffusione, la modellistica di simulazione. Le normative nazionali. La VIA per il traffico e la circolazione.

[10. e 11. settimana]

La valutazione delle politiche sul traffico.

L'analisi C/B. La considerazione delle variabili economiche e territoriali.

L'analisi M/C. I sistemi multipreferenziali e le tecniche di valutazione.

[12. e 13. settimana]

La legislazione e la normativa

Il Codice della strada e l'art.36.

La circolare 2575/1984.

La legislazione ambientale e della fluidificazione.

La questione della sosta e la legge Tognoli per i Programmi Urbani dei Parcheggi.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono articolate in tre sezioni principali che fanno riferimento ad argomenti trattati nel corso e richiamano e sviluppano conoscenze e tecniche propedeutiche alla risoluzione dei problemi delle indagini sul traffico e della circolazione. In particolare:

1. Elementi di statistica necessari per la ricerca, l'analisi, l'elaborazione e la validazione dei dati usualmente utilizzati nelle indagini sulla mobilità e sul traffico. Sono previste numerose applicazioni numeriche. [1.-4. settimana]
2. Modellistica di pianificazione con introduzione all'uso di *software* applicativo e modellistica di valutazione delle decisioni e degli investimenti. [4.-8. settimana]
3. Modellistica di regolazione delle intersezioni con sviluppo della intera sequenza operativa completa di rilevamento dati e di progettazione delle fasi di regolazione di intersezioni singole e coordinate mediante *software* applicativo. [9.-13. settimana]

Le esercitazioni prevedono fasi di ricerca dati sul campo e di elaborazione dei dati in laboratorio informatico.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Il materiale didattico, testi in fascicoli, copie di slides e varie, sarà distribuito nel corso delle lezioni e delle esercitazioni. Sono inoltre disponibili, in fotocopia:

M. Villa, *Tecnica del traffico e della circolazione*.

M. Villa, *Elementi di economia urbana*.

Testo ausiliario:

M. Olivari, *Elementi di teoria e tecnica della circolazione stradale*, Angeli.

ESAME

Le esercitazioni vengono concluse con la predisposizione di un lavoro di squadra che percorre gli argomenti principali del corso con l'utilizzazione di strumenti e tecniche di rilievo ed elaborazione al computer anche a casa.

La valutazione viene effettuata sulla qualità della esercitazione e del lavoro svolto e presentato e sull'esame orale.

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore sett.) lezioni: 4 esercitazioni: 3 laboratori: 1
Docente: **Antonio Maria BARBERO**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si pone l'obiettivo di fornire una formazione mirata alla gestione corretta, in termini energetici, ambientali ed economici, degli impianti utilizzati per la fornitura di energia termica ad utenze civili ed industriali. La formazione è quindi rivolta soprattutto a chi debba acquisire e gestire detti impianti, pur fornendo informazioni di carattere tecnologico specialistico e cenni di progettazione. Gli impianti che vengono trattati nel corso sono: generatori di vapore, caldaie ad acqua surriscaldata, forni, inceneritori. Il corso tende a fornire una visione critica e comparata del funzionamento di detti impianti, nell'ottica di chi debba fornire servizi di forniture energetiche in modo economico, sicuro e con il minor impatto ambientale possibile.

REQUISITI

Nozioni acquisite con la frequenza del corso di *Fisica tecnica, Chimica applicata, Macchine I.*

PROGRAMMA

Descrizione dei principali tipi di generatore di calore: generatori di vapore e loro ausiliari (in particolare pompe di alimentazione, di circolazione, di estrazione del condensatore), generatori di acqua calda, generatori di acqua surriscaldata, generatori di fluidi diatermici caldi, generatori di aria calda, forni, inceneritori. Caratterizzazione termica delle parti dei generatori di calore. Caratteristiche delle fiamme (cenni). Caratteristiche fisico-chimiche dei combustibili. Caratteristiche fisico-chimiche dei prodotti della combustione. Reazioni di combustione (metodi particolari di calcolo). Metodi di calcolo dei rendimenti. Metodi di calcolo dei rendimenti. Metodi di calcolo delle perdite di energia. Influenza delle varie perdite sul rendimento ai vari regimi termici. Richiami di trasmissione del calore applicati ai generatori di calore. Emissione di energia raggianti da fiamme. Dimensionamento termico delle camere di combustione. Dimensionamento termico degli scambiatori a valle della camera di combustione. Verifiche del calcolo termico dei generatori di calore. Metodi semiempirici di calcolo di progettazione termica. Previsioni di funzionamento con il metodo del reattore ben mescolato. Cenni a modelli matematici a una o più dimensioni. Recuperatori di calore: calcolo e descrizione. Cenni a generatori di calore non a combustione. Cenni a impianti di cogenerazione di energia termica e meccanica.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni di calcolo e inoltre esercitazioni monografiche su: strumentazione di misura per generatori di calore; problemi di corrosione; legislazione e inquinamento; approfondimento di aspetti particolarmente interessanti di alcuni generatori; valutazione economica degli interventi di risparmio energetico (VAN, IRR).

Visita al laboratorio di prove sulla combustione di Fisica tecnica e Impianti nucleari. Visite a stabilimenti del settore (costruzione bruciatori, caldaie, pannelli solari) e a generatori di vapore.

ESAME

Orale.

HO232 ANALISI MATEMATICA II

Vedi programma corso impartito a Torino

HO234 ANALISI MATEMATICA III (e)

Vedi programmi corso impartito a Torino

LO494 CALCOLO DELLE FUNZIONI

Vedi programma corso impartito a Torino

HO510 CALCOLO NUMERICO

Vedi programma corso impartito a Torino

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI IMPARTITI A MONDOVI

H0232 ANALISI MATEMATICA II

Vedi programma corso impartito a Torino

H0234 ANALISI MATEMATICA III (r)

Vedi programma corso impartito a Torino

L0494 CALCOLO DELLE PROBABILITÀ (r)

Vedi programma corso impartito a Torino

H0510 CALCOLO NUMERICO

Vedi programma corso impartito a Torino

Anno: 2

Periodo: 1

Impegno (ore)

lezioni: 6

esercitazioni: 2 (ore settimanali)

Docente:

Maurizio REPETTO

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso comprende la trattazione di fenomeni elettrici e magnetici a bassa frequenza con particolare attenzione all'utilizzo dell'energia elettrica all'interno delle installazioni di tipo civile ed industriale.

REQUISITI

Analisi Matematica I e II, Fisica generale I e II

PROGRAMMA

Prima parte: circuiti

Modello circuitale dei fenomeni elettromagnetici, ipotesi fondamentale del modello circuitale, definizione di componente e classificazione dei componenti ideali, cenni ai componenti reali, leggi dei circuiti.

Teoremi di rete: teorema di sovrapposizione, teoremi dei circuiti equivalenti di Thevenin e di Norton, teorema di Millmann, trasformazioni energetiche nei circuiti e teorema di Tellegen.

Evoluzione dei circuiti nel tempo delle reti lineari tempo invarianti, richiami alla soluzione delle equazioni differenziali a coefficienti costanti, nozione di transitorio e regime, transitori nei circuiti del primo ordine, carica del condensatore e dell'induttore.

Regime sinusoidale, metodo simbolico, impedenza ed ammettenza, diagrammi vettoriali, fenomeno della risonanza ed antirisonanza, potenza nei circuiti in regime sinusoidale, potenza attiva e reattiva, rifasamento, tariffazione, correnti di corto circuito.

Sistema trifase, definizioni, generatori e carichi trifase, collegamenti a stella e triangolo, metodi di soluzione di circuiti trifase equilibrati e non, misura della potenza.

Seconda parte: campi

Campo di corrente, resistenza, dispersori di terra.

Campo magnetico statico e lentamente variabile, circuiti magnetici, riluttanza ed induttanza, mutua induttanza, energia nei circuiti magnetici lineari e nonlineari, induzione elettromagnetica trasformatorica e mozionale, perdite nel ferro.

Terza parte: macchine elettriche

Trasformatore monofase, trasformatore ideale e circuito equivalente del trasformatore reale, prova a vuoto ed in corto circuito, determinazione dei parametri di macchina, parallelo di trasformatori, trasformatori trifase, gruppo orario.

Motore ad induzione, principio di funzionamento, caratteristica di coppia, problemi di avviamento.

Macchina sincrona: principio di funzionamento, alternatore, parallelo su rete.

Quarta Parte: impianti elettrici

Quadro normativo: enti normatori e norme di riferimento per gli impianti ad uso civile.

Classificazione utenze elettriche, tipologie di impianto, carichi convenzionali.

Dimensionamento condutture, tipologie di posa, dimensionamento termico.

Protezioni negli impianti: protezioni meccaniche, protezioni contro le sovracorrenti, protezioni contro gli incendi, protezioni contro le sovratensioni di origine atmosferica.

Sicurezza elettrica delle persone: effetti della corrente elettrica sul corpo umano, contatti diretti ed indiretti, impianti di terra, stato del neutro, interruttore differenziale, sistemi a tensione ridotta.

Impianti elettrici in luoghi speciali.

BIBLIOGRAFIA

F. Ciampolini "Fondamenti di Elettrotecnica" Ed. Pitagora, Bologna.

ESAME

L'esame è composto da una prova scritta e da un colloquio. Il superamento della prova scritta è vincolante per l'ammissione all'orale. La prova scritta comprende tre esercizi sulle parti del corso per la cui soluzione è possibile la consultazione di testi ed appunti. La presa visione del testo di esame comporta la registrazione del verbale di esame. Il risultato della prova scritta è valido entro la prima tornata di esami orali.

H1902 FISICA GENERALE II

Vedi programma corso impartito a Torino

P3370 MECCANICA RAZIONALE

Vedi programma corso impartito a Torino

Docente:	Riccardo MONTANARO
Periodo:	4
N. crediti:	3

OGGETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si propone di fornire una preparazione sintetica di base sulla normativa comunitaria e interna in materia di tutela dell'ambiente di base e di insegnare agli studenti le metodologie e le tecniche di studio e di lavoro, in particolare, relative alla redazione di progetti, alla valutazione delle competenze, particolare attenzione verrà posta sulle procedure pianificatorie e autorizzative, sulla gestione dei piani di settore (in particolare, in materia di inquinamento acustico) e sull'ambito specifico dell'urbanistica.

PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE SCIENZE UMANISTICHE

PROGRAMMA

Nozioni generali: ambiente e inquinamento. I principi costituzionali in materia ambientale. L'Unione Europea e l'intervento in materia ambientale dal ravvicinamento delle legislazioni alla fondazione del diritto ambientale di sede comunitaria. I principi fondamentali dello sviluppo sostenibile, della prevenzione, della protezione dei beni fondamentali, del "chi inquina paga". L'assetto delle competenze interne al Governo e al Ministero dell'Ambiente, le Regioni, gli enti locali (Province, Comuni e Consigli intercomunali); gli organismi esterni costituiti statali e locali.

I procedimenti amministrativi in materia ambientale: la pianificazione; le autorizzazioni (pre-supposti soggettivi e oggettivi); il procedimento; criteri e prescrizioni; le procedure di controllo. Le discipline di settore: la Valutazione di Impatto Ambientale; il danno ambientale; l'inquinamento idrico e la gestione delle risorse idriche; l'inquinamento atmosferico; la gestione dei rifiuti; l'inquinamento acustico; l'inquinamento elettromagnetico; l'inquinamento marittimo; prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento (PRIC).

La disciplina dei rischi industriali: le direttive comunitarie; la normativa interna (definizioni, ambito di applicazione, evoluzione, contenuto, critica).

BIBLIOGRAFIA

R. Ferrara - E. Fracchia - N. Olivetti (a cura), *Diritto dell'Ambiente*, Liguori, Bari, 1997.
 R. Ferrara - R. Lombardi, *Codice dell'Ambiente*, Cedam, Padova, 2000.
 Altri testi e apporti dottrinali e giurisprudenziali verranno indicati dai docenti su temi specifici.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame consisterà in una verifica orale delle conoscenze acquisite, sulla base di quesiti di ordine generale e specifico. Nell'ambito del corso potrà essere assegnato agli studenti la redazione di relazioni scritte su tematiche specifiche, da discutere in sede di esame orale.

Docente:	Riccardo MONTANARO
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si propone di fornire una preparazione giuridica di base sulla normativa comunitaria e interna in materia di tutela dell'ambiente, di lotta agli inquinamenti e di rischi industriali. Una prima parte verrà dedicata ai profili istituzionali, alle fonti del diritto ambientale e all'assetto delle competenze; particolare attenzione verrà dedicata alla illustrazione, in termini generali, delle procedure pianificatorie e autorizzatorie. Seguirà una trattazione sistematica delle discipline di settore (inquinamento idrico, atmosferico, da rifiuti, elettromagnetico, luminoso). Un ambito specifico verrà dedicato alla disciplina dei rischi industriali.

PROGRAMMA

Nozioni generali: ambiente e inquinamento. I principi costituzionali in materia ambientale. L'Unione Europea e l'intervento in materia ambientale: dal ravvicinamento delle legislazioni alla fondazione del diritto ambientale in sede comunitaria. I principi fondamentali dello sviluppo sostenibile, della prevenzione, della protezione dei beni fondamentali, del "chi inquina paga". L'assetto delle competenze interne: il Governo e il Ministero dell'Ambiente; le Regioni; gli enti locali (Province, Comuni e Consorzi intercomunali); gli organismi tecnico-consultivi statali e locali.

I procedimenti amministrativi in materia ambientale: la pianificazione; le autorizzazioni (presupposti soggettivi e oggettivi; il procedimento; criteri e prescrizioni); le procedure di controllo. Le discipline di settore: la Valutazione di Impatto Ambientale; il danno ambientale; l'inquinamento idrico e la gestione delle risorse idriche; l'inquinamento atmosferico; la gestione dei rifiuti; l'inquinamento acustico; l'inquinamento elettromagnetico; l'inquinamento luminoso; prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC).

La disciplina dei rischi industriali: le direttive comunitarie; la normativa interna (definizioni, ambito di applicazione, evoluzione, contenuto, criticità).

BIBLIOGRAFIA

R. Ferrara – F. Fracchia – N. Olivetti Rason, *Diritto dell'ambiente*, Laterza, Bari, 1999

R Ferrara – R. Lombardi, *Codice dell'Ambiente*, Cedam, Padova, 2000

Altri testi e apporti dottrinari e giurisprudenziali verranno indicati dal docente su temi specifici

MODALITÀ D'ESAME

L'esame consisterà in una verifica orale delle conoscenze acquisite, sulle tematiche di ordine generale e specifico. Nell'ambito del corso potrà essere assegnata agli studenti la redazione di relazioni scritte su tematiche specifiche, da discutere in sede di esame orale.

Docente:	Roberto SALIZZONI
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si propone di illustrare le principali posizioni espresse nel corso del Novecento dalla filosofia e dalle scienze umane sui temi dell'arte e della bellezza. Estetica filosofica, antropologia, sociologia e psicologia, in un rapporto di dialogo e di reciproco scambio, elaborano teorie ed analisi dei fatti artistici e dei fenomeni della bellezza. E' possibile percorrere, seguendo i fili tematici dell'estetica, le aree più interessanti del discorso filosofico ed umanistico del nostro secolo. Il corso propone alcuni di questi percorsi, mirando a chiarire le diverse prospettive metodologiche, a mettere a punto un lessico filosofico essenziale, a introdurre gli autori più significativi.

PROGRAMMA

Arte, linguaggio e comunicazione (L'ecologia della mente secondo Bateson; i diversi modi di concepire l'inconscio da Freud alla "pragmatica della comunicazione"; stile, grazia e bellezza come condizioni della comunicazione).

Arte, tecnica, natura (Il rapporto tra arte, mito e scienza secondo C. Lévi-Strauss; l'arte come risposta possibile allo sviluppo della tecnica secondo W. Benjamin; tecnica e natura in M. Heidegger).

Creazione e ricezione dell'opera (R. Jauss e il piacere estetico; il problema dell'autore secondo l'ermeneutica).

Esercitazioni

Durante il corso saranno introdotte e commentate parti determinate delle opere indicate in bibliografia

BIBLIOGRAFIA

W. Tatarkiewicz, *Storia di sei Idee*, Palermo, Aesthetica

c. W. Benjamin, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Torino, Einaudi.

C. Lévi-Strauss, *Il pensiero selvaggio*, Milano, il Saggiatore

G. Bateson, *Verso un'ecologia della mente*, Milano, Adelphi

H.R. Jauss, *Apologia dell'esperienza estetica*, Torino, Einaudi

T. W. Adorno, *Teoria estetica*, Torino, Einaudi

M. Heidegger, *Saggi e discorsi*, Milano, Mursia

MODALITÀ D'ESAME

Sono previste prove scritte di verifica durante il corso e come prova finale.

Docente:	Roberto SALIZZONI
Periodo:	4
N. crediti:	2

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si propone di illustrare le principali posizioni espresse nel corso del Novecento dalla filosofia e dalle scienze umane sui temi dell'arte e della bellezza. Estetica filosofica, antropologia, sociologia e psicologia, in un rapporto di dialogo e di reciproco scambio, elaborano teorie ed analisi dei fatti artistici e dei fenomeni della bellezza. E' possibile percorrere, seguendo i fili tematici dell'estetica, le aree più interessanti del discorso filosofico ed umanistico del nostro secolo. Il corso propone alcuni di questi percorsi, mirando a chiarire le diverse prospettive metodologiche, a mettere a punto un lessico filosofico essenziale, a introdurre gli autori più significativi.

PROGRAMMA

In particolare il modulo B propone sviluppi del modulo A attraverso temi e problemi più vicini alla prassi artistica ed estetica in generale

L'arte astratta e le sue interpretazioni. Museo, collezione, esposizione. Il paesaggio come problema estetico.

Esercitazioni

Durante il corso saranno introdotte e commentate parti determinate delle opere indicate in bibliografia

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., *The spiritual in Art: Abstract Painting 1890-1985*, New York, Abbeville
 S. Stewart, *On Longing*, Londra, Duke Univ. Press
 J. Clifford, *I frutti puri impazziscono*, Torino, Bollati; e dello stesso autore *Strade*, Torino, Bollati

MODALITÀ D'ESAME

Sono previste prove scritte di verifica durante il corso e come prova finale.

BIBLIOGRAFIA

- testo di riferimento
 Di Francesco, M., *Introduzione alla filosofia della mente*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1976
 testi di consultazione
 M. Salmi, *Mente/Corpo*, La Nuova Italia, Firenze 1977
 R. Landreotti, *Intenzionalità*, La Nuova Italia, Firenze 1974

MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevede a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta su un tema trattato nel corso.

Docente:	Paolo Vineis
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Secondo una diffusa interpretazione la descrizione della natura avviene tramite proposizioni osservative il cui significato non cambia col mutare delle teorie; e le teorie devono il loro valore di verità alla possibilità di tradurle, secondo regole univoche di corrispondenza, in proposizioni osservative. Anche nell'etica troviamo un analogo programma consistente nel derivare decisioni certe da premesse universali associate a regole deduttive (il cosiddetto "principalismo"). Tutti e due i modelli sono entrati in crisi negli ultimi decenni. Esistono però soluzioni alternative. Comune alle proposte di soluzione è la transizione da una concezione basata su leggi univoche e universali ad una concezione più debole fondata su "fuzzy sets". Nelle scienze la teoria dei fuzzy sets si applica per esempio nella classificazione delle specie animali, o delle malattie umane: essa trae essenzialmente origine dalla idea wittgensteiniana delle classificazioni politiche (l'appartenenza alla stessa classe non avviene sulla base di un unico criterio ma di più criteri embricati, come in una corda formata di tanti fili nessuno dei quali è lungo quanto la corda stessa). Anche in campo etico la teoria dei fuzzy sets sembra di una certa utilità: perfino principi categorici come "non uccidere" perdono la loro assolutezza in contesti particolari. La teoria dei fuzzy sets può consentire di risolvere intricati problemi etici e di tener conto del contesto nel formulare un giudizio etico.

PROGRAMMA

L'etica ambientale: le diverse correnti contemporanee. Il paradigma di Georgetown. La tradizione americana e quella europea. Le difficoltà della teoria etica in rapporto con l'evoluzione delle tecnologie. Esempi: la riproduzione assistita, i cibi geneticamente modificati, i tests genetici. Il concetto di fuzzy set applicato alle scienze. Teoria della classificazione. Il concetto di fuzzy set applicato all'etica.

BIBLIOGRAFIA

- S. Bartolommei: Etica e natura. Laterza, 1995
R. Dworkin: Il dominio della vita. Edizioni di Comunità, 1994
P. Vineis: Nel crepuscolo della probabilità. Einaudi Editore, 1999
Mark Johnson: Moral Imagination. University Chicago Press, 1993

MODALITÀ D'ESAME

Si baserà sulla discussione di un caso presentato dallo studente.

Docente:	Alberto VOLTOLINI
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si incentrerà in due parti, la prima di base (A) e la seconda di approfondimento tematico (B). Nella prima parte saranno presentate alcune prospettive fondamentali che si fronteggiano nell'ambito di filosofia della mente intorno alla questione di che cos'è uno stato mentale: la prospettiva dualista, quella comportamentista, quella materialista e quella funzionalista. Quest'ultima sarà vista tanto nella versione più semplice, come funzionalismo causale, quanto nella sua versione più sofisticata, il funzionalismo computazionale. Questa versione permetterà di dedicare specifica attenzione ad un problema che il vertiginoso sviluppo delle scienze cognitive da un lato e dell'intelligenza artificiale dall'altro rende sempre più attuale, ossia se il paragone tra la mente e il computer fornisca la chiave per comprendere che cos'è davvero la mente o sia soltanto uno strumento utile per capire il suo funzionamento. Attraverso l'analisi di queste prospettive, si cercherà di illustrare le due fondamentali opzioni filosofiche che si fronteggiano a proposito della mente: la concezione riduzionista, per cui tutto ciò che è mentale rientra nell'ordine naturale del mondo e può dunque in linea di principio essere studiato dalle scienze naturali, e quella anti-riduzionista, per cui la mente ha certe proprietà speciali, per cui non può essere completamente compresa dalla scienza. Nella seconda parte, i temi trattati nella prima parte verranno riconsiderati alla luce della questione di che cos'è la causazione mentale, ossia del rapporto mente - corpo (cervello) e il problema della loro interazione, e di quali sono gli ostacoli alla realizzazione di un programma di naturalizzazione della mente: il carattere qualitativo e soggettivo degli stati mentali, l'esistenza dei contenuti mentali e dell'intenzionalità, cioè del fatto che gli stati mentali vertano su cose ed eventi del mondo.

PROGRAMMA

- Il dualismo cartesiano: mente e corpo come sostanze separate.
- Il rifiuto della mente: il programma comportamentista. Limiti del programma.
- Il materialismo radicale e quello moderato: varie teorie dell'identità tra stati mentali e stati cerebrali.
- Il programma funzionalista e l'idea di 'realizzabilità multipla' di uno stato mentale.
- Il funzionalismo computazionale: la mente come un computer. Macchine di Turing, test di Turing; le obiezioni (l'argomento di Searle della 'stanza cinese').

BIBLIOGRAFIA

testo di riferimento:

Di Francesco, M., *Introduzione alla filosofia della mente*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1996.

testi di consultazione:

M. Salucci, *Mente/Corpo*, La Nuova Italia, Firenze 1997.

R. Lanfredini, *Intenzionalità*, La Nuova Italia, Firenze 1998.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta su un tema trattato nel corso.

Docente:	Alberto VOLTOLINI
Periodo:	4
N. crediti:	2

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si incentrerà in due parti, la prima di base (A) e la seconda di approfondimento tematico (B). Nella prima parte saranno presentate alcune prospettive fondamentali che si fronteggiano nell'ambito di filosofia della mente intorno alla questione di che cos'è uno stato mentale: la prospettiva dualista, quella comportamentista, quella materialista e quella funzionalista. Quest'ultima sarà vista tanto nella versione più semplice, come funzionalismo causale, quanto nella sua versione più sofisticata, il funzionalismo computazionale. Questa versione permetterà di dedicare specifica attenzione ad un problema che il vertiginoso sviluppo delle scienze cognitive da un lato e dell'intelligenza artificiale dall'altro rende sempre più attuale, ossia se il paragone tra la mente e il computer fornisca la chiave per comprendere che cos'è davvero la mente o sia soltanto uno strumento utile per capire il suo funzionamento. Attraverso l'analisi di queste prospettive, si cercherà di illustrare le due fondamentali opzioni filosofiche che si fronteggiano a proposito della mente: la concezione riduzionista, per cui tutto ciò che è mentale rientra nell'ordine naturale del mondo e può dunque in linea di principio essere studiato dalle scienze naturali, e quella anti-riduzionista, per cui la mente ha certe proprietà speciali, per cui non può essere completamente compresa dalla scienza. Nella seconda parte, i temi trattati nella prima parte verranno riconsiderati alla luce della questione di che cos'è la causazione mentale, ossia del rapporto mente - corpo (cervello) e il problema della loro interazione, e di quali sono gli ostacoli alla realizzazione di un programma di naturalizzazione della mente: il carattere qualitativo e soggettivo degli stati mentali, l'esistenza dei contenuti mentali e dell'intenzionalità, cioè del fatto che gli stati mentali vertano su cose ed eventi del mondo.

PROGRAMMA

- Il rapporto mente-corpo: sono gli stati mentali causalmente efficaci?
- Il carattere qualitativo del mentale: che cos'è per uno stato mentale l'apparire al suo soggetto come dotato di certe qualità soggettive?
- Il problema del contenuto mentale. L'importanza del contenuto per l'individuazione di uno stato mentale; irriducibilità o meno della proprietà di avere un contenuto per uno stato mentale.
- La questione della 'naturalizzazione dell'intenzionalità': il vertere di uno stato mentale su un certo oggetto è una proprietà che appartiene all'ordine naturale del mondo?

BIBLIOGRAFIA

testo di riferimento:

Di Francesco, M., *Introduzione alla filosofia della mente*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1996.

testi di consultazione:

M. Salucci, *Mente/Corpo*, La Nuova Italia, Firenze 1997.

R. Lanfredini, *Intenzionalità*, La Nuova Italia, Firenze 1998.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta su un tema trattato nel corso.

01DAY **FILOSOFIA E SCIENZA DEL NOVECENTO**

Docente:	Franca D'AGOSTINI
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Obiiettivo del corso è fornire un'immagine chiara e sintetica della situazione della filosofia nel secolo appena trascorso, utilizzando il filo conduttore dei rapporti tra filosofia e scienza. In particolare, sono distinte tre linee orientative nello sviluppo del pensiero del Novecento: a) una filosofia scientifica, ossia rigorosa e orientata al dialogo con la scienza; b) una filosofia che si presenta come alternativa alla scienza e che ritiene di essere in grado di criticare la razionalità scientifica; c) una scienza tendente a ereditare le domande fondamentali della filosofia (ad esempio quali la sociologia, la biologia o la psicoanalisi, che tendono a presentarsi come equivalenti moderni di quel che era la filosofia nell'Ottocento).

Il corso intende fornire, di ciascuna delle tre impostazioni, alcuni esempi particolarmente indicativi per comprendere i problemi, le condizioni e le opportunità dei rapporti attuali tra filosofia e scienza.

PROGRAMMA

- Due filosofi-scienziati: Freud e Frege (premessa: la filosofia e le scienze del pensiero nei primi anni del Novecento)
- Neopositivismo e filosofia analitica (premessa: l'uso della logica formale in filosofia negli anni trenta-cinquanta)
- Esistenzialismo ed ermeneutica (premessa: la filosofia e il problema dell'essere)

MODALITÀ D'ESAME

Si prevedono esercitazioni orali di commento ai testi e di analisi dei problemi.

BIBLIOGRAFIA

Testo d'esame:

F. D'Agostini, *Breve storia della filosofia nel Novecento. L'anomalia paradigmatica*, Einaudi, Torino 1999, capp.: 2, 3, 7, 8, 9, 11

Un testo a scelta tra i seguenti:

G. Frege, "Il pensiero", in *Ricerche logiche*, Guerini, Milano;

S. Freud, un breve testo a scelta da concordare;

R. Carnap, Introduzione a *La costruzione scientifica del mondo*, Utet, Torino;

R. Carnap, "Oltrepassamento della metafisica", in A. Pasquinelli, *Il neopositivismo*, Utet, Torino;

K. Mulligan, "Metaphysique et ontologie", in P. Engel, *Précis de philosophie analytique*, P. U. F.

M. Heidegger, Introduzione a *Essere e tempo*, Longanesi, Milano.

MODALITÀ D'ESAME

Per sostenere l'esame, il candidato dovrà aver partecipato alle esercitazioni scritte e orali svolte durante il corso. L'esame finale prevede una prova orale articolata in due parti: nella prima il candidato dovrà dimostrare la conoscenza dei testi previsti; nella seconda dovrà illustrare documentatamente e criticamente le ragioni di ciascuna delle tre impostazioni studiate (questa seconda parte della prova può essere sostituita con una relazione scritta).

01CCA INTRODUZIONE AL PENSIERO CONTEMPORANEO

Docente: **Marilena ANDRONICO**
Periodo: **1**
N. crediti: **5**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di presentare, ad un livello elementare, concetti, metodi, ed esempi della ricerca filosofica classica e attuale, in vari campi (metafisica, epistemologia, filosofia della mente, filosofia morale, filosofia del linguaggio, filosofia politica). Sarà sottolineata la struttura argomentativa del discorso filosofico, cioè si cercherà di mettere in evidenza in che modo e con quali argomenti sono sostenute le diverse tesi filosofiche di volta in volta esaminate.

PROGRAMMA

Che cos'è la filosofia? Alcune concezioni della filosofia in: Aristotele, Stoicismo, Locke, Cartesio, Hegel, Wittgenstein; la distinzione tra filosofia analitica e filosofia continentale
La conoscenza del mondo esterno e il punto di vista scettico
La conoscenza scientifica (concezione ingenua della scienza - induzione - falsificazionismo)
Verità: definizioni di verità e criteri di verità; corrispondenza e coerenza, giustificazione, verifica; realismo e antirealismo
Linguaggio e significato (la teoria di Frege - la teoria di Kripke - le idee di Wittgenstein)
Il problema mente-corpo (dualismo - riduzionismo - funzionalismo)
L'esistenza di Dio (argomenti per l'esistenza di Dio; Dio e il male)
Libero arbitrio e determinismo
Giusto e sbagliato in senso morale (ci sono argomenti per l'altruismo? I principi e i valori morali sono universali?).
Giustizia, uguaglianza e libertà: nozioni di filosofia politica.

BIBLIOGRAFIA

N. Warburton, Il primo libro di filosofia, Einaudi, Torino 1999 e T. Nagel, Una brevissima introduzione alla filosofia, Il Saggiatore, Milano 1989, saranno i testi base.
Saranno inoltre usati parti di r. popkin, a. stroll, filosofia per tutti, il saggiatore, milano 1997; a.f. chalmers, che cos'è questa scienza?- la sua natura e i suoi metodi, il mulino, bologna 1992; a.c. grayling, an introduction to philosophical logic, the harvest press, sussex, 1982.

ESAME

L'esame prevederà la presentazione di una relazione scritta su un testo filosofico concordato col docente, e un compito scritto finale.

Docente:	Chiara OTTAVIANO
Periodo:	1
N. crediti:	5

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso mira a fornire strumenti di conoscenza utili per orientarsi all'interno della società contemporanea, oggi in profonda trasformazione anche rispetto alle innovazioni in corso nei modi e sistemi di comunicazioni. Non si tratta però solo di capire cosa ha implicato in tempi recenti la cosiddetta rivoluzione digitale, ma di comprendere come, sin dalle sue origini, i modi di produzione delle società industriali siano stati profondamente condizionati dai modi di comunicazione e trasmissione delle informazioni. Il corso avrà pertanto carattere interdisciplinare con punti di vista sociologici, economici, storici, culturali. Un'attenzione particolare sarà dedicata alle professioni e alle istituzioni coinvolte, nell'industria e nel mercato, ma anche al ruolo degli utenti finali, i consumatori, che possono o meno adottare le opportunità tecnologiche offerte. L'analisi di alcuni casi relativi all'introduzione di ormai "vecchi" mezzi di comunicazione sarà di ausilio per un approccio critico alla lettura di alcune ipotesi, oggi diffuse, intorno agli effetti e alle conseguenze delle cosiddette nuove tecnologie della comunicazione.

La stessa definizione di comunicazione di massa, coniata negli anni trenta, appare oggi non del tutto adeguata, giacché non comprende le innovazioni, tecniche e sociali, introdotte dalla telematica e dai mezzi che consentono interattività (in particolare Internet).

Esercitazioni

Sono previste esercitazioni, con specifica attività di ricerca degli studenti, volte ad una riflessione originale e documentata su Internet.

PROGRAMMA

La cosiddetta "società dell'informazione": definizioni e quadro teorico

Le tesi di J. Beniger sulla "rivoluzione del controllo", in riferimento all'origine della società dell'informazione.

Cenni sulla storia e l'evoluzione dei mezzi e dei modi di comunicazione

Il tema della negoziazione sociale a proposito dell'introduzione di vecchie e nuove tecnologie della comunicazione: analisi di casi

BIBLIOGRAFIA

C.Ottaviano, *Mezzi per comunicare. Storia, società e affari dal telegrafo al modem*, Torino, Paravia, 1997

J. Meyrowitz, *Oltre il senso del luogo. L'impatto dei media elettronici nel comportamento sociale*, Bologna, Baskerville 1993

Nel corso delle lezioni saranno forniti materiali in fotocopia e indicazioni di estratti da altri volumi la cui conoscenza è essenziale per la preparazione all'esame (ca. 250pp), nonché un elenco dei saggi entro il quale il candidato sceglierà un secondo volume da presentare all'esame.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale.

Docente:	Chiara OTTAVIANO
Periodo:	2
N. crediti:	5

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso è da intendersi come un approfondimento del modulo I.

Al centro dell'attenzione saranno i mezzi di comunicazione di massa, e in particolare la radio, il cinema e la televisione, "agenti di socializzazione" fra i più significativi nella società contemporanea.

L'attenzione sarà rivolta alla tradizione degli studi sociologici sul tema, ma anche agli aspetti relativi al carattere industriale e agli appalti del broadcasting, alle professioni coinvolte, agli aspetti legislativi.

Specifiche esercitazioni saranno dedicate all'analisi del linguaggio audiovisivo con esempi tratti da fonti d'archivio come i cinegiornali, e da fonti coeve, come i telegiornali.

PREREQUISITI

Aver superato l'esame del Modulo di Sociologia delle comunicazioni di massa A

PROGRAMMA

La comunicazione di massa: definizioni e quadro teorico

Cinema e televisione: la riflessione del pensiero sociologico, tesi a confronto.

Il cinema e la televisione: industria, apparati e legislazione nel caso italiano

Il linguaggio audiovisivo: esercizi con il televisore

Sono previste esercitazioni, con specifica attività di ricerca degli studenti, volte ad una riflessione originale e documentata su Internet.

BIBLIOGRAFIA

C.Ottaviano, *Mezzi per comunicare. Storia, società e affari dal telegrafo al modem*, Torino, Paravia, 1997

J. Meyrowitz, *Oltre il senso del luogo. L'impatto dei media elettronici nel comportamento sociale*, Bologna, Baskerville 1993

Nel corso delle lezioni saranno forniti materiali in fotocopia e indicazioni di estratti da altri volumi la cui conoscenza è essenziale per la preparazione all'esame (ca. 250pp), nonché un elenco dei saggi entro il quale il candidato sceglierà un secondo volume da presentare all'esame.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale.

01DAS STORIA CONTEMPORANEA A

Docente:	Gian Carlo JOCTEAU
Periodo:	4
Crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso intende fornire agli studenti alcune categorie interpretative generali ed elementi di inquadramento cronologico intorno alle principali trasformazioni economiche, sociali e politiche avvenute dalla seconda metà del Settecento ai giorni nostri.

PROGRAMMA

La storia contemporanea e le sue periodizzazioni.

Lo sviluppo economico moderno.

Il progresso tecnico.

La rivoluzione industriale inglese e le vie di trasmissione dell'industrializzazione.

Le vie nazionali all'industrializzazione.

La crisi delle società di ancien régime.

L'andamento demografico.

Classi, ceti e gruppi sociali.

Lo stato moderno.

Gli stati liberali.

Democrazia, socialismo e totalitarismo.

Gli equilibri geopolitici ed i loro mutamenti.

BIBLIOGRAFIA

P. Macy, *La società contemporanea. Un'introduzione storica*, Il Mulino, Bologna, 1995

S. Pollard, *La conquista pacifica. L'industrializzazione in Europa dal 1760 al 1970*, Il Mulino, Bologna, 1989

MODALITÀ D'ESAME

La valutazione finale si baserà su una relazione scritta e su una prova orale.

- Alcuni manoscritti di Leonardo, le prime macchine a vapore, i primi esperimenti di elettricità e magnetismo, alcuni passi del *Discorsi e dimo-*
- strazioni di Jacopo Bondini, alcuni passi del *Discorsi e dimo-*
- strazioni di Galileo Galilei, la vita di Galileo Galilei, le invenzioni del più importante scienziato del Rinascimento e del Seicento.
- Il ruolo dell'invenzione nella rivoluzione industriale inglese: la macchina a vapore.
- Politica e proto-industria nei protostati preindustriali: i primi stati, l'evoluzione delle
- Scienze di Torino, Carlo Cavour e l'industrializzazione.
- L'Inghilterra merca in mostra: le grandi esposizioni dell'Ottocento.
- I grandi innovatori dell'Ottocento e del Novecento: i brevetti e i casi emblematici.
- L'innovazione e la guerra: le fabbriche di guerra e la ricerca tecnologica nelle due guerre
- mondiali.
- L'innovazione e la religione: il rapporto tra le religioni mondiali dal Rinascimento ad oggi.
- Le innovazioni fallite: alcuni casi di investimenti mancati.
- Innovazione ed industria nel dopoguerra italiano.
- Letture e concetti di testi emblematici per le tematiche affrontate nella seconda parte del
- corso come a titolo di esempio, alcuni passi delle opere di Schumpeter, qualche pratica di
- privilegio dell'Ottocento e il Capitale di Marx.

Docente:	Gian Carlo JOCTEAU
Periodo:	4
Crediti:	2

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso intende fornire agli studenti alcune categorie interpretative generali ed elementi di inquadramento cronologico intorno alle principali trasformazioni economiche, sociali e politiche avvenute dalla seconda metà del Settecento ai giorni nostri.

PROGRAMMA

Approfondimenti del Modulo A; in particolare su:

Nazione e nazionalismo

Persistenza ai mutamenti nell'Europa fra Otto e Novecento

Lo sviluppo economico italiano

BIBLIOGRAFIA

F. Tuccari, *La nazione*, Laterza, Bari, 2000

C. Geertz, *Mondo globale, mondi locali*, Il Mulino, Bologna, 1999

A.J.Mayer, *Il potere dell'ancien régime fino alla prima guerra mondiale*, Roma-Bari, Laterza, 1982

I.Cafagna, *Dualismo e sviluppo nella storia d'Italia*, Marsilio, Venezia, 1989

G.Tomolo, *Storia economica dell'Italia liberale, 1850-1918*. Il Mulino, Bologna, 1988

MODALITÀ D'ESAME

La valutazione finale si baserà su una relazione scritta e su una prova orale.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale.

Docente:	Luisa DOLZA
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso intende fornire agli studenti una riflessione sul concetto di innovazione tecnologica in una prospettiva storica. A tal fine il corso prende l'avvio da alcune fondamentali premesse metodologiche e dal significato storico, economico e sociale della parola stessa: innovazione. Le valenze economiche e morali, i segni e i metodi di riconoscimento dell'innovazione si sono modificati nel corso dei secoli. dal mondo antico al rinascimento l'innovazione non è solo cambiamento, e sul significato di "nuovo" e "utile" si soffermano tecnologi, scienziati, studiosi e politici anche prima della rivoluzione industriale. da questo momento chiave per la storia della tecnica e dell'innovazione, cambierà l'ampiezza e l'importanza del dibattito, ma i temi rimarranno pressoché invariati. il corso, articolato su alcuni momenti fondamentali o altamente significativi per l'innovazione tecnologica, prende in esame in parallelo i momenti della storia dell'economia e del pensiero scientifico che hanno modificato o arricchito il significato di innovazione.

PROGRAMMA:

La storia dell'innovazione tecnologica nel mondo moderno e contemporaneo:

- Presentazione del corso: introduzione metodologica e presentazione dei testi di riferimento.
- Il concetto di *innovazione*: lessico, storia ed economia.
- *L'innovazione* del rinascimento: da Leonardo da Vinci agli ingegneri del cinquecento.
- Il seicento e *l'innovazione*: l'importanza dei gesuiti e le grandi opere idrauliche.
- I bisogni delle corti e *l'innovazione* nelle prime accademie tecnico scientifiche: gli accademici meccanici e i privilegi reali.
- Lettura e commento di qualche testo particolarmente significativo ed emblematico. Cfr. Alcuni manoscritti di Leonardo, la prefazione del *Teatro degli strumenti meccanici e matematici* di Jacques Besson, alcuni passi del *Trattato dell'ingegno* di Desargues, le voci in-genio-engine-innovazione nei più importanti dizionari del cinquecento e seicento europeo.
- Il ruolo dell'*innovazione* nella rivoluzione industriale inglese: la relazione scienza-tecnica.
- Politica e proto-industria nel Piemonte preunitario: i privilegi reali, l'Accademia delle Scienze di Torino, Camillo Cavour e Carlo Ignazio Giulio.
- *L'innovazione* messa in mostra: le grandi esposizioni dell'ottocento.
- I grandi innovatori dell'ottocento e del novecento e i brevetti: il caso americano.
- *L'innovazione* e la guerra: le fabbriche, le donne e la ricerca tecnologica nelle due guerre mondiali.
- *L'innovazione* e la religione: il rapporto con le religioni monoteiste dal Rinascimento ad oggi.
- Le *innovazioni* fallite: alcuni casi di innovazioni mancate.
- *Innovazione* ed industria nel dopoguerra italiano.
- Lettura e commento di testi emblematici per le tematiche affrontate nella seconda parte del corso come, a titolo di esempio, alcuni passi delle opere di Schumpeter, qualche pratica di privilegio dell'ottocento e il Capitale di Marx.

BIBLIOGRAFIA

I testi di base:

C.M. Cipolla, *Uomini, tecniche, economie*, (Feltrinelli), Milano 1998.

V. Marchis, *Storia delle macchine*, (ed. Laterza), Roma-Bari 1994.

V. Marchis (a cura di), *Storia delle scienze. Vol.v (Conoscenze scientifiche e trasferimento tecnologico)*, (Einaudi), Torino 1995.

N. Rosenberg, *Dentro la scatola nera*, (Il mulino), Bologna 1991.

Per ogni singola tematica saranno indicati, all'inizio del corso, una serie di riferimenti bibliografici specifici.

MODALITÀ D'ESAME

Per sostenere l'esame è richiesta la presentazione di una relazione scritta sull'approfondimento scelto in accordo con il docente. Detta relazione sarà discussa in sede di accertamento nell'esame orale finale.

MODALITÀ D'ESAME

- La storia dell'innovazione tecnologica nel mondo moderno è contenuta in:
- Presentazione del corso: introduzione, metodologia, presentazione del tema di riferimento.
- Il concetto di innovazione tecnologica, storia ed economia.
- L'innovazione del rinascimento da Leonardo da Vinci agli ingegneri del cinquecento.
- Il setecimo e l'illuminismo: l'importanza del genio e le grandi opere idrauliche.
- I bisogni della città e l'innovazione nelle prime accademie scientifiche: gli accademici fiorentini e i prototipi reali.
- Letture e commento di qualche testo particolarmente significativo ed emblematico. Cit. Alcuni manoscritti di Leonardo, la prefazione del Trattato degli strumenti meccanici e manovellati di Jacques Besson, alcuni passi del Trattato dell'organo di testi, le voci in-garbo-engine-into-visione nei più importanti dizionari del cinquecento e seicento europeo.
- Il ruolo dell'innovazione nella rivoluzione industriale inglese: la relazione scienza-tecnica.
- Lottica e proto-industria nel pianimento prussiano: i privilegi reali, l'Accademia delle Scienze di Berlino, Camillo Caspar e Carlo Ignazio Giustin.
- L'innovazione messa in mostra: le grandi esposizioni dell'ottocento.
- I grandi innovatori dell'ottocento e del novecento e i brevetti: il caso americano.
- L'innovazione e la guerra: le fabbriche, le donne e la ricerca tecnologica nelle due guerre mondiali.
- L'innovazione e la religione: il rapporto con le religioni monoteiste dal rinascimento ad oggi.
- Le innovazioni italiane: alcuni casi di innovazioni rinascimentali.
- L'innovazione ed industria nel dopoguerra italiano.
- Letture e commento di testi emblematici per le tematiche affrontate nella seconda parte del corso come a titolo di esempio, alcuni passi delle opere di Schumpeter, qualche pratica di privilegio dell'ottocento e il Capitale di Marx.

Docente:	Alberta REBAGLIA
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso intende offrire un panorama quanto più possibile articolato del susseguirsi delle idee che -come presupposti o come conseguenze dirette- risultano essere alla base dello sviluppo tecnologico e scientifico, che ha fortemente improntato il Novecento. I caratteri dell'impresa scientifica contemporanea, tanto nei suoi aspetti 'teorici' (di elaborazione di ipotesi fisiche e di modelli matematici) quanto in quelli 'pratici' (di sperimentazione e di ricerca di laboratorio), sono strettamente connessi ai destini dell'industrializzazione e in generale delle applicazioni di tipo tecnologico. Nel corso verrà posto in evidenza come sia i processi di fabbricazione manifatturiera sia gli attuali sistemi di produzione integrati e globali non sono l'esito di un semplice accumularsi di saperi tecnici. Verrà sottolineato come queste stesse conoscenze di base sono il risultato dell'intrecciarsi e dello stratificarsi di sollecitazioni provenienti da un più vasto ambito di suggestioni e di influenze complessivamente culturali. Colui che svolge un'attività scientifica o tecnologica deve infatti essere pienamente consapevole di operare all'interno di tale sistema dinamico, in un orizzonte collettivo in cui strategie e finalizzazioni dei programmi di ricerca e dei piani di innovazione sono significativamente correlati, e danno luogo a sviluppi coordinati e congruenti, proprio (e soprattutto) in quanto sono collocati all'interno di un tessuto organico di idee, concetti, ragioni che nel loro insieme rappresentano il "clima" culturale di ogni specifica epoca storica.

PROGRAMMA

Nel corso verranno trattati i seguenti argomenti:

- L'idea di ragione e la nascita della scienza moderna
- L'idea di progresso e il passaggio dall'ambito della tecnica a quello della tecnologia
- L'osservazione empirica nell'epoca dei laboratori scientifici e della ricerca industriale
- Possibilità e limiti della tecnoscienza come impresa collettiva.

Sono previsti alcuni seminari di approfondimento.

BIBLIOGRAFIA

G. Vattimo, *Tecnica ed esistenza. Una mappa filosofica del Novecento*, Paravia Scriptorium, Torino 1997

A. Rebaglia, *Scienza e verità. Introduzione all'epistemologia del Novecento*, Paravia Scriptorium, Torino 1997

Ulteriore materiale didattico verrà fornito in occasione dei seminari.

MODALITÀ D'ESAME

E' richiesta una relazione scritta su uno a scelta fra gli autori trattati nei seminari. L'esame orale verterà sulla discussione della relazione, inserita nel contesto del programma svolto.

BIBLIOGRAFIA

G. Vattimo, *Uomo e tecnologia. La terza rivoluzione industriale*, (Bulzoni Editore), Torino 1982

C.M. Cipolla, *Comuni, mercanti e economia*, (Feltrinelli), Milano 1990

Docente: **Alberta REBAGLIA**

Periodo: 4

N. crediti: 2

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Nel corso verranno analizzate le tematiche che si sono sviluppate intorno all'idea centrale di *artefatto*, avendo quale obiettivo il chiarimento delle profonde trasformazioni subite nell'ambito del pensiero del Novecento da tale concetto, e da quelli a esso correlati di *agire*, *intervenire*, *inventare*. Il rapporto tra '*prodotto* artificiale' e '*fatto* naturale' ha subito cambiamenti rilevanti; e altrettanto radicalmente modificato risulta essere il nesso tra *artefice* e *oggetto* del suo lavoro. Questi mutamenti saranno seguiti a partire da quanto esposto nel modulo A circa l'impostazione concettuale che è alla base della pratica artigianale e dello svolgersi dell'indagine scientifica (entrambe premesse indispensabili all'evoluzione tecnologica e industriale). Si esamineranno, quindi, le molte e significative implicazioni derivanti dai processi di produzione di serie, caratteristici della fase di industrializzazione che ha segnato l'inizio del secolo, e dal successivo sviluppo dell'automazione e degli odierni sistemi di produzione integrati, nei quali l'informaticizzazione assume un ruolo sempre più pervasivo che conduce all'affermarsi delle discipline "meccatroniche".

In quest'ultimo contesto -dove si assiste a una crescente "virtualizzazione" dei processi di apprendimento, di progettazione, di produzione, con una conseguente "smaterializzazione" dei beni e dei servizi- l'imporsi dell'inedita categoria del *virtuale* sarà valutata con attenzione particolare, poiché essa eredita l'idea tradizionale di "artificiale" e la trasforma profondamente, ampliandone i confini all'ambito di una nuova concezione della "realtà": non più sostanziale, ma ricca di una concretezza nuova, dinamica, flessibile.

PROGRAMMA

Nel corso verranno trattati i seguenti argomenti:

- Il concetto di artificiale nella civiltà industriale novecentesca
- La rivoluzione cibernetica e il suo impatto culturale
- Il concetto di virtuale nella odierna civiltà dell'informazione.

Sono previsti alcuni seminari di approfondimento.

BIBLIOGRAFIA

A. Rebaglia, *Artificiale e virtuale. Tematiche di filosofia della tecnologia*, Paravia Scriptorium, Torino
In preparazione Ulteriore materiale didattico verrà fornito in occasione dei seminari.

MODALITÀ D'ESAME

E' richiesta una relazione scritta su uno a scelta fra gli autori trattati nei seminari. L'esame orale verterà sulla discussione della relazione, inserita nel contesto del programma svolto.

01CLW STORIA DELLA TECNICA A (SOCIETÀ, ECONOMIA, SCIENZA)

Docente:	Vittorio MARCHIS
Periodo:	1
N. crediti:	5

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso vuole fornire agli studenti la capacità di inquadrare gli oggetti e i sistemi tecnici nella loro prospettiva storica. A tal fine il corso prende l'avvio da alcune fondamentali premesse sul concetto di storia, sul ruolo e sulle finalità della ricerca storica, e specificamente sul significato della storia della tecnologia. In parallelo sono presi in esame i momenti salienti della storia dell'economia e del pensiero scientifico.

Il corso è armonizzato con quello di Storia della tecnica B (UM028) che può essere considerato, ancorché non esclusivamente, come il suo seguito. Non è richiesto alcun corso propedeutico.

PROGRAMMA

La storia della tecnica nel mondo moderno e contemporaneo:

- *La storia come scienza.* Le scritture come fondamento della storia: il documento. La ricerca storica. I temi e le idee della storia. Cronologia e storia. La storia e "le storie". La rivoluzione agricola e la rivoluzione industriale.
- *La "scienza nuova" e il passaggio "dal mondo del pressappoco all'universo della precisione"* (A.Koyré). La nascita della metallurgia nel '500; la "meccanica" da Guidobaldo del Monte a Galilei a Newton; la nascita delle Accademie e delle istituzioni scientifiche. Il macchinismo e il mito del progresso. Il Settecento e la coscienza della tecnologia. L'Illuminismo e le Enciclopedie.
- *La Rivoluzione industriale.* L'industria dei metalli e gli arsenali. Il vapore. L'istruzione tecnica. L'Ottocento e il trionfo delle macchine.
- *La grande industria:* Il macchinismo e la diffusione del sistema di fabbrica: Inghilterra, Francia, Germania, Italia. La nascita dell'elettricità. I sistemi tecnici: il telegrafo; le ferrovie; l'industria chimica. I politecnici e le scuole di ingegneria. La diffusione del sapere tecnico: le Esposizioni industriali; i brevetti. L'ottimismo "fin-de-siècle". Le crisi e le speranze del XX secolo. Le costruzioni in ferro e in cemento armato.
- *I contesti economici nella società industriale.* Le interpretazioni dei fenomeni economici. (A.Smith, D.Ricardo, K.Marx, J.Schumpeter, J.M.Keynes, G.Friedman, N.Rosenberg).
- *La macchina tra utopie e realtà.* Le utopie tecnologiche, l'idea di progresso e lo sviluppo della società industriale.

Modalità di svolgimento delle lezioni:

Il corso è svolto durante il primo emisemestre e prevede una frequenza settimanale di sei ore di lezione. A fianco delle lezioni istituzionali sono previsti seminari di approfondimento e conferenze tenute da esperti.

Laboratorio:

Durante il corso, gli studenti affronteranno la lettura critica di un saggio scelto da un elenco di titoli proposti dal docente. Su tale lettura e sui suoi approfondimenti verterà la relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

BIBLIOGRAFIA

- G. Anders, *L'uomo è antiquato. La terza rivoluzione industriale*, (Bollati Boringhieri), Torino 1992.
C.M. Cipolla, *Uomini, tecniche, economie*, (Feltrinelli), Milano 1998.

Docente:	Vittorio MARCHIS
Periodo:	2
N. crediti:	5

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso vuole fornire agli studenti gli strumenti dell'indagine storica per inquadrare gli sviluppi della tecnologia e dell'industria nel XX secolo, in relazione ai contesti socioculturali in cui hanno subito la loro evoluzione.

Il corso, è composto da una prima serie di lezioni sui criteri interpretativi e valutativi dei fenomeni specifici dello sviluppo tecnologico e industriale del XX secolo a cui segue un approfondimento monografico su un particolare settore. Per l'anno accademico in corso viene presa in esame *la scienza e l'industria aerospaziale* dal 1930 sino al 1970.

Il corso è armonizzato con quello di Storia della tecnica A (UM027) che può essere considerato, ancorché non esclusivamente, la sua premessa generale. Non è richiesto alcun corso prepedeutico.

PROGRAMMA

- *Gli scenari del XX secolo*: La nascita dell'aeronautica. Il sistema industriale e il modello tayloristico. I grandi sistemi tecnici: elettricità, telecomunicazioni, trasporti. I limiti dello sviluppo. Le rivoluzioni informatiche. La Big Science e i Large Systems.
- *La storia della tecnica*. Una storia di contesti socioeconomici.
- *La storia della scienza e la storia del pensiero scientifico*. I grandi temi del pensiero scientifico moderno in relazione alla società industriale contemporanea. La società dell'informazione.
- Le origini dell'industria missilistica.
- L'industria bellica e l'armamento missilistico nel secondo conflitto mondiale.
- La corsa USA-URSS allo spazio.
- La conquista della Luna.
- I nuovi contesti aerospaziali europei.

Modalità di svolgimento delle lezioni:

Il corso è svolto durante il secondo semestre e prevede una frequenza settimanale di sei ore di lezione. A fianco delle lezioni istituzionali sono previsti seminari di approfondimento e conferenze tenute da esperti.

Laboratorio:

Durante il corso, gli studenti affronteranno la lettura critica di un saggio scelto da un elenco di titoli proposti dal docente. Su tale lettura e sui suoi approfondimenti verterà la relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

BIBLIOGRAFIA

- J. R. Beniger, *Le origini della società dell'informazione. La rivoluzione del controllo.*, (Utet Libreria), Torino 1995
- A.D. Chandler jr., *Dimensione e diversificazione. Le dinamiche del capitalismo industriale*, (Il Mulino), Bologna 1994.
- D. Harvey, *La crisi della modernità*, (Il Saggiatore), Milano 1993.
- V. Marchis, *Wernher von Braun*, (Le Scienze), Milano 2000.
- V. Marchis (a cura di), *Storia delle scienze. vol.V (Conoscenze scientifiche e trasferimento tecnologico)*, (Einaudi), Torino 1995.

M. McLuhan, Gli strumenti del comunicare, (Il Saggiatore), Milano 1997.

M. Nacci, La crisi del progresso. Saggio di storia delle idee 1895-1935, (Guerini e Associati), Milano 1994.

D. Noble, La questione tecnologica, (Bollati Boringhieri), Torino 1993.

N. Rosenberg, Dentro la scatola nera, (Il Mulino), Bologna 1991.

MODALITÀ D'ESAME

Per sostenere l'esame è richiesta la presentazione di una relazione scritta sull'approfondimento scelto in accordo con il docente. Detta relazione sarà discussa in sede di accertamento nell'esame orale finale.

Il corso vuole fornire agli studenti gli strumenti dell'indagine storica per individuare gli sviluppi della tecnologia e dell'industria nel XX secolo in relazione ai contesti socio-culturali in cui hanno subito la loro evoluzione. Il corso è composto da una prima parte di lezioni sui contesti ideologici e valutativi del tempo, e di una seconda parte di lezioni sullo sviluppo tecnologico e industriale del XX secolo a cui segue un approfondimento metodologico su un particolare settore. Per l'anno accademico in corso viene preso in esame la scienza e l'industria europee dal 1930 fino al 1970. Il corso è articolato con quello di Storia della tecnica A (UMET) che può essere considerato, anche non necessariamente, la sua premessa. Eventuale prova è previsto alcuni giorni precedenti.

PROGRAMMA

- Gli esordi del XX secolo: la nascita dell'economia. Il sistema industriale e il modello di sviluppo. I grandi sistemi tecnici: elettrico, telecomunicazioni, trasporti. I limiti dello sviluppo per la rivoluzione informatica. La Big Science e i Large Systems.
- La storia della tecnica. Una storia di contesti socio-culturali.
- La storia della scienza e la storia del pensiero scientifico. I grandi temi del pensiero scientifico moderno in relazione alla società industriale contemporanea. La scienza dell'informazione.
- Le origini dell'industria metalmeccanica.
- L'industria bellica e l'arricchimento industriale nel secondo conflitto mondiale.
- La corsa USA-URSS allo spazio.
- La conquista della Luna.
- I nuovi contesti europei.

Modalità di svolgimento delle lezioni:
Il corso è svolto durante il secondo semestre e prevede una frequenza settimanale di sei ore di lezione. A fianco delle lezioni tradizionali sono previsti seminari di approfondimento e altre forme di attività.

Laboratori:
Durante il corso, gli studenti alternano la lettura critica di un saggio scelto da un elenco di titoli proposti dal docente. In tale lettura e sui suoi approfondimenti verrà in relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

BIBLIOGRAFIA

- J. R. Beniger, Le origini della società dell'informazione. La rivoluzione del controllo. Utet, Libano, Torino 1975.
- A.D. Chandler jr, Dimensione e diversificazione. Le dinamiche del capitalismo industriale. Il Mulino, Bologna 1994.
- D. Harvey, La crisi della modernità. Il Saggiatore, Milano 1993.
- V. Markie, Werner von Braun, Le Scienze, Milano 2000.
- V. Markie (a cura di), Storia delle scienze. Vol. V (Conoscenza scientifica e trattamento tecnologico). Einaudi, Torino 1995.

01DAZ TECNICHE DI SCRITTURA

Docente:	Marina BELTRAMO
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Negli ultimi anni la scrittura ha assunto una nuova centralità nell'ambito della comunicazione sia personale sia professionale. La quantità di testi scritti che ognuno di noi deve leggere e produrre è notevolmente aumentata (si pensi ad esempio alla diffusione della posta elettronica), e sono aumentate le aspettative circa la qualità del prodotto scritto. Lo scrivere bene non è più prerogativa esclusiva di quei letterati che sanno maneggiare una lingua alta impiegando sottili artifici retorici: con l'espressione scrivere bene oggi si intende piuttosto l'abilità di comunicare i concetti in modo efficace, chiaro e accurato, producendo il tipo di testo che meglio si adatta alla situazione comunicativa. Scrivere, e scrivere bene, è un'abilità richiesta pressoché a tutti: ci si aspetta la produzione di buoni documenti scritti da chiunque svolga una professione all'interno di una struttura organizzativa anche molto semplice, o sia impegnato in compiti che implicano attività di progetto, comunicazione di dati, notizie, risultati.

Questo corso si propone di avvicinare gli studenti alla scrittura, in particolare a quella tecnico-scientifica, offrendo loro gli strumenti teorici e pratici per familiarizzare con un mezzo di comunicazione spesso sottovalutato e spesso origine di dubbi e difficoltà. Saranno presentati principi, tecniche, procedure e strumenti per ottenere un buon testo scritto che esibisca quegli aspetti di organizzazione concettuale e di accuratezza formale per i quali si possa parlare di prodotto professionale.

PROGRAMMA

La comunicazione

- Modelli
- Applicazioni
- La comunicazione orale e la comunicazione scritta

I testi

- Che cosa fa di un insieme di parole un testo?
- Tipi e generi testuali

Testi con vincoli

Il testo come processo

- Pianificazione
- Stesura
- Revisione

I testi tecnico-scientifici: principi di technical writing

- Aspetti di pianificazione

La situazione comunicativa

Scalette standard

- Aspetti linguistici

I linguaggi settoriali

Strutture sintattiche

Elementi di coesione

- Convenzioni

Uso delle risorse tipografiche

Simboli

Illustrazioni

Il corso prevede esercitazioni con l'impiego di strumenti informatici.

BIBLIOGRAFIA

A inizio corso saranno disponibili delle dispense che costituiranno il testo di riferimento principale. Eventuali integrazioni saranno indicate durante il corso e rese disponibili in forma di fotocopia.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame è costituito da un test sui contenuti affrontati durante il corso e da una relazione scritta.

Durante il corso, gli studenti possono sostenere alcune prove brevi, nelle quali sono chiamati ad applicare quanto discusso a lezione. Il superamento di queste sostituisce la relazione scritta conclusiva.

Il corso prevede esercitazioni con l'impiego di strumenti informatici.
Illustrazioni
simboli
Leo della teoria ipografica
• Convenzioni
Elementi di coesione
Strutture sintattiche
I linguaggi settoriali
• Aspetti linguistici
Scelte standard
La situazione comunicativa
• Aspetti di pianificazione
I testi tecnico-scientifici: principi di technical writing
• Revisione
• Sintassi
• Pianificazione
Il testo come processo
• Testi con vincoli
• Tipi e generi testuali
• Che cosa fa di un insieme di parole un testo?
I testi
• La comunicazione orale e la comunicazione scritta
• Applicazioni
• Modelli
La comunicazione