UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA
E DELLE TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE - DIETI

GUIDA DELLO STUDENTE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRICA

Classe delle Lauree Magistrali in Ingegneria Elettrica, Classe LM-28

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

Napoli, luglio 2021

Finalità del Corso di Studi e sbocchi occupazionali

La formazione del laureato Magistrale in Ingegneria Elettrica è rivolta all'acquisizione di competenze in ambiti disciplinari che spaziano dalla produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica alla trasformazione, conversione e regolazione della stessa in sistemi anche ampiamente automatizzati ed alla sua utilizzazione nella molteplice e variegata realtà del mondo industriale e dei servizi, dei consumi residenziali, delle infrastrutture e dei sistemi di trasporto, delle tecnologie per l'informazione e per la comunicazione. Tali ambiti disciplinari si sono ulteriormente ampliati e innovati negli ultimi anni con l'avvento della liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica, delle reti elettriche intelligenti (Smart Grids), reti in cui vengono gestiti in maniera ottimizzata i flussi energetici a tutti i livelli di tensione, e delle nanotecnologie.

In tale contesto, l'organizzazione del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica si propone innanzitutto di consolidare la preparazione a largo spettro degli allievi, sicura garanzia per il pronto inserimento nel mondo del lavoro e, poi, di approfondire ed aggiornare la formazione nell'ambito dell'Ingegneria Elettrica attraverso l'acquisizione delle metodologie avanzate e specifiche dei settori caratterizzanti ed affini.

Il percorso di studi è impostato, pertanto, in modo da privilegiare le seguenti priorità di indirizzo di formazione:

- integrare, razionalizzare e finalizzare i contenuti delle discipline definite come propedeutiche, necessarie per acquisire gli strumenti metodologici e di calcolo di base. Quest'area di formazione si pone l'obiettivo di rafforzare la preparazione di base e di renderla, nel contempo, più operativa anche ai fini del prosieguo degli studi successivi (Dottorato, Master).
- Agganciare i percorsi formativi alle esigenze del mondo del lavoro, con una chiara visione delle prospettive future.
- Associare ad una solida preparazione di base competenze polivalenti relative non solo al settore elettrico. L'Ingegneria Elettrica è caratterizzata, infatti, da una forte interdisciplinarità, caratteristica fondamentale per affrontare con successo le sfide sempre più impegnative del mondo del lavoro e della ricerca, garantendo così al laureato magistrale di inserirsi nel mercato professionale innanzitutto da "Ingegnere".
- Allargare in modo razionale la formazione di carattere generale sia tecnologica sia metodologica nell'area di discipline definite "caratterizzanti" dell'Ingegneria Elettrica, attraverso il coordinamento più stretto con i contenuti delle discipline ingegneristiche affini, sempre presenti ormai nel sistema elettrico irreversibilmente orientato verso una sempre più spinta integrazione tecnologica.
- Rendere lo studente capace di svolgere e gestire attività di progettazione anche complesse in molteplici ambiti disciplinari.
- Offrire allo studente differenti percorsi formativi, ciascuno caratteristico di una ben definita «area di competenza» agganciata strettamente alle richieste attuali e future del mondo del lavoro.
- Sviluppare nello studente uno spirito critico che lo aiuti ad operare scelte autonome nell'ambito di un proprio progetto di formazione coerente con l'area di competenza scelta, rendendolo capace di comprendere, promuovere e sviluppare l'innovazione tecnologica.

Un laureato Magistrale in Ingegneria Elettrica così formato sarà in grado di operare efficacemente in svariati ambiti professionali, quali ad esempio:

- Industrie per la produzione di apparecchiature, macchinari elettrici e sistemi elettronici di potenza;
- Industrie per l'automazione industriale e la robotica;
- Imprese ed enti per la produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica (pianificazione e esercizio);
- Imprese ed enti per la progettazione, la realizzazione e l'esercizio dei sistemi elettrici;
- Imprese per la produzione e gestione di beni e servizi automatizzati;
- Società e consorzi per la compravendita dell'energia elettrica nella Borsa dell'energia elettrica;
- Libera professione.

La Laurea magistrale si consegue mediante l'acquisizione di 120 Crediti Formativi Universitari (CFU).

Manifesto degli Studi del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica

Classe delle Lauree Magistrali in Ingegneria Elettrica – Classe LM-28

A. A. 2021/2022

Insegnamento o attività formativa	Modulo (ove presente)	CFU	SSD	Tipologia (*)	Ambito disciplinare	Propedeuticità
I Anno --- I Semestre						
Automatica		6	ING-INF/04	4	Attività formative affini/integrative	
Sistemi automatici di misura ed elaborazione dei segnali		9	ING- INF/07	2	Ingegneria elettrica	
Fondamenti di Affidabilità dei sistemi elettrici		6	ING- IND/33	2	Ingegneria elettrica	
I Anno --- II Semestre						
Modellistica dei sistemi elettrici		9	ING-IND/33	2	Ingegneria elettrica	
Modellistica di macchine e convertitori elettrici		9	ING-IND/32	2	Ingegneria elettrica	
Campi quasi-stazionari		9	ING-IND/31	2	Ingegneria elettrica	
I Anno --- I o II Semestre						
Attività formative curricolari a scelta dello studente dalla **Tabella B)**		6		4	Attività formative affini/integrative	
Attività formative a scelta autonoma dello studente		0÷15		3		
II Anno --- I Semestre						
Reti elettriche intelligenti	Generatori, convertitori e dispositivi di accumulo	6	ING-IND/32	2	Ingegneria elettrica	
	Integrazione delle risorse distribuite nella rete	6	ING-IND/33			
Azionamenti elettrici		6	ING-IND/32	2	Ingegneria elettrica	
II Anno --- II Semestre						
Ulteriori conoscenze[1]		6		6		
Prova finale		12		5		
II Anno --- I o II Semestre						
Attività formative curricolari a scelta dello studente dalla **Tabella A)**		15		2	Ingegneria elettrica	
Attività formative a scelta autonoma dello studente		0÷15		3		

[1] I 6 CFU destinati alle "Ulteriori conoscenze" possono in tutto o in parte essere acquisiti mediante tirocini esterni o seminari organizzati dal Corso di Laurea, eventualmente col contributo di aziende esterne; per cominciare un tirocinio bisogna aver conseguito almeno 80 CFU del percorso di laurea magistrale.

(*) Legenda delle tipologie delle attività formative ai sensi del DM 270/04

Attività formativa	1	2	3	4	5	6	7
rif. DM270/04	Art. 10 comma 1, a)	Art. 10 comma 1, b)	Art. 10 comma 5, a)	Art. 10 comma 5, b)	Art. 10 comma 5, c)	Art. 10 comma 5, d)	Art. 10 comma 5, e)

Tabella A) - Attività formative curricolari a scelta dello studente (Ambito "Ingegneria Elettrica")

Insegnamento o attività formativa	Se-me-stre	Modulo (ove pre-sente)	CFU	SSD	Tipo-logia (*)	Ambito disciplinare	Prope-deuticità
Orientamento "Progettazione"							
Progettazione degli impianti elettrici	I		9	ING-IND/33	2	Ingegneria elettrica	
Design of electric machines (Engl)	II		6	ING-IND/32	2	Ingegneria elettrica	
Modelli numerici per i campi	I		9	ING-IND/31	2	Ingegneria elettrica	
Misure e collaudi su mac-chine e impianti elettrici	II		6	ING-INF/07	2	Ingegneria elettrica	
Automazione dei sistemi elettrici industriali	I		6	ING-IND/33	2	Ingegneria elettrica	
Elettronica industriale di po-tenza	II		6	ING-IND/32	2	Ingegneria elettrica	
Tecnica e diagnostica di isolamenti in Alta Tensione	II		6	ING-IND/31	2	Ingegneria elettrica	
Orientamento "Energia e Trasporti"							
Impianti di produzione da fonti tradizionali e rinnova-bili	II		6	ING-IND/33	2	Ingegneria elettrica	
Tecnologie innovative per il risparmio energetico	I		6	ING-IND/33	2	Ingegneria elettrica	
Plasmi e fusione termonu-cleare	I		9	ING-IND/31	2	Ingegneria elettrica	
Sistemi elettrici per i tra-sporti	II		9	ING-IND/33	2	Ingegneria elettrica	
Electric and hybrid vehicles (Engl)	II		6	ING-IND/32	2	Ingegneria elettrica	
Propulsione ferroviaria	II		6	ING-IND/32	2	Ingegneria elettrica	
Orientamento "Smart Grids"							
Pianificazione e gestione delle Smart Grids	II		6	ING-IND/33	2	Ingegneria elettrica	
Sensori e Smart Metering	II		9	ING-INF/07	2	Ingegneria elettrica	
Sviluppo di convertitori e dispositivi di accumulo per Smart Grids	II		6	ING-IND/32	2	Ingegneria elettrica	
Modellistica dei mercati dell'energia elettrica	I		6	ING-IND/33	2	Ingegneria elettrica	
Reti elettriche complesse e simulazione circuitale	II		9	ING-IND/31	2	Ingegneria elettrica	
E' lasciata, comunque, la possibilità allo studente di scegliere i 15 CFU tra tutti gli insegnamenti della presente Tabella A, senza alcuna limitazione di orientamento. Il piano di studi in tal caso dovrà essere approvato specificamente dalla Commissione di Coordinamento Didattico per il Corso di Studi.							

Note:

a) Non è possibile inserire nei piani di studio come attività formative "curricolari a scelta dalla Tabella A" e "a scelta autonoma dello studente" più di due insegnamenti dello stesso settore scientifico-disciplinare (SSD).

b) Gli insegnamenti contrassegnati con (Engl) sono tenuti in inglese.

Tabella B) **Ulteriori attività formative curricolari a scelta dello studente (Ambito "Attività Formative Affini o Integrative")**

Insegnamento o attività formativa	Modulo (ove presente)	CFU	SSD	Tipologia (*)	Ambito Disciplinare	Propedeuticità
I Semestre						
Economia ed organizzazione aziendale		6	ING-IND/35	4	Attività formative affini/integrative	
Nozioni giuridiche fondamentali		6	IUS-01	4	Attività formative affini/integrative	
Sistemi energetici innovativi		6	ING-IND/08	4	Attività formative affini/integrative	
Modelli e metodi della ricerca operativa		6	MAT-09	4	Attività formative affini/integrative	
Sistemi distribuiti		6	ING-INF/05	4	Attività formative affini/integrative	
II Semestre						
Elementi di meccanica strutturale e del metodo degli elementi finiti		6	ICAR/08	4	Attività formative affini/integrative	
Dinamica delle macchine		6	ING-IND/13	4	Attività formative affini/integrative	

Le attività formative "curriculari a scelta dello studente" possono essere selezionate fra gli insegnamenti previsti al primo o al secondo semestre o, eventualmente, articolati su base annuale.

Quali attività formative "**a scelta autonoma**", lo studente potrà attingere, tra l'altro, e per un totale di 15 CFU, ad attività formative indicate nella seguente **Tabella C**.

Tabella C: Scelte consigliate -"Attività formative a scelta autonoma dello studente"

Insegnamento o attività formativa	Modulo (ove presente)	CFU	SSD	Propedeuticità	Mutuato da
Un insegnamento qualsiasi dalla Tabella A					
I° Semestre					
Complementi di controlli		6	ING-INF/04		LM AUT/ROB
Reti Wireless (*)		9	ING-INF/03		LM TELMD
Dispositivi e sistemi fotovoltaici (*)		9	ING-INF/01		LM ELN
Nanotechnologies for Electrical Engineering(Engl)		6	ING-IND/31		LM ELT
Economia delle Utilities e delle Infrastrutture		9	SECS-P/06		LM ELT
Data Analytics		6	ING-INF/03		LM SINF
II° Semestre					
Pianificazione e sicurezza dei sistemi elettrici di potenza		9	ING-IND/33		LM ELT
Misure per la compatibilità elettromagnetica		9	ING-INF/07		LM IELN
Introduzione al Ferromagnetismo		3	ING-IND/31		LM ELT
Electrical technologies for smart infrastructures	Smart technologies for new power infrastructures	3	ING-IND/33		LM ELT

	Measurements for infrastructure monitoring	3	ING-INF/07		LM ELT
Electrical technologies for the ecological transition	Electric mobility and generation from renewables	4	ING-IND/32		LM ELT
	Electric energy storage	2	ING-IND/31		LM ELT
Smart production systems		9	ING-IND/17		LM ELT

(*) Suggerito per orientamento "Smart Grids"

L'inserimento di uno qualsiasi degli insegnamenti della **Tabella C** quale attività a scelta autonoma dello studente ed il rispetto delle indicazioni in calce alla **Tabella A** rendono il piano di studio di automatica approvazione. Negli altri casi il piano dovrà essere approvato specificamente dalla Commissione di Coordinamento Didattico per il Corso di Studi.
Si fa esplicitamente notare che:

- Gli allievi che non hanno sostenuto l'esame di "Metodi matematici per l'ingegneria", o un equivalente, nel corso di laurea di provenienza, devono necessariamente inserire tale insegnamento (6 CFU) nel piano di studi.
- Lo studente non può sostenere durante il Corso di Laurea Magistrale un esame già sostenuto nel Corso di Laurea.

INGEGNERIE delle TRANSIZIONI

Riconoscimento di attività formative svolte nell'ambito di percorsi di formazione interdisciplinare "Minor IT"

Gli studenti del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica possono aderire ai progetti di formazione interdisciplinare "*Minor IT - Tecnologie Green*" e "*Minor IT – Infrastrutture smart*" attivati in Ateneo nell'ambito del progetto-guida inter-Ateneo "*Ingegnerie delle Transizioni*". Ciascuno dei *minor* si consegue acquisendo almeno 30 CFU di attività formative dedicate, di cui di norma 12 CFU extra curriculari. L'adesione al progetto avviene mediante presentazione di un Piano di Studi individuale, con indicazione degli insegnamenti selezionati per il percorso *minor*, che sarà esaminato e approvato dalla CCD in conformità ai criteri di ammissibilità stabiliti dalla stessa.

Conoscenze richieste per l'accesso

Per l'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica sono previsti, in ottemperanza all'art. 6 comma 2 del DM 270/04 e con le modalità di seguito definite e più dettagliatamente riportate nel Regolamento didattico del Corso di Laurea Magistrale, specifici criteri di accesso riguardanti il possesso di requisiti curriculari e la verifica obbligatoria dell'adeguatezza della personale preparazione dello studente. Detti requisiti prevedono, tra l'altro, la capacità di utilizzare correttamente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

Requisiti curriculari

Per essere ammessi al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica occorre essere in possesso della Laurea ex D.M. 509/99 o ex D.M. 270/04, ovvero di altro titolo di studio conseguito in Italia o all'estero riconosciuto idoneo. Come requisiti curricolari minimi è necessario aver acquisito almeno i numeri di CFU di seguito separatamente riportati per definiti insiemi di settori scientifico-disciplinari:

a) Minimo 39 CFU per i SSD: MAT/03, MAT/05, MAT/07, ING-INF/05, FIS/01, CHIM/07;

b) Minimo 36 CFU per i SSD: ING-IND/31, ING-IND/32, ING-IND/33, ING-INF/07;

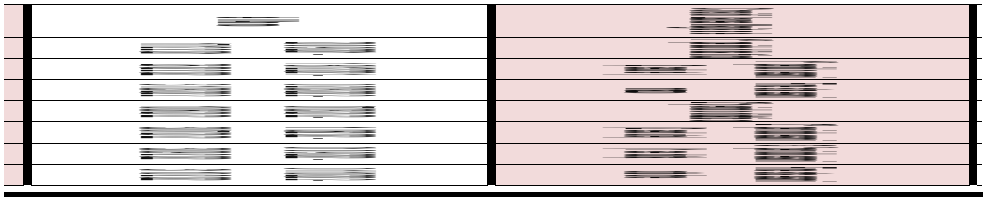
c) Minimo 30 CFU per i SSD: ING-IND/08, ING-IND/10, ING-IND/13, ING-IND/15, ING-IND/16, ING-INF/01, ING-INF/04, ICAR/08.

La Commissione di Coordinamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica valuta i requisiti curriculari posseduti dal candidato e ne riconosce i crediti in tutto o in parte, disponendo le modalità attraverso le quali è possibile effettuare le eventuali integrazioni curriculari.

Conoscenze linguistiche

In relazione alla capacità di utilizzare correttamente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari, lo studente dovrà avere conoscenza della lingua inglese o di altra lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano, almeno di livello B2 secondo il Common European Framework of Reference for Languages.

Calendario delle attività didattiche - a.a. 2021/2022



Referenti del Corso di Studi

Coordinatore Didattico dei Corsi di Studio in Ingegneria Elettrica:
Prof. Santolo Meo – Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle tecnologie dell'Informazione - tel. 081/7683629 - e-mail: santolo.meo@unina.it.

Referente del Corso di Laurea per il Programma ERASMUS: **Prof. Renato Rizzo** – Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle tecnologie dell'Informazione- tel. 081/7682271 - e-mail: stefano.guido@unina.it.

Responsabile del Corso di Laurea per i tirocini: **Prof. Santolo Meo** – Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle tecnologie dell'Informazione - tel. 081/7683629 - e-mail: santolo.meo@unina.it.

SCHEDE degli INSEGNAMENTI/MODULI

Insegnamento: AUTOMATICA	
CFU: 6	**SSD:** ING-INF/04
Ore di lezione: 32	**Ore di esercitazione:** 16
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Introdurre lo studente alla progettazione di leggi di controllo per sistemi con singolo ingresso e singola uscita, con retroazione dell'uscita e dello stato**.**	
Contenuti: Proprietà fondamentali dei sistemi di controllo in retroazione: specifiche di un sistema di controllo nel dominio del tempo. Raggiungibilità e osservabilità. Assegnamento degli autovalori. Osservatore dello stato. Analisi di sistemi con retroazione dell'uscita: precisione a regime, risposta in transitorio. Analisi nel dominio della frequenza: funzioni di sensitività, analisi di robustezza. Progetto di sistemi di controllo nel dominio della frequenza. Reti correttrici. Taratura di regolatori PID; schemi di anti-windup e bumpless. Sistemi di controllo avanzati: schemi misti feed-back+feedforward. Cenni al controllo digitale	
Codice: 14761	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: Nessuno.	
Metodo didattico: Lezioni frontali, esercitazioni in aula informatica con l'ausilio di MATLAB.	
Materiale didattico: P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni, Fondamenti di Controlli Automatici, McGraw-Hill, 4/ed, 2015 G. Celentano, L. Celentano, Elementi di Controlli Automatici, vol. III, Edises, 2015 Materiale disponibile alla pagina del docente su www.docenti.unina.it.	

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**	**X**	**Solo scritta**		**Solo orale**	
In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	**A risposta multipla**	**X**	**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	**X**
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Per lo svolgimento degli esercizi numerici è consentito l'uso di MATLAB o di programmi di calcolo equivalenti					

Insegnamento: AUTOMAZIONE DEI SISTEMI ELETTRICI INDUSTRIALI	
CFU: 6	**SSD:** ING/IND-33
Ore di lezione: 40	**Ore di esercitazione:** 8
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: L'obiettivo formativo del corso è l'acquisizione di competenze sulle strategie di controllo e sulle tecniche di automazione dei sistemi elettrici in contesti industriali.	
Contenuti: Automazione dei sistemi elettrici industriali (SEI). Funzioni di protezione, protezione e misura, controllo e comando. Architetture di automazione. SCADA per sistemi elettrici industriali. Sistemi di controllo distribuito. Apparecchi gestiti da controllori a logica programmabile PLC. Sistemi di protezione intelligenti. Diagnostica e gestione dei carichi. Gestione della manutenzione. Gestione dell'energia e dei costi. Regolazione della frequenza e delle potenze attive nei SEI. Realizzazione e riconoscimento di isole. Distacco carichi. Regolazione della tensione nei SEI. sistemi elettronici di potenza per il miglioramento della qualità del servizio elettrico. Strategie di controllo dei sistemi di accumulo per la gestione razionale dell'energia elettrica. Algoritmi di stima e controllo del carico assorbito. Sistemi automatici di rifasamento.	
Codice:	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: Modellistica dei sistemi elettrici. Fondamenti di affidabilità dei sistemi elettrici	
Metodo didattico: Lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche	
Materiale didattico: Appunti dalle lezioni. A. Lucchini, Integrazione e automazione delle funzioni impiantistiche, SAIE – Il sole 24 ore. L. Bergamaschi, Manuale di programmazione dei PLC, Hoepli.	

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: AZIONAMENTI ELETTRICI	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 6	**SSD:** ING-IND/32
Ore di lezione: 40	**Ore di esercitazione:** 14
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Acquisizione delle metodologie di analisi e di sintesi necessarie alla comprensione delle modalità di funzionamento degli azionamenti elettrici controllati in catena aperta e in catena chiusa, al loro dimensionamento ed al corretto impiego anche all'interno di sistemi industriali complessi**.**	
Contenuti: Classificazione. Meccanica degli azionamenti elettrici. Standardizzazioni e riferimenti normativi. Riscaldamento delle macchine elettriche: servizi di funzionamento. Cenni su trasduttori di corrente e velocità. Avviamento, regolazione di velocità e frenatura elettrica di motori in corrente continua e di motori asincroni. Controllo in catena aperta ed in catena chiusa. Controllo in cascata. Controllo di stato. Controllo digitale. Azionamenti con motori in corrente continua ad eccitazione indipendente e a magneti permanenti alimentati tramite raddrizzatori controllati e/o chopper. Strategie di controllo per azionamenti a 1, 2 e 4 quadranti. Controllo di coppia, di velocità, di posizione. Schemi circuitali di controllo. Azionamenti con motori asincroni alimentati tramite convertitori statici a tensione e a corrente impressa. Funzionamento a frequenza variabile. Controllo in catena aperta. Controllo in catena chiusa scalare. Controllo vettoriale ad orientamento di campo. Frenatura dinamica. Controllo diretto di coppia. Azionamenti "AC e DC brushless" con motori a magneti permanenti e a riluttanza variabile. Strategie e schemi di controllo vettoriale per gli AC brushless. Cenni sui riflessi sulla rete di alimentazione. Esercitazioni numerico-simulative con impiego di Matlab-Simulink. Laboratorio con azionamenti a controllo digitale.	
Codice:	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità:	
Metodo didattico: Lezioni; esercitazioni numeriche e di laboratorio.	
Materiale didattico: Libri di testo (A. Del Pizzo et al: "Azionamenti Elettrici" I e II vol, "Azionamenti AC e DC Brushless con motori a magneti permanenti"; "I magneti permanenti nelle macchine elettriche").	

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**	**X**	**Solo scritta**		**Solo orale**		

In caso di prova scritta i quesiti sono	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Discussione di un progetto di gruppo assegnato durante il corso						

Insegnamento: CAMPI QUASI-STAZIONARI	
CFU: 9	**SSD:** ING - IND/31
Ore di lezione: 50	**Ore di esercitazione:** 26
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: approfondimento dell'elettromagnetismo e dei modelli quasi – stazionari, con enfasi al problema della riduzione di modelli di campo a modelli a parametri concentrati	
Contenuti: 1. Campi vettoriali. Rappresentazione di un campo vettoriale, teorema di Helmholtz 2. Campo elettromagnetico e forza di Lorentz. Equazioni di Maxwell nel vuoto in forma integrale e in forma locale. Espansione in multipoli delle sorgenti. Dipolo elettrico, dipolo magnetico. 3. Campo elettromagnetico nella materia. Modello macroscopico della conduzione elettrica, della materia polarizzabile e della materia magnetizzabile. Equazioni di Maxwell nella materia. Relazioni costitutive. Condizioni di raccordo su superfici di discontinuità. 4. Campi elettromagnetici stazionari e quasi - stazionari. 5. Modello quasi - stazionario elettrico. Rilassamento della carica. 6. Modello quasi - stazionario magnetico. Diffusione del campo magnetico. Effetto pelle. 7. Propagazione elettromagnetica, onde piane. 8. Potenziali elettromagnetici, campo elettromagnetico di un dipolo elettrico e di un dipolo magnetico. 9. Propagazione guidata, modelli a linee di trasmissione. 10. Forze, tensore di Maxwell. Energia elettromagnetica e potenza. Teorema di Poynting. Forze ed energia nella materia. 11. Il modello circuitale come approssimazione quasi – stazionaria. Comportamento non ideale degli elementi circuitali. Elementi parassiti. Il problema della compatibilità elettromagnetica.	
Codice: U0990	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna	
Metodo didattico: lezioni frontali	
Materiale didattico: Testo di riferimento, H. A. Haus, J. R. Melcher, Electromagnetic Fields and Energy, Prentice-Hall, 1988. http://web.mit.edu/6.013_book/www/book.html. Testi di consultazione**,** S. Bobbio - E. Gatti, Elettromagnetismo e Ottica, seconda edizione, Boringhieri; F. Barozzi - F. Gasparini, Fondamenti di Elettrotecnica: Elettromagnetismo, Collezione di Elettrotecnica ed Elettronica, UTET, 1989.	

Modalità d'esame: Presentazione e discussione di argomenti del corso

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	---------						

Insegnamento: COMPLEMENTI DI CONTROLLI	
CFU: 6	**SSD:** ING-INF/04
Ore di lezione: 40	**Ore di esercitazione:** 8
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Fornire allo studente la preparazione teorico/pratica per l'analisi ed il controllo di sistemi lineari multivariabili.	
Contenuti: **1.** Analisi e proprietà strutturali dei sistemi lineari: Autovalori, autovettori e diagonalizzazione di una matrice. Polinomio caratteristico e polinomio minimo. Decomposizione modale della matrice di transizione. La risposta dei sistemi lineari tempo-varianti. Raggiungibilità, controllabilità e osservabilità. Forme canoniche per sistemi lineari. Test per la controllabilità e l'osservabilità di sistemi lineari tempo-invarianti. Poli e zeri di sistemi multivariabili. **2.** Stabilità: Punti di equilibrio. Caratterizzazione qualitativa dei punti di equilibrio. Stabilità di Lyapunov dei sistemi lineari. L'equazione matriciale di Lyapunov. Approccio ingresso-uscita alla stabilità. **3.** Retroazione di stato ed osservatori dello stato: Assegnamento degli autovalori. Stima dello stato ed osservatori. Leggi di controllo basate sull'uso della retroazione di stato e degli osservatori. Principio di separazione per l'assegnamento degli autovalori. **4.** Controllo ottimo: Cenni sull'ottimizzazione statica. Formulazione del problema del controllo ottimo a ciclo aperto e a ciclo chiuso. Il principio del Massimo. L'equazione di Hamilton-Jacobi. Il controllo Lineare Quadratico (LQ). Robustezza dei regolatori (LQ). Cenni sul Controllo ottimo LQG ed H_∞. **5.** Tecniche per la progettazione di sistemi di controllo multivariabili: Specifiche dei requisiti di prestazioni e robustezza attraverso il condizionamento della funzione d'anello, uso pratico del controllo LQG e del controllo H_∞ per la progettazione di sistemi di controllo.	
Codice:	**Semestre:** I
Propedeuticità:	
Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni in aula	
Materiale didattico: [1] P. J. Antsaklis, A. N. Michel, Linear Systems, McGraw-Hill Companies, 1997 [2] F.L. Lewis, D.L. Vrabie, V.L. Syrmos, Optimal Control, 3rd ed., Wiley [3] L. Magni, R. Scattolini, Advanced and Multivariable Control, Pitagora Editrice Bologna 2014 [4] S. Skogestad, I. Postlethwhite, Multivariable Feedback Control, Wiley 1996	

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Sviluppo di un progetto in ambiente Matlab/Simulink					

(*) E' possibile rispondere a più opzioni

Insegnamento: DATA ANALYTICS	
CFU: 6	**SSD:** ING-INF/03
Ore di lezione: 48	**Ore di esercitazione:**
Anno di corso: I	

Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà familiarità con le principali metodologie per l'estrazione di informazione da un insieme dati. Il percorso formativo comprende sia la teoria classica della stima /classificazione bayesiana e non sia la sua connessione alle più recenti tecniche di elaborazione e rappresentazione efficienti dei dati.

Contenuti:
Richiami di algebra lineare e calcolo delle probabilità.
Teoria della stima. Generalità, parametri di qualità.
Rappresentazione ed elaborazione dei dati: Statistica Sufficiente, Riduzione della dimensionalità, estrazione delle feature.
Stima di parametri: Principio della massima verosimiglianza e Stima a massima verosimiglianza di modelli lineari. Metodo dei minimi quadrati.
Stima bayesiana: Stima massima probabilità a posteriori (MAP). Stima a minimo errore quadratico medio (MMSE), Stima lineare MMSE.
Classificazione: Generalità, parametri di qualità.
Classificazione: non bayesiana: Classificazione a massima verosimiglianza, Criterio di Neyman-Pearson, Test di ipotesi composte.
Classificazione bayesiana: regola MAP ed a massima verosimiglianza.

Codice:	**Semestre:** I

Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna

Metodo didattico: Lezioni e piccoli progetti fatti da gruppi di lavoro con elaborati a calcolatore.

Materiale didattico: Appunti del corso:
S.M. Kay: "Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume I e II: Estimation Theory ", Prentice Hall, 1993.
S.M. Kay: "Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume II: Detection Theory ", Prentice Hall, 1998.

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)						

Insegnamento: DESIGN OF ELECTRIC MACHINES	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 6	**SSD:** ING-IND/32
Ore di lezione: 35	**Ore di esercitazione:** 25
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: The course has the aim to give the basic elements for the design of rotating electrical machines, with particular regard to the induction machines for industrial applications.	
Contenuti: *Principal Laws and Methods in Electrical Machine Design*. *Windings of Electrical Machines*: Basic Principles, Three-Phase Integral Slot Stator Winding, Short Pitching, Poly-Phase Fractional Slot Windings, Single- and Two-Phase Windings, Commutator Windings, Compensating Windings and Commutating Poles, Rotor Windings of Asynchronous Machines, Damper Windings. *Design of Magnetic Circuits*: Air Gap and its Magnetic Voltage, Equivalent Core Length, Magnetic Voltage of a Tooth and a Salient Pole, Magnetic Voltage of Stator and Rotor Yokes, No-Load Curve, Equivalent Air Gap and Magnetizing Current of the Machine, Magnetic Materials of a Rotating Machine, Permanent Magnets in Rotating Machines. *Flux Leakage, Resistances. Main Dimensions of a Rotating Machine:* Mechanical, Electrical and Magnetic Loadability. *Design Process and Properties of Rotating Electrical Machines*: Asynchronous Motor (Current Linkage and Torque Production of an Asynchronous Machine, Impedance and Current Linkage of a Cage Winding, Characteristics of an Induction Machine, Equivalent Circuit Taking Asynchronous Torques and Harmonics into Account, Synchronous Torques, Selection of the Slot Number of a Cage Winding, Construction of an Induction Motor, Cooling and Duty Types, Examples of the Parameters of Three-Phase Industrial Induction Motors).	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: Nessuna	
Metodo didattico: Lectures and project work	
Materiale didattico: Lectures notes, Textbook (Juha Pyrhonen, Tapani Jokinen and Valeria Hrabovcova: *Design Of Rotating Electrical Machines*, John Wiley & Sons).	

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	

In caso di prova scritta i quesiti sono	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: DINAMICA DELLE MACCHINE	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 6	**SSD:** ING-IND/13
Ore di lezione: 42	**Ore di esercitazione:** 12
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Fornire agli allievi i concetti fondamentali e le conoscenze delle problematiche relative alla dinamica delle macchine.	
Contenuti: Sistemi vibranti a più gradi di libertà: modello matematico per sistemi a due gradi di libertà. Smorzatori dinamici. Teoria della lubrificazione: equazioni di Reynolds, rigidezze e smorzamenti equivalenti del film d'olio. Instabilità da film d'olio. Cuscinetti: cuscinetti magnetici, a elementi volventi, cilindrici, radiali a pattini oscillanti. Dinamica dei rotori: velocità critiche torsionali e flessionali. Meccanismi articolati: analisi statica, cinematica e dinamica. Trasmissione del moto rotatorio: ruote di frizione, trasmissione a cinghia piana, rotismi ordinari ed epicicloidali.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: Nessuno.	
Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni in aula.	
Materiale didattico: Libri di testo, appunti dalle lezioni.	

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	

In caso di prova scritta i quesiti sono	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: DISPOSITIVI E SISTEMI FOTOVOLTAICI	
CFU: 9	**SSD:** ING INF 01
Ore di lezione: 60	**Ore di esercitazione:** 12
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Fornire conoscenze specialistiche in tutti i settori in cui si articola la "filiera" fotovoltaica: dalla fisica e tecnologia dei dispositivi di I, II e III generazione fino al dimensionamento degli impianti, con particolare enfasi sulle considerazioni di carattere economico e normativo.	
Contenuti: Dispositivi fotovoltaici di I generazione: richiami sulla fisica della giunzione p-n, l'effetto fotovoltaico, interazione tra lo spettro solare ed i semiconduttori, caratteristica tensione corrente della cella solare mono-giunzione e modello circuitale equivalente. Dispositivi fotovoltaici di II generazione: tecnologia dei film sottili, celle monogiunzione silicio amorfo-silicio, celle p-i-n, celle CdTe, celle CIGS, celle doppia giunzione di tipo Tandem, cenni alle celle organiche. Dispositivi fotovoltaici di terza generazione: principio di funzionamento delle celle multigiunzione, limiti teorici, celle triple e celle quadruple, la concentrazione solare. Sistemi fotovoltaici: dalle celle ai moduli, dai moduli alle stringhe, dalle stringhe al campo fotovoltaico; sistemi "grid connected" e sistemi "stand alone". Gestione dell'energia prodotta: inverter per il fotovoltaico, inseguimento del punto di massima potenza. Convertitori e tecniche di controllo. Normativa: evoluzione dello scambio sul posto e del conto energia, calcolo del ritorno economico.	
Codice:30220	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna	
Metodo didattico: Lezioni Frontali, esercitazioni pratiche, seminari.	
Materiale didattico: Libro di testo: "Dispositivi e Sistemi Fotovoltaici", Daliento, D'Alessandro, Guerriero; Edizioni EDISES 2014	
Modalità d'esame: Colloquio orale	

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Sviluppo di un progetto di dimensionamento di un impianto fotovoltaico tramite software commerciale.						

Insegnamento: ECONOMIA DELLE UTILITIES E DELLE INFRASTRUTTURE	
CFU: 9	**SSD:** SECS-P/06
Ore di lezione: 68	**Ore di esercitazione:** 4
Anno di corso: II	

Obiettivi formativi: La gestione dei servizi di pubblica utilità - acqua, rifiuti, elettricità, gas, trasporti - ha sempre avuto una grande importanza per il miglioramento della qualità della vita e la soddisfazione dei bisogni delle comunità locali e nazionali oltre che per favorire lo sviluppo della capacità competitiva dei Paesi.
Il Corso di "Economia delle utilities e delle infrastrutture" ha l'obiettivo di fornire gli strumenti d'analisi e di valutazione delle politiche di regolazione e di strategia aziendale nel più ampio settore dei servizi di pubblica utilità.
In questa ottica, il corso prende in esame le caratteristiche economiche, istituzionali e regolatorie relative alla gestione dei servizi pubblici di natura industriale delineando le prospettive di alcuni settori specifici (idrico integrato, rifiuti urbani, elettricità e gas) e delle imprese.
Gli studenti acquisiranno gli strumenti e le metodologie per la redazione degli studi di fattibilità economica e analisi costi-benefici e la valutazione dei progetti di investimento relativi alla realizzazione di infrastrutture nei settori specifici.

Contenuti:
- I servizi pubblici
- La (micro)economia dei servizi pubblici
- La regolazione del mercato
- Il settore industriale dell'energia elettrica e del gas
- Il settore del servizio idrico-integrato
- Il settore dei trasporti
- Gli investimenti infrastrutturali per l'erogazione dei servizi pubblici
- Analisi e valutazione dei progetti di investimento pubblici

Codice:	**Semestre:** I

Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna

Metodo didattico: Lezioni frontali, seminari, discussione ed analisi di casi studio

Materiale didattico: Dispense fornite dal docente.

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)						

Insegnamento: ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 6	**SSD:** ING-IND/35
Ore di lezione: 40	**Ore di esercitazione:** 16
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Il corso ha la finalità di introdurre gli studenti allo studio delle problematiche economiche e organizzative delle imprese. I principali obiettivi formativi del corso sono i seguenti: - Capacità di analizzare le caratteristiche economiche e competitive del mercato nel quale opera l'impresa; - Conoscenza delle modalità di classificazione dei costi aziendali e dell'analisi della funzione di produzione; - Conoscenza delle principali tipologie di strutture organizzative e dei criteri per la loro scelta.	
Contenuti: Parte I – *Conoscere l'impresa* La modellizzazione dell'Impresa e del mercato secondo la teoria microeconomica. Criteri di classificazione delle imprese. L'impresa e l'ambiente. L'impresa e il mercato. Le funzioni di domanda e di offerta, il concetto di equilibrio di mercato, l'elasticità, la funzione di produzione e i costi. Caratteristiche strutturali e competitive delle principali tipologie di mercato: concorrenza perfetta, oligopolio e concorrenza monopolistica, monopolio. Settore, impresa e competitività: definizione di settore; analisi e valutazione dell'attrattività di un settore; ciclo di vita del settore. Differenziali competitivi. Tecniche di portafoglio. Strategie concorrenziali di base. L'analisi del posizionamento competitivo dell'impresa attraverso la SWOT analysis. Parte II - *Cenni di organizzazione aziendale* L'analisi interna dell'impresa. La catena del valore. Le funzioni aziendali. I principali modelli di struttura organizzativa. Criteri per la scelta della struttura organizzativa. L'evoluzione della struttura organizzativa nel corso della vita dell'impresa. L'impresa come sistema: il modello delle 7S. Parte III – *Introduzione al bilancio aziendale* Introduzione alla Gestione aziendale. I fondamenti della Contabilità aziendale. La costruzione del Bilancio. Riclassificazione ed analisi del bilancio. Seminari. Testimonianze aziendali, sessioni di approfondimento, studio di casi aziendali.	
Codice:	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: Nessuno.	
Metodo didattico: Lezioni, seminari di esperti esterni.	
Materiale didattico: Dispensa didattica disponibile on-line.	

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	

In caso di prova scritta i quesiti sono	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: ELECTRIC AND HYBRID VEHICLES	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 6	**SSD:** ING-IND/32
Ore di lezione: 30	**Ore di esercitazione:** 18
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: The course provides the fundamental knowledge of the electric and hybrid vehicles, highlighting their application aspects. The goal is to make student able to set and solve problems of design and control, starting with the use of tools and methods of an engineering training. The course includes a project design and control of an EV power train or energy management of on-board power sources.	
Contenuti: Introduction to electrical and hybrid Vehicles (HEV); Vehicle Basic concepts; General Description of Vehicle Movement; Dynamic Equation; Tire–Ground Adhesion and Maximum; Tractive Effort; Power Train Tractive Effort and Vehicle Speed; Vehicle Power Plant and Transmission Characteristics; Vehicle Performance; Operating Fuel Economy; Braking Performance; Concept of Hybridization of the Automobile; Advanced HEV Architectures and Dynamics of HEV Powertrain; Configurations of Electric Vehicles; Performance of Electric Vehicles; Tractive Effort in Normal Driving; Energy Consumption; Concept of Hybrid Electric Drive Trains; Architectures of Hybrid Electric Drive Trains; Series Hybrid Electric Drive Trains; Parallel Hybrid Electric Drive Trains; Modeling of Vehicle Propulsion Systems: Power Electronics and Electrical Machines; Vehicular Power Control Strategy and Energy Management; Batteries, Ultracapacitors, Fuel Cells, and Controls; Management of Energy Storage Systems in EV, HEV, PHEV; Modeling and Simulation of Electric and Hybrid Vehicles.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti: Electrical Drive and Power Electronics	
Metodo didattico: Lectures and project work	
Materiale didattico: Book “Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamental, Theory and Design”, by M. Ehsani, Y. Gao, A. Emadi; “Hybrid Electric Vehicles: Principles and Applications with Practical Perspectives”. Chris Mi, M. Abul Masrur and David Wenzhong, WILEY	

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	

In caso di prova scritta i quesiti sono	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Progetto di una struttura di conversione.						

Insegnamento: ELETTRONICA INDUSTRIALE DI POTENZA	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 6	**SSD:** ING-IND/32
Ore di lezione: 42	**Ore di esercitazione:** 17
Anno di corso: II	

Obiettivi formativi:
Il corso è orientato ad un approfondimento e ad un ampliamento delle tematiche riguardanti l'elettronica industriale di potenza. Nel corso vengono anche forniti i criteri per la progettazione esecutiva e il controllo dei convertitori di maggior impiego.

Contenuti:
Parte I
1. Richiami sui componenti semiconduttori, ratings, caratteristiche, operazioni in serie e in parallelo.
2. Circuiti Snubbers: circuiti non polarizzati; circuiti polarizzati per il turn-off, per il turn on e cumulativi.
3. Circuiti di raffreddamento per strutture di conversione statica dell'energia elettrica.
4. Filtri in ingresso e in uscita per strutture ac-dc-, dc-dc, dc-ac.
5. Progetto dello stadio di potenza di strutture di conversione.

Parte II
1. Tecnologie elettroniche.
2. Analisi e progetto di Drivers per strutture di conversione: Drivers per pilotaggio e isolamento di strutture raddrizzatrici a controllo di fase; Drivers per pilotaggio ed isolamento di strutture dc-dc; Drivers per pilotaggio e isolamento di inverters.
3. Microprocessori nel controllo dell'elettronica industriale di potenza: programmazione con PLC; confronto tra tecnologie analogiche e tecnologie digitali nel controllo dell'elettronica industriale di potenza; controllo real-time usando microprocessori; Microcontrollori: Architetture Intel, Microchip, Texas Instruments.
4. Cenni su Controlli non lineari per strutture di conversione; 5. Progetto dello stadio di regolazione e di isolamento di strutture di conversione.

Parte III
Applicazioni: progetto e controllo, a scelta, di una struttura di conversione in uno dei seguenti settori:
Interfaccia di rete: rifasamento statico, filtri attivi, integrazione di sorgenti di energia rinnovabile (eolica, fotovoltaica, fuel-cells) nella rete elettrica locale; Applicazioni industriali: convertitori per nastri trasportatori, macchine utensili, macchine operatrici; Alimentatori: convertitori per lampade industriali, riscaldamento elettrico; Applicazioni civili: Gruppi UPS, ascensori e montacarichi.

Codice: 04408	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: Nessuno	
Metodo didattico: Lezioni, esercitazioni numeriche e di laboratorio	
Materiale didattico: Appunti dalle lezioni; libri di testo	

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**	**X**	**Solo scritta**		**Solo orale**		

In caso di prova scritta i quesiti sono	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Progetto di una struttura di conversione.						

Insegnamento: FONDAMENTI DI AFFIDABILITA' DEI SISTEMI ELETTRICI	
CFU: 6	**SSD:** ING-IND/33
Ore di lezione: 40	**Ore di esercitazione:** 8
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Mettere in grado lo studente di familiarizzare con le problematiche relative alla affidabilità di componenti e sistemi (non solo elettrici) e iniziarlo alle relative metodologie di calcolo. Al termine del corso, lo studente dovrebbe essere in grado di: 1) calcolare l'affidabilità di sistemi elettrici elementari, ossia riconducibili alle strutture logiche di base ("serie,", "parallelo", "parallelo parziale"); 2) poter effettuare autonomamente, sulla base delle metodologie apprese nel corso, l'analisi di sistemi più complessi.	
Contenuti: Il concetto di affidabilità; genesi ed evoluzione della teoria. Incertezza dei carichi e altri fenomeni aleatori nei sistemi elettrici. Affidabilità, Rischio, Sicurezza nei sistemi elettrici. Eventi aleatori e Algebra degli Eventi. Elementi di Calcolo Combinatorio. La Probabilità di un Evento: Concetti e Interpretazioni. Cenni alla Teoria Assiomatica. Probabilità condizionata e probabilità totale. Variabili aleatorie e loro utilizzo nei modelli di affidabilità. PDF, CDF, media, varianza. Definizione quantitativa dell'affidabilità. Funzione di affidabilità strutturale. Sistemi Coerenti. Rappresentazione affidabilistica dei sistemi: generalità sui sistemi serie e parallelo. Sistemi "serie – parallelo" e loro "riduzione". Sistemi di tipo "parallelo parziale". Metodi di analisi di sistemi complessi: metodo della probabilità totale, spazio degli eventi, metodi degli insiemi di collegamento e degli insiemi di taglio. Esempi notevoli di sistemi "non riducibili" (come il "sistema ponte"), e loro risoluzione con i vari metodi. Esercitazioni numeriche relative ad applicazioni in campo elettrico.	
Codice:	**Semestre: I**
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna	
Metodo didattico: Lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche	
Materiale didattico: Dispense disponibili sul sito del docente. S.M. Ross (2003) "*Probabilità e statistica per l'ingegneria e le scienze*", Apogeo - Wenyuan Li (2004) "*Risk Assessment of Power Systems*", IEEE Press	
Modalità d'esame: Prova scritta seguita da colloquio orale	

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**	**X**	**Solo scritta**		**Solo orale**		
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**	**X**	**Esercizi numerici**	**X**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: ILLUMINOTECNICA	
CFU: 9	**SSD:** ING-IND/11
Ore di lezione: 40	**Ore di esercitazione:** 32
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Il corso si propone l'acquisizione da parte dello studente delle nozioni di base dell'illuminotecnica, dei componenti degli impianti di illuminazione e delle loro caratteristiche, nonché delle tecniche e degli strumenti oggi impiegati nella pratica progettuale. L'obiettivo è quello dell'apprendimento delle metodologie e procedure per effettuare delle scelte progettuali che ottimizzino le esigenze del comfort visivo, del risparmio energetico e dell'impatto ambientale, tenendo conto delle più recenti innovazioni proposte sia in ambito scientifico che tecnologico.	
Contenuti: Natura della luce, grandezze radiometriche e fotometriche, interazioni luce-materia. La misura della luce: fotometria, spettrofotometria, colorimetria. Gli strumenti di misura. Il sistema visivo, la luce naturale, le sorgenti di luce artificiale e le loro caratteristiche, i calcoli illuminotecnici. Caratteristiche di emissione spettrale delle sorgenti LED: effetti sulla percezione cromatica e sulla qualità dell'illuminazione. L'illuminazione di ambienti interni ed esterni in ottemperanza alle vigenti norme. Strategie per il conseguimento di risparmi energetici in ambienti interni mediante integrazione luce naturale-artificiale: Caratteristiche principali dei "Daylight linked controls". Il calcolo del LENI. Strategie per il conseguimento di risparmi energetici in ambienti esterni mediante riduzione dei flussi e contenimento dell'inquinamento luminoso. Illuminazione stradale ed illuminazione dei centri storici. Concetto di "Human Centric Lighting". Cenni sugli effetti non visivi della luce sull'uomo. Modellazione illuminotecnica mediante uso di software.	
Codice:	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna	
Metodo didattico: Lezioni frontali, esercitazioni, modellazione illuminotecnica mediante uso di software	
Materiale didattico: appunti del corso scaricabili dal sito web docente – il docente fornirà agli allievi ulteriori riferimenti e materiale integrativo. Il corso è disponibile anche sulla piattaforma Federica in versione MOOC.	

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**	**X**	**Solo scritta**		**Solo orale**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**	**X**	**Esercizi numerici**	**X**
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Sviluppo di un progetto illuminotecnico mediante software					

Insegnamento: IMPIANTI DI PRODUZIONE DA FONTI TRADIZIONALI E RINNOVABILI	
CFU: 6	**SSD:** ING/IND-33
Ore di lezione: 42	**Ore di esercitazione:** 10
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Fornire agli studenti le nozioni fondamentali relative: (i) agli impianti elettrici presenti negli impianti di produzione dell'energia elettrica connessi ai sistemi di I, II e III categoria; (ii) alle modalità di partecipazione dei produttori ai mercati dell'energia elettrica; (iii) alla modellistica per lo studio del funzionamento dei mercati dell'energia elettrica.	
Contenuti: *Generalità sulla produzione dell'energia elettrica* *Impianti di produzione dell'energia elettrica connessi alla rete elettrica di III categoria*: Nozioni di base. Problemi di natura impiantistica negli Impianti termoelettrici (con turbine a vapore di tipo tradizionale, con turbine a gas e a ciclo combinato gas-vapore), negli Impianti geotermoelettrici, negli Impianti idroelettrici e negli Impianti idroelettrici di produzione e pompaggio. *Impianti di produzione dell'energia elettrica connessi alle reti elettriche di I e II categoria*: Nozioni di base. Produzione distribuita da fonte rinnovabile: Problemi di natura impiantistica negli Impianti eolici, solari, Impianti idroelettrici di piccola taglia, Impianti termoelettrici per l'uso della biomassa, Impianti innovativi. *Impianti di produzione e mercato dell'energia elettrica*: Meccanismi di partecipazione dei produttori al mercato del giorno prima, al mercato infra-giornaliero, al mercato dei prodotti giornalieri ed al mercato del servizio di dispacciamento. Unit commitment. Modellistica per lo studio del funzionamento dei mercati dell'energia elettrica: Elementi di base, Procedure di Market-clearing (Equilibrio del mercato). Programmazione della produzione e strategie di partecipazione al mercato. *Gli impianti di produzione e le Smart Grids*.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: Modellistica dei sistemi elettrici	
Metodo didattico: Lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche	
Materiale didattico: V. Mangoni, M. Russo: "Impianti di produzione dell'energia elettrica", Edizioni dell'Università di Cassino, 2005. Dispense fornite dal docente.	
Modalità d'esame:	

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: INTRODUZIONE AL FERROMAGNETISMO	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 3	**SSD:** ING-IND/31
Ore di lezione: 20	**Ore di esercitazione:** 4
Anno di corso: II	

Obiettivi formativi:
Fornire gi elementi fondamentali per la comprensione del comportamento dei materiali ferromagnetici in riferimento alle applicazioni nell'ingegneria elettrica.

Contenuti:

1. Fenomenologia del processo di magnetizzazione nei materiali ferromagnetici. Ciclo di isteresi, magnetizzazione residua e campo coercitivo. Classificazione dei materiali ferromagnetici (dolci, duri)
2. Meccanismi fisici alla base del ferromagnetismo. Interazione di scambio, anisotropia, magnetostatica. Magnetizzazione spontanea e domini magnetici. Spiegazione del processo di magnetizzazione in base alla teoria dei domini.
3. Teoria elettromagnetica dei materiali ferromagnetici come mezzi continui. Accoppiameto delle equazioni di Maxwell quasistazionarie con la termodinamica del mezzo in condizioni isoterme. Formulazione del problema di campo in termini di minimizzazione dell'energia libera del sistema campo e materia. Teoria micromagnetica statica ed equazioni di Brown. Origine dell'isteresi.
4. Equazioni dinamiche dei ferromagneti. Precessione di Larmor, equazione di Landau-Lifshitz della dinamica della magnetizzazione e compatibilità con le equazioni di Brown.
5. Teoria della particella ferromagnetica uniformemente magnetizzata. Modello di Stoner-Wohlfarth per la particella sferoidale. Implicazioni per i magneti permanenti. Fenomeni dinamici non lineari nelle particelle uniformemente magnetizzate. Swicthing dinamico della magnetizzazione. Implicazioni nel campo della registrazione magnetica
6. Discussione dei fenomeni di magnetizzazione in ferromagneti non uniformemente magnetizzati. Il fenomeno della nucleazione. La risonanza ferromagnetica. I fenomeni di moto delle pareti di dominio.

Docente:	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuno	
Metodo didattico: Lezioni	

Materiale didattico: Libri di testo: G. Bertotti, Hysteresis and Magnetism, Elsevier (1998),
W.F. Brown, Micromagnetics, Wiley (1963), W.F. Brown, Magnetostatic Principles in Ferromagnetism NH (1962),
L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Electrodynamics of Continuous Media, Pergamon (1960).

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: MISURE E COLLAUDO SU MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI	
CFU: 6	**SSD:** ING-INF/07
Ore di lezione: 30	**Ore di esercitazione:** 18
Anno di corso: II	

Obiettivi formativi: Il corso, a carattere teorico-applicativo, ha l'obiettivo di insegnare agli studenti a progettare ed eseguire il collaudo di una macchina elettrica o di un impianto elettrico a bassa tensione. In particolare, gli studenti acquisiscono:
- conoscenza delle norme CEI di riferimento;
- conoscenza della strumentazione e metodi di misura impiegata;
- competenze per la progettazione di una stazione automatica di misura per il collaudo;
- competenze per la programmazione, in ambiente LabVIEW e Matlab, del software di controllo della stazione di collaudo, per l'esecuzione delle misure, l'elaborazione dei dati, la presentazione dei risultati di interesse**.**

Contenuti:
Introduzione al collaudo di macchine ed impianti elettrici. Struttura di una norma CEI per il collaudo delle macchine elettriche.
Trasformatori di misura TA e TV. Errori di rapporto e di angolo. TA e TV compensati. Prova sperimentale di laboratorio per la verifica della classe di precisione di un TA tramite comparatore di corrente.
Collaudo di un trasformatore trifase. Metodi per la verifica del rapporto di trasformazione e del gruppo. Metodi per la determinazione del rendimento. Perdite a vuoto e a carico. Prova sperimentale per la verifica del rendimento di un trasformatore trifase.
Collaudo delle macchine elettriche rotanti. Metodi per la determinazione delle perdite in funzione del tipo di macchina. Prova sperimentale per la verifica del rendimento di un motore asincrono alimentato da rete.
Misura del rendimento negli azionamenti elettrici. Prove sperimentali per la verifica del rendimento di un motore asincrono alimentato da inverter.
Riscaldamento nelle macchine elettriche. Prove di riscaldamento. Prova sperimentale di riscaldamento mediante distacco del carico.
Collaudo degli impianti elettrici: procedure tecniche e amministrative. Norme tecniche e norme di legge. Esami a vista. Prove di verifica. Prova sperimentale della misura delle tensioni di passo e contatto in prossimità dell'impianto di terra di una cabina MT/BT. Prova sperimentale per la verifica di un interruttore differenziale monofase. Prova sperimentale per la verifica di un impianto in un locale ad uso medico.
Prove in alta tensione. Caratteristiche di un laboratorio per prove di alta tensione. Generatori di impulsi, generatori di elevate tensioni alternate, generatori di elevate tensioni continue. Partitori di tensione. Misuratori per il rilievo delle scariche parziali. Prova di laboratorio per la taratura del generatore di impulsi atmosferici.
Prove di corto circuito reali e sintetiche. Sistemi di alimentazione. Dispositivi per il rilievo delle correnti di corto circuito. Prova sperimentale di corto circuito su un TA

Codice: 30253	**Semestre:** II

Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna.

Metodo didattico: Lezioni frontali ed esercitazioni di laboratorio

Materiale didattico: Dispense, manuali, estratti delle norme CEI e software forniti dal docente.
G. Zingales, Misure sulle Macchine e sugli Impianti Elettrici, Cleup.
M. D'Apuzzo, N. Polese, Sistemi e metodi di misura per applicazioni industriali Vol.1 e Vol.2, Centro Stampa Opera Universitaria Napoli.

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**	**X**	**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Esposizione elaborati delle esercitazioni svolte in laboratorio e prova al calcolatore						

Insegnamento: MISURE PER LA COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 6	**SSD:** ING-INF/07
Ore di lezione: 40	**Ore di esercitazione:** 20
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Il Corso si propone di fornire allo studente gli strumenti teorici e tecnici per la comprensione dei fenomeni di compatibilità elettromagnetica e delle metodologie di misura mediante lo studio dei principi di funzionamento della strumentazione, dei setup e delle norme tecniche. Durante il corso gli studenti approfondiranno le conoscenze acquisite mediante lo sviluppo di un progetto finalizzato alla verifica sperimentale delle caratteristiche di compatibilità di strumentazione elettronica.	
Contenuti: La direttiva per la Compatibilità Elettromagnetica; Enti preposti alla verifica dei requisiti di Compatibilità; Enti di Normazione e Norme Armonizzate. Il decibel e il suo impiego nella compatibilità elettromagnetica. Ricevitore di picco, quasi-picco, media e valore efficace; Rete per la Stabilizzazione di Impedenza (LISN); Reti di Accoppiamento/Disaccoppiamento (CDN); Sonde di Corrente e di Tensione; Disturbi di modo Differenziale e modo Comune. Norme di immunità e emissione, radiata e condotta. La normativa di esposizione ai campi elettromagnetici ambientali; Sonde, Antenne per la misurazione di campi elettromagnetici. Esecuzione di prove di conformità presso il laboratorio di Compatibilità elettromagnetica; esecuzione di misurazioni di campo elettromagnetico ambientale.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: Nessuno	
Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni di laboratorio	
Materiale didattico: Appunti dalle lezioni; libri di testo	
Modalità d'esame:	

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: MODELLI E METODI PER LA RICERCA OPERATIVA	
CFU: 6	**SSD:** MAT/09
Ore di lezione: 30	**Ore di esercitazione:** 18
Anno di corso: I	

Obiettivi formativi: Obiettivo principale del corso è consolidare e ampliare le conoscenze modellistiche ed algoritmiche necessarie per analizzare sistemi complessi e ottimizzare il loro funzionamento per risolvere problemi reali industriali attraverso l'uso di ambienti software di ottimizzazione e simulazione, nelle diverse fasi di studio di un problema, dalla gestione dei dati e dei flussi informativi alla risoluzione del modello formulato e all'analisi ed interpretazione critica dei risultati.
Lo studente sarà in grado di stabilire la natura (strategica, tattica, operativa) dei problemi decisionali che nascono all'interno di un sistema complesso, anche con riferimento ai sistemi su rete. Saprà inoltre riconoscere in modo autonomo i metodi di ottimizzazione e simulazione di supporto alle decisioni da utilizzare in diversi contesti applicativi, al fine di identificare le strategie di intervento più efficienti, di tipo mono e multi obiettivo.

Contenuti:
- Introduzione all'ottimizzazione. Processi decisionali, Problem Solving, Programmazione matematica.
- Problemi di ottimizzazione continua. Ottimizzazione non lineare mono e multidimensionale (non vincolata e vincolata).
- Ottimizzazione lineare continua. Formulazione di problemi di programmazione lineare (P.L.); algoritmo del Simplesso; struttura algebrica della PL; teoria della dualità; analisi post-ottimale; cenni di ottimizzazione multi-criteria, metodi multi-attributo e multi-obiettivo (con e senza priorità).
- Ottimizzazione lineare intera. Formulazione di problemi di programmazione lineare intera (P.L.I.) e binaria; metodi di ottimizzazione intera (branch-and-bound, piani di taglio, metodi a generazione di righe e di colonne); problemi noti di P.L.I. (cutting stock, zaino, assegnamento); modellazione di problemi industriali (e.g. allocazione ottima, sequenziamento delle operazioni).
- Teoria dei grafi e Ottimizzazione su rete. Elementi di teoria dei grafi; struttura dati di un grafo e algoritmi di visita; modellazione di problemi di ottimizzazione su rete e algoritmi risolutivi; problemi di percorso, flusso e progetto; modellazione di problemi industriali su rete (e.g. smart grid, controllo e equilibrio dei flussi).
- Tecniche reticolari di programmazione e controllo. PERT e CPM.

Il corso ha una connotazione metodologica e di laboratorio e prevede lo sviluppo di progetti da parte degli studenti e la soluzione di problemi ottimizzazione con l'utilizzo di strumenti software, tra cui OPL-Cplex e Xpress-IVE.

Codice:	**Semestre:** I

Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna.

Metodo didattico: Lezioni frontali ed esercitazioni di laboratorio

Materiale didattico: - M. Caramia, S. Giordani, F. Guerriero, R. Musmanno, D. Pacciarelli, "Ricerca Operativa", Isedi, Italia, 2014.
- C. Guéret, C. Prins, M. Sevaux, Applications of optimization with Xpress-MP, Dash Optimization Ltd., 2010.
- F. S. Hillier, G. J. Lieberman, Ricerca operativa - Fondamenti, 9/ed., McGraw-Hill, 2010.
- A. Sforza, Modelli e Metodi della Ricerca Operativa, 3a ed., ESI, Napoli, 2018.
- Materiale didattico integrativo fornito durante il corso.

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**	**X**	**Solo scritta**		**Solo orale**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**	**X**	**Esercizi numerici**	**X**
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)						

Insegnamento: MODELLI NUMERICI PER I CAMPI	
CFU: 9	**SSD:** ING-IND/31
Ore di lezione: 50	**Ore di esercitazione**: 22
Anno di corso: II	

Obiettivi formativi: L'impiego dei mezzi di calcolo è ormai una realtà imprescindibile nella pratica professionale dell'ingegnere. Il corso ha l'obiettivo di illustrare agli allievi gli aspetti fondamentali della modellistica numerica d'interesse per un ingegnere elettrico e dell'Informazione, fornendo gli strumenti di base per la risoluzione con il calcolatore di problemi di campo. L'approccio seguito si propone di mediare tra il rigore richiesto da una corretta impostazione matematica e la necessità di condurre gli allievi a risolvere problemi applicativi più direttamente legati alla loro preparazione specifica. Il linguaggio di programmazione MATLAB® è utilizzato nel laboratorio numerico.
Al termine del corso gli allievi saranno in possesso degli strumenti utili per la risoluzione di un problema di campo al calcolatore e di valutare criticamente le caratteristiche attese di una soluzione numerica di un problema di campo, quale anche quella ottenibile direttamente con codici commerciali.

Contenuti: 1. Soluzione di sistemi di equazioni algebriche lineari con metodi diretti e metodi iterativi. Metodi del gradiente. Metodo del gradiente coniugato. Il problema della convergenza. Numero di condizionamento. Analisi dell'errore.
2. Soluzione di sistemi di equazioni algebriche non lineari. Iterazione di punto fisso. Metodo di Newton-Raphson. Convergenza. Analisi dell'errore.
3. Soluzione di sistemi di equazioni differenziali ordinarie con condizioni iniziali assegnate. Metodi espliciti ed impliciti. Consistenza, stabilità e convergenza. Analisi dell'errore.
4. Il problema dell'interpolazione. Integrazione numerica. Convergenza. Analisi dell'errore.
5. Formulazioni differenziali di problemi di campo. Il problema delle condizioni al contorno. Metodo delle differenze finite. Metodo dei residui pesati e formulazione debole. Metodo di Galerkin. Metodo della collocazione, metodo dei momenti. Elementi finiti. Rappresentazione di campi vettoriali. Convergenza. Analisi dell'errore.
6. Formulazioni integrali di problemi di campo. Soluzione di equazioni integrali attraverso il metodo dei residui pesati.
7. Rappresentazione di campi vettoriali. Elementi non conformi con incognite definite sui lati.
8. Laboratorio numerico. Soluzione di problemi di campo scalari e vettoriali in mezzi non omogenei e non lineari. Equazione di Poisson, equazione di reazione - diffusione, equazione delle onde, equazione di Helmholtz, equazioni di Maxwell, in domini chiusi e aperti.

Codice: 14759	**Semestre:** I

Prerequisiti: nessuno.

Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni.

Materiale didattico:
1. F. Trevisan, F. Villone, Modelli numerici per campi e circuiti, SGE Padova
2. A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, Matematica Numerica Springer 2008,
3. A. Quarteroni, Modellistica Numerica per Problemi Differenziali, Springer 2008.
4. Dispense ufficiali del corso e altro materiale disponibili all'indirizzo www.elettrotecnica.unina.it

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	presentazione di un problema risolto dallo studente					

Insegnamento: MODELLISTICA DEI MERCATI DELL'ENERGIA ELETTRICA	
CFU: 6	**SSD:** ING/IND-33
Ore di lezione: 36	**Ore di esercitazione:** 12
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Il corso si pone come obiettivo quello di fornire agli studenti le conoscenze di base e gli strumenti necessari all'analisi delle principali problematiche relative allo scambio dell'energia nell'ambito dei mercati liberalizzati dell'energia elettrica. In particolare, le tematiche oggetto del corso includono: a) gli elementi di base sui mercati dell'energia elettrica in ambito nazionale ed internazionale; b) lo studio dei principali meccanismi per lo scambio di energia e dei servizi di rete nei sistemi elettrici che operano in regime di libero mercato; c) la modellistica per lo studio dei meccanismi di scambio dell'energia elettrica e dei servizi di rete necessari per l'esercizio sicuro ed affidabile del sistema elettrico.	
Contenuti: *Generalità sui mercati liberalizzati dell'energia elettrica in Italia e nel mondo.* *Principali mercati e meccanismi per lo scambio di energia*: Il funzionamento dei mercati dell'energia elettrica. Aste e contratti bilaterali. Mercato dei prodotti giornalieri. Mercato del giorno prima. Le congestioni ed il mercato zonale. Mercato Infragiornaliero. Mercati di breve periodo. Mercato dei Servizi del Dispacciamento. La tariffa elettrica. Cenni ai Mercati per l'ambiente. *Modellistica dei mercati dell'energia elettrica*: Richiami sul metodo dei flussi di potenza ottimale (optimal power flow). Elementi di base sui meccanismi di formazione del prezzo nei mercati per lo scambio di energia. Modelli per calcolo del punto di equilibrio di mercato per aste a singolo periodo con e senza vincoli di rampa. Modelli per il calcolo del punto di equilibrio di mercato per aste multi-periodo con e senza vincoli di rampa. Mercati dell'energia: modelli per il calcolo del punto di equilibrio di mercato per aste multi-periodo con vincoli di rete. Strategie di partecipazione ai mercati. Modellistica dei mercati di breve periodo per l'esercizio sicuro ed affidabile del sistema elettrico. I mercati dei servizi di rete. Esercitazioni sulle varie tipologie di mercati.	
Codice:	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: Modellistica dei sistemi elettrici. Fondamenti di affidabilità dei sistemi elettrici	
Metodo didattico: Lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche	
Materiale didattico: i) Electric Energy Systems. Analysis and Operation. Antonio Gomez-Exposito, Antonio J. Conejo, Claudio Canizares. Editore: CRC Press. Dispense fornite dal docente.	

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)						

Insegnamento: MODELLISTICA DEI SISTEMI ELETTRICI	
CFU: 9	**SSD:** ING/IND-33
Ore di lezione: 58	**Ore di esercitazione:** 14
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Gli obiettivi formativi del corso sono l'approfondimento della modellistica dei sistemi elettrici di potenza in condizioni di funzionamento normale e di guasto e l'acquisizione di competenze delle tecniche di regolazione della tensione e della frequenza.	
Richiami sulla rappresentazione dei componenti in regime permanente ed in condizioni anormali. *Modellistica delle reti elettriche in regime permanente*: Load flow nelle reti di trasmissione. Algoritmi per la soluzione di equazioni e sistemi di equazioni non lineari. Convergenza degli algoritmi. Load flow in corrente continua. Load flow nelle reti di distribuzione. Dispacciamento della produzione a perdite costanti o variabili. Cenni sulla Stima dello stato. *Modellistica delle reti elettriche in corto circuito:* Richiami sui metodi di calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti di trasmissione e di distribuzione. Dissimmetrie longitudinali. Funzionamento a regime con una fase aperta. *Modellistica delle reti elettriche in presenza di sovratensioni:* Modelli di simulazione nel dominio del tempo per sovratensioni di origine interna ed esterna. Modelli semplificati per le sovratensioni di origine esterna. *Stato del neutro:* Definizioni. Modellistica per lo studio dello stato del neutro nelle reti di alta, media e bassa tensione. *Regolazione della tensione:* Richiami, Sintesi dei regolatori di tensione dei generatori sincroni, trasformatori a rap. var. sotto carico, SVS, Collasso della tensione *Regolazione della frequenza*: Regolazione primaria, regolazione secondaria, regolazione di sistemi interconnessi, Sintesi di un regolatore della f. di un gruppo idroelettrico e di regolatori per la regolazione secondaria *La stabilità nei sistemi elettrici*: definizioni, Criterio delle aree, Impedenza equivalente al guasto, analisi delle oscillazioni di una macchina sincrona su potenza infinita, Implementazione in ambiente MATLAB di un codice per l'analisi della stabilità transitoria, Miglioramento della stabilità transitoria, Compensatori serie e shunt, phase-shifter, dispositivi in tecnica elettronica.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna	
Metodo didattico: Lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche	
Materiale didattico: Appunti dalle lezioni; libri di testo.	
Modalità d'esame: Prova orale	

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: MODELLISTICA DI MACCHINE E CONVERTITORI ELETTRICI	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 9	**SSD:** ING-IND/32
Ore di lezione: 72	**Ore di esercitazione:** 14
Anno di corso: I	

Obiettivi formativi: L'insegnamento ha innanzitutto l'obiettivo di integrare le conoscenze di base delle macchine elettriche e di fornire gli strumenti necessari per la determinazione delle caratteristiche di funzionamento e per l'analisi del comportamento delle macchine elettriche rotanti, tradizionali e speciali, in condizioni transitorie e di regime permanente.
Parallelamente, l'insegnamento intende fornire le basi metodologiche per la modellazione dinamica dei convertitori elettrici di potenza di più largo impiego, insieme all'analisi di controlli lineari e non lineari per le varie tipologie di convertitori presi in esame.

Contenuti: La conservazione dell'energia del campo elettromagnetico. Classificazione degli avvolgimenti per macchine elettriche rotanti. Macchine a flusso radiale. Distribuzione spaziale al traferro del campo di induzione magnetica per *macchine isotrope*. Momento della coppia elettromagnetica.
Modello matematico ai valori istantanei della macchina asincrona. Funzionamento della macchina asincrona con alimentazione non sinusoidale. Funzionamento della macchina asincrona da generatore su rete attiva di potenza prevalente e su rete autonoma.
Modello matematico ai valori istantanei della macchina sincrona. Funzionamento in regime sinusoidale e distorto: induttanze sincrone, transitorie e subtransitorie. Stabilità: gabbia di smorzamento e di avviamento.
Distribuzione spaziale del campo di induzione magnetica per *macchine anisotrope*.
Cenni sulle macchine sincrone a magneti permanenti, con particolare riguardo al funzionamento da motore.
Principio di funzionamento, modello matematico, classificazione e caratteristiche di funzionamento delle macchine in corrente continua. Il problema della commutazione. Poli ausiliari e avvolgimento di compensazione.
Macchine elettriche speciali: macchina asincrona monofase, macchine universale, motori lineari e macchine a flusso assiale. Cenni sulle macchine elettriche a flusso trasverso.

Basi metodologiche per l'*analisi dinamica* dei convertitori elettrici di potenza.
Modelli dinamici dei seguenti convertitori: dc-dc di ordine 2 isolati e non isolati; dc-dc di ordine 4 non isolati; ac-dc a transistors e a tiristori ; dc-ac trifase e monofase.
Schemi di controllo: controllo *voltage mode* e *current mode* per convertitori dc-dc. Metodo del fattore K. Controllo di stato. Riferimento di Clarke e di Park. Controllo di convertitori dc-ac grid-connected. Controllo di azionamenti dc collegati a rete in alternata con correzione del fattore di potenza. Controllo di convertitori per azionamenti asincroni.

Codice: 31951	**Semestre:** II
Prerequisiti/Propedeuticità:	

Metodo didattico: Lezioni frontali con supporto di materiale multimediale, esercitazioni numeriche, esercitazioni tecnico-pratiche in laboratorio, visite didattiche presso aziende del settore.

Materiale didattico: Dispense del corso e testi di riferimento**.**

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)						

Insegnamento: NANOTECHNOLOGY FOR ELECTRICAL ENGINEERING	
CFU: 6	**SSD:** ING-IND/31
Lectures (hours): 36	**Exercises (hours):** 12
Year: II	
Objectives: The objective of the course is to introduce students to the rapidly evolving areas of nanoscience and nanotechnology with special emphasis on the electrical engineering applications. The material covered includes the description of electrical transport at nanoscale in carbon-based structures; the working principles behind commercial quantum electronic devices including quantum dots, light-emitting diode (LED), and the photodiode; the description of the recently developed nanophotonic devices, based on photonic crystals, localized surface plasmons and surface plasmon polaritons.	
Contents: Semiclassical Trasport (Liouville and Boltzmann Equations, Relaxation Time Approximation, Solutions to Boltzmann Equation). Nanoscale Transport Phenomena in Carbon Structrures (nanotubes and graphene) and in Two Dimensional Materials. Quantum wires, wells and dots, and their applications. Single Electron Transistor. PN junction, LED, Photodiode and Photovoltaic Cells. Optical Properties of Metals. Surface Plasmon Polaritons (SPP). Localized Surface Plasmons. SPP and LSP nanosensors. Photonic crystals: optical Bragg diffraction, Bloch waves bandstructure local density of radiative states, photonic crystal cavities. Nanolasers.	
Code:	**Semestrer:** I
Prerequisites: basic knowledge of electromagnetic fields	
Teaching methods: Lectures, Written Exercises, Computer Exercises	
Learning resources: N.W. Ashcroft, N.D. Mermin "Solid state physics", Harcourt (1976). S. Datta, "Electronic transport in mesoscopic systems", Cambridge University Press, 1997 B.E.A. Saleh and M. C. Teich "Fundamentals of Photonics, Wiley (2013) I.D Mayergoyz "Plasmon Resonances in Nanoparticles", World Scientific (2012) Lectures Notes	

Examination:

The examination is:	**Both oral and written**		**Written**		**Oral**	**X**	
The written test has:	**Multiple Choice**		**Freehand response**		**Numerical Exercise**		
Other (ex: lab/project report ...)							

Insegnamento: NOZIONI GIURIDICHE FONDAMENTALI	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 6	**SSD:** IUS/01
Ore di lezione: 54	**Ore di esercitazione:**
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Il corso propone nozioni giuridiche di base e approfondimenti sulle problematiche giuridiche attinenti al settore elettrico, con un approccio operativo, al fine di fornire, in relazione ai casi concreti che possono presentarsi nella realtà professionale, gli strumenti tecnico-giuridici indispensabili per risolverli.	
Contenuti: Parte generale: Introduzione: l'ordinamento costituzionale; le fonti del diritto; soggetti, posizioni soggettive e tutela giurisdizionale. I beni. La proprietà: contenuto ed estensione; modi di acquisto; limiti; immissioni; distanze tra costruzioni. Limiti nell'interesse pubblico: proprietà conformata e proprietà vincolata. L'espropriazione per pubblica utilità: procedimento e determinazione dell'indennità. Gli altri diritti reali: superficie; usufrutto; uso; abitazione; servitù. Comunione e condominio. Possesso ed effetti. Obbligazioni e contratti (cenni). I contratti di particolare interesse per l'ingegnere: appalto, appalto pubblico e legge Merloni. Il D.lgs. 12 aprile 2006, n. 163 (Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi, e forniture). Il professionista tecnico. Competenze ed ordinamento professionale. Figure professionali specifiche. La responsabilità professionale. Società tra professionisti e contratto di engineering. Parte speciale (diritto dell'energia): La gestione del settore elettrico. Dalla nazionalizzazione alla privatizzazione. L'autorità per l'energia elettrica ed il gas. elettrica. Il nuovo assetto del settore dopo il D.Lgs. n. 79/1999. Energia elettrica, territorio ed ambiente: localizzazione degli impianti ed interrelazioni con la tutela ambientale e la pianificazione territoriale. La valutazione di impatto ambientale. Fonti rinnovabili, risparmio energetico. Elettrodotti. Inquinamento elettromagnetico. La servitù di elettrodotto. Il GSE. I certificati verdi. L'acquirente unico.	
Codice: 00213	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: Nessuno.	
Metodo didattico: Lezioni, seminari applicativi.	
Materiale didattico: Libri di testo, fotocopie.	
Modalità di esame: Esame orale.	

Insegnamento: PIANIFICAZIONE E GESTIONE DELLE SMART GRIDS	
CFU: 6	**SSD:** ING/IND-33
Ore di lezione: 36	**Ore di esercitazione:** 12
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Il corso si pone come obiettivo quello di fornire agli studenti la conoscenza dei principali problemi di pianificazione e gestione delle Smart Grids e di fornire gli strumenti per la modellazione a regime ed al transitorio e per la progettazione di tali impianti.	
Contenuti: *Introduzione al corso*: Richiami sugli elementi di base delle reti intelligenti (RI) e sulle tecnologie innovative impiegate. ICT nelle Smart Grids. Introduzione agli strumenti di simulazione delle RI. *Le tariffe elettriche e le RI*: Richiami sulle strutture tariffarie. Opzioni tariffarie internazionali (Time of Use, Real Time Pricing, Feed-in Tariff). Tariffe e programmi di Demand Response. Esercitazioni sulle tariffe elettriche e confronti. *La previsione dell'energia elettrica nelle reti intelligenti:* Generalità sui metodi di previsione, loro classificazione ed importanza nel contesto delle RI. Metodi basati sulle serie storiche. Metodi basati su modelli di regressione lineare. Metodi di Machine Learning (Reti Neurali e Support Vector Regression). Applicazioni dei metodi di previsione al caso degli impianti fotovoltaici ed eolici ed ai carichi elettrici. *Modellistica delle reti intelligenti in fase di pianificazione e di gestione*: - Modelli di ottimizzazione per la risoluzione in regime permanente di problemi di gestione e pianificazione delle RI: gestione sul breve e brevissimo periodo delle risorse distribuite (generazione distribuita, sistemi di accumulo concentrati e distribuiti, carichi controllabili); servizi di rete ed utilizzo a tal fine delle risorse distribuite. Modellistica per la partecipazione delle reti intelligenti ai mercati dell'energia elettrica. Dimensionamento ed allocazione della generazione distribuita e dei sistemi di accumulo elettrico concentrati e distribuiti. - Modellistica di una rete intelligente ai fini della valutazione dell'affidabilità e della qualità del servizio. *Elementi di progettazione delle RI. Analisi critica delle più recenti applicazioni nel mondo*.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: Modellistica dei sistemi elettrici, Reti elettriche intelligenti	
Metodo didattico: Lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche e di laboratorio	
Materiale didattico: i) Integrating renewables in electricity markets: operational problems. J.M. Morales, A.J. Conejo, H. Madsen, P. Pinson, Ma. Zugno. Editore: Springer. ii) Smart Grid: fundamentals of design and analysis. J. Momoh. Editore: Wiley. Dispense fornite dal docente.	

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)						

Insegnamento: PIANIFICAZIONE E SICUREZZA DEI SISTEMI ELETTRICI DI POTENZA	
CFU: 9	**SSD:** ING-IND/33
Ore di lezione: 60	**Ore di esercitazione:** 12
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Fornire allo studente le metodologie di base per l'acquisizione dei concetti principali relativi alla pianificazione e la analisi di sicurezza dei sistemi elettrici, sia in regime di funzionamento normale, statico e dinamico, che in presenza di perturbazioni o a seguito di eventi di guasto.	
Contenuti: Pianificazione dei sistemi di produzione, trasmissione e distribuzione. Tecniche multicriteriali. Introduzione al metodo AHP. Affidabilità e pianificazione dei sistemi elettrici. Possibili stati di funzionamento del sistema di trasmissione. Valutazione del livello di sicurezza: Analisi delle contingenze basata sui fattori di distribuzione e sull'analisi di load-flow. Il load-flow ottimale per la soluzione dei problemi di gestione ottimale ed in sicurezza del sottosistema di trasmissione. Obiettivi ed azioni di controllo da attuare per la gestione ottimale del sistema: Stato di emergenza, Stato di allarme, Stato sicuro. Rete di trasmissione ad accesso libero: Gestione delle contingenze, Meccanismi di gestione delle congestioni, Nodal Spot-Pricing, Modello basato sui contratti bilaterali. Calcolo delle perdite nelle reti di trasmissione e distribuzione dei costi delle perdite. Servizi ancillari. Stima dello stato di un sistema elettrico: Richiami sul Metodo dei minimi quadrati. Statistiche, errori e stime, Test per le misure grossolanamente errate, Modello per la stima dello stato, Struttura e composizione della matrice Jacobiana.	
Codice:	**Semestre: II**
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna	
Metodo didattico: Lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche	
Materiale didattico: *Dispense redatte dal docente.* **Testi consigliati:** J. Grainger , W.D. Stevenson, *Power System Analysis*, Mc Graw Hill, 1994 Gomez-Esposito, A., Conejo, A.J., Canizares, C. (2009), *"Electric Energy Systems Analysis and Operation"*, CRC Press, USA	
Modalità d'esame: Prova scritta seguita da colloquio orale	

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**	**X**	**Solo scritta**		**Solo orale**		
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**	**X**	**Esercizi numerici**	**X**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: PLASMI E FUSIONE TERMONUCLEARE	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 9	**SSD:** ING-IND/31
Ore di lezione: 72	**Ore di esercitazione:** 0
Anno di corso: II	

Obiettivi formativi:
Si tratta di un corso specialistico focalizzato sugli elementi di base della fisica dei plasmi e sugli aspetti elettromagnetici delle macchine per la fusione controllata ed in particolare sul controllo di forma, posizione e corrente del plasma in un tokamak.

Contenuti:
Parte A

La fisica dei plasmi (gas ionizzati) è fondamentale nella ricerca in laboratorio sulla fusione termonucleare controllata e in molti settori dell'astrofisica e della fisica dello spazio. L'obiettivo di questo modulo è fornire gli elementi di base della fisica dei plasmi.

1. Il plasma: quarto stato della materia. Proprietà dei plasmi: Debye screening; il parametro di plasma; quasi-neutralità dei plasmi; oscillazioni di plasma; collisioni delle particelle nel plasma.
2. Moto di particelle in un campo elettromagnetico: moto balistico, modello di Drude, frequenza di ciclotrone, raggio di Larmor, teoria delle orbite.
3. Modello classico di un plasma: equazioni di Maxwell-Lorentz, spazio delle fasi, equazione di Klimontovich-Dupree.
4. Descrizione cinetica: equazione di Vlasov-Boltzmann, teoria dei momenti.
5. Modello a più fluidi: grandezze fisiche macroscopiche, equazioni di bilancio.
6. Modello a un fluido: equazioni della magnetoidrodinamica.
7. Propagazione di onde elettromagnetiche in un plasma.

Parte B

1. Introduzione: Obiettivi della fusione termonucleare controllata.
2. Il modello MHD: Richiami di Elettromagnetismo, Termodinamica e Fluidodinamica. Moto di una particella carica. Il modello MHD ideale: condizioni al contorno, leggi di conservazione locali e globali, conservazione del flusso. Equilibrio: il teorema del viriale. Configurazioni monodimensionali e bidimensionali; il caso toroidale: l'equazione di Grad-Shafranov. Stabilità: le condizioni di stabilità: il principio dell'energia; classificazione delle instabilità.
3. Fusione termonucleare controllata: Principali reazioni di fusione nucleare. Bilancio energetico di un plasma termonucleare: il criterio di Lawson. Principio di funzionamento delle principali macchine a confinamento magnetico. Macchine a struttura lineare e toroidale. Classificazione delle macchine toroidali: il Tokamak, l'RFP. Prospettive della fusione nel quadro del problema energetico.
4. Problemi inversi e ottimizzazione: Formulazione del problema di ottimizzazione. Problemi di ottimizzazione vincolata. Progettazione di controllori SISO con tecniche di ottimizzazione parametrica.
5. Il Tokamak: I componenti fondamentali: prima parete; limiter; sistema elettromagnetico toroidale e poloidale; sistemi di riscaldamento addizionale; sistemi di diagnostica, acquisizione dati, identificazione, stabilizzazione e controllo. Esperimenti in corso e in via di progetto. Il progetto del sistema elettromagnetico. Il progetto del sistema di controllo.

Codice: 27984	**Semestre:** I

Prerequisiti/Propedeuticità: Sono prerequisiti i contenuti principali degli insegnamenti di Principi di ingegneria elettrica I e II, Fisica Matematica, Automatica, Circuiti e campi quasi stazionari. Utili le nozioni di Modelli numerici per i campi.

Metodo didattico: Lezioni.

Materiale didattico: Appunti dalle lezioni; libri di testo: F.F.Chen, *Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion*, Plenum Press, New York, 2nd ed., 1984, vol.1.; J. Wesson, *Tokamaks*, Clarendon Press - Oxford, 3rd ed., 2004; J.P. Freidberg, *Plasma Physics and Fusion Energy*, Cambridge University Press, 2007.

Modalità di esame: Prova orale.

Insegnamento: PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	
CFU: 9	**SSD:** ING/IND-33
Ore di lezione: 52	**Ore di esercitazione:** 24
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Fornire agli allievi della LM in ingegneria elettrica, a completamento della formazione di base in materia di impianti elettrici a media e bassa tensione, competenze specifiche di sicurezza elettrica e metodologie di sviluppo di progetti di impianti elettrici in ambito civile ed industriale	
Note di introduzione al corso: Generalità sulla progettazione. Disposizioni legislative e norme tecniche. Caratteristiche fondamentali del progetto di un impianto elettrico in ambito civile ed industriale. *Richiami ed approfondimenti*: Principali caratteristiche dei componenti di un impianto elettrico in ambito civile ed industriale. Criteri di dimensionamento cavi e canalizzazioni. Calcolo delle correnti di corto circuito negli impianti MT e BT. Tecniche generali di protezione dai contatti diretti e indiretti e prescrizioni specifiche di protezione per sistemi TT, IT, TN. Protezione dai contatti indiretti senza interruzione automatica dell'alimentazione. *Impianti di illuminazione*: Grandezze fotometriche. Sorgenti luminose e loro caratteristiche energetiche: lampade alogene e a scarica nei gas, LED. Alimentazione elettrica degli impianti di illuminazione per interni: schemi tipici, esempi di dimensionamento, tecniche di regolazione e controllo. Alimentazione elettrica degli impianti di illuminazione per esterni: schemi tipici, esempi di dimensionamento, tecniche di regolazione e controllo. Collaudo elettrico degli impianti di illuminazione. *Criteri di scelta e dimensionamento impianti di terra differenziati per ambito civile e industriale.* *Criteri di scelta e dimensionamento cabine MT/BT differenziate per ambito civile e industriale.* *Procedure di sviluppo del progetto di un impianto elettrico in ambito civile.* *Procedure di sviluppo del progetto di un impianto elettrico in ambito civile secondo i principi della home&building automation.* *Procedure di sviluppo del progetto di un impianto elettrico BT in ambito industriale.* *Esempi di applicazione delle procedure di sviluppo progetti ad impianti elettrici BT di tipo civile ed industriale.*	
Codice:	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna	
Metodo didattico: Lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche.	
Materiale didattico: Appunti dalle lezioni; Libri di testo: V. Carrescia: Fondamenti di sicurezza elettrica – TNE Editore; V. Cataliotti, A. Cataliotti: Impianti elettrici nei grandi edifici e building automation – Flaccovio Editore ; G. Conte: Manuale di Impianti Elettrici – Hoepli Editore	

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Sviluppo di progetti di impianti elettrici civili e/o industriali o di parti specifiche dei medesimi impianti.					

Insegnamento: PROPULSIONE FERROVIARIA	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 6	**SSD:** ING-IND/32
Ore di lezione: 45	**Ore di esercitazione:** 20
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Acquisizione delle conoscenze fondamentali per scelta, dimensionamento e determinazione delle caratteristiche di funzionamento dei sistemi di propulsione dei veicoli per trasporto ferroviario e a guida vincolata.	
Contenuti: Meccanica della locomozione, Caratteristica meccanica di un veicolo ferroviario, Fasi del moto e diagrammi di marcia, Diagramma di trazione, Calcolo delle prestazioni. Evoluzione storico-tecnologica dei sistemi di elettrificazione su ferro in Italia ed in Europa, Generalità sui sistemi di trasporto su ferro, Classificazioni. Sistemi a guida vincolata con motore di trazione a bordo: Ferrovie, Metropolitane, Metropolitane leggere, Metropolitane regionali, Tramvie, Cenni sui mezzi driverless ed a levitazione magnetica. Il materiale rotabile. Cenni sull'armamento ferroviario. Principali azionamenti elettrici in alternata ed in corrente continua; circuiti di potenza di locomotiva; il circuito di trazione, principali componenti; motori di trazione, collegamento. Generalità sull'alimentazione dei servizi ausiliari di locomotiva. Classificazione dei componenti a semiconduttore e dei convertitori: raddrizzatori, inverter e chopper, caratteristiche di funzionamento.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: Nessuna.	
Metodo didattico: Lezioni, esercitazioni, seminari.	
Materiale didattico: Testi e appunti dalle lezioni da scaricare dal sito docente.	

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	

In caso di prova scritta i quesiti sono	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: RETI ELETTRICHE COMPLESSE E SIMULAZIONE CIRCUITALE	
CFU: 9	**SSD:** ING/IND-31
Ore di lezione: 52	**Ore di esercitazione:** 24
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Arricchire il bagaglio di strumenti e metodologie di analisi dei circuiti, sia teorici che numerici, in vista dell'analisi di reti complesse; introdurre le principali fenomenologie non lineari e le dinamiche complesse, anche in relazione ad esempi applicativi; sviluppare la capacità di analisi qualitativa e numerica di circuiti e reti complesse ntegrando modelli numerici e simulazione circuitale.	
Contenuti: Rivisitazione del modello circuitale, elementi circuitali e proprietà, soluzione analitica e numerica. Teoria dei grafi, matrici topologiche e loro relazioni, formulazioni delle equazioni circuitali; equazioni di stato e circuito resistivo associato. Circuiti non lineari, unicità della soluzione ed analisi qualitativa. Biforcazioni e caos nei circuiti, reti complesse: sincronizzazione e clustering. Macro-modeling, identificazione e riduzione d'ordine circuitali, realizzazione e fondamenti sulla sintesi. Algoritmi per la soluzione numerica delle equazioni circuitali: soluzione numerica di circuiti a-dinamici (lineari e non lineari) e di circuiti dinamici non lineari. Classificazione e valutazione dell'errore numerico e delle proprietà degli algoritmi. Strutture dati, algoritmi e parametri di SPICE. Laboratorio numerico con analisi SPICE e MATLAB di circuiti dinamici, identificazione di modelli ridotti, ottimizzazione, sincronizzazione e controllo, con esempi di applicazione a reti complesse e convertitori di potenza.	
Codice: 30032	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: Introduzione ai circuiti. Elettronica generale	
Metodo didattico: Lezioni, esercitazioni	
Materiale didattico: 1. M. Hasler, J. Neirynck, **Non Linear Circuits**, Artech House, 1986, ISBN# 0-89006-208-0. 2. L.O. Chua, C.A. Desoer, E.S. Kuh, **Circuiti Lineari e Non Lineari, Jackson 1991,** ISBN 88-7056-837-7 3. L.O. Chua, P.M. Lin, **Computer aided analysis of electronic circuits: algorithms & computational techniques**, Prentice Hall, 1975, ISBN# 0-13-165415-2. 4. A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, **Matematica Numerica** Springer 2008, ISBN# 978-88-470-0782-2. 5. A. Vladimirescu, **Spice**, Mc Graw-Hill, 1995. 6. Dispense ufficiali del corso, slides ed altro materiale disponibili all'indirizzo www.elettrotecnica.unina.it	
Modalità d'esame: colloquio orale (6CFU), discussione di elaborato esercitativo (3CFU)	

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	discussione di progetto numerico sviluppato prevalentemente nel corso delle esercitazioni					

Insegnamento: RETI ELETTRICHE INTELLIGENTI: Generatori, convertitori e dispositivi di accumulo	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli): Generatori, convertitori e dispositivi di accumulo	
CFU: 6	**SSD:** ING-IND/32
Ore di lezione: 44	**Ore di esercitazione:** 10
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Acquisizione delle metodologie di analisi di sottosistemi essenziali delle smart grid, con particolare riguardo ai generatori di energia elettrica, all'elettronica di potenza di interfacciamento in rete e regolazione dei sistemi di generazione e di accumulo dell'energia elettrica. Lo studente approfondirà le problematiche emergenti dovute all'impiego di tali apparati acquisendo le conoscenze delle principali soluzioni tecnologiche impiegate nelle numerose e diversificate applicazioni.	
Contenuti: Generatori elettrici asincroni a doppia alimentazione: analisi delle configurazioni, caratteristiche di funzionamento con particolare riguardo all'impiego in impianti eolici, strategie e tecniche di controllo. Generatori sincrono a magneti permanenti su rete a potenza prevalente e su rete propria: analisi delle configurazioni, caratteristiche di funzionamento, strategie e tecniche di controllo con riferimento ad impianti eolici, di sfruttamento delle correnti e delle onde marine, di altre tipologie di fonti rinnovabili di energia. Impiego di configurazioni ad elevato numero di poli. Applicazioni direct-drive: aspetti vantaggiosi, limiti di impiego. Sistemi di generazione per impianti di mini e micro-cogenerazione. Caratteristiche elettriche tensione-corrente di una sorgente fotovoltaica; convertitori di potenza per la generazione fotovoltaica; configurazioni centralizzare e distribuite. Introduzione ai principali dispositivi di accumulo stazionari: elettrostatici, elettrochimici, elettromagnetici ed elettromeccanici. Principi di funzionamento dei dispositivi di accumulo; performance statiche e dinamiche; densità di energia e potenza; caratteristiche esterne. Convertitori integrati con dispositivi di accumulo per applicazioni fotovoltaiche e per infrastrutture di ricarica ultrarapida di veicoli elettrici. Problematiche di interfacciamento dei generatori fotovoltaici, eolici e dei dispositivi di accumulo su micro-reti AC e DC.	
Codice:	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità:	
Metodo didattico: Lezioni; esercitazioni numeriche e di laboratorio.	
Materiale didattico: Dispense del corso. Testi: Electric Energy Storage Systems Flexibility Options for Smart Grids Authors: Komarnicki, Przemyslaw, Lombardi, Pio, Styczynski, Zbigniew Pubblicazioni scientifiche.	

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	

In caso di prova scritta i quesiti sono	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: RETI ELETTRICHE INTELLIGENTI: Integrazione delle risorse distribuite	
CFU: 6	**SSD:** ING/IND-33
Ore di lezione: 42	**Ore di esercitazione:** 10
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Il corso si pone come obiettivo quello di fornire agli studenti la conoscenza dei principali aspetti impiantistici di base delle reti intelligenti (Smart Grids). In particolare, le tematiche obiettivo del corso includono: a) le definizioni, le condizioni di funzionamento e le principali strutture; b) lo studio delle risorse energetiche distribuite (carichi controllabili, sistemi di accumulo e generazione distribuita) e del loro coordinamento ed impatto con la rete di alimentazione; c) un inquadramento generale relativo alle problematiche di previsione dell'energia e di affidabilità e qualità del servizio elettrico.	
Contenuti: Reti intelligenti: definizioni, implicazioni ambientali, funzionamento in connessione alla rete (grid connected) ed in isola (islanding), nuove problematiche di regolazione e controllo. Principali strutture delle reti intelligenti in corrente continua, in corrente alternata ed ibride. Le reti intelligenti e le risorse energetiche distribuite: generazione distribuita dispacciabile e non dispacciabile, sistemi di accumulo concentrati e distribuiti e carichi controllabili, vantaggi e svantaggi derivanti dall'impiego coordinato delle risorse distribuite. Controllo centralizzato e decentralizzato delle risorse distribuite, servizi di rete, problematiche di previsione (forecasting) dell'energia. Cenni sulla partecipazione delle reti intelligenti ai mercati dell'energia elettrica. Nuove problematiche di Power Quality ed Affidabilità nelle Smart Grid. Smart house e Smart City. Esempi realizzativi delle reti intelligenti e criteri generali di progetto.	
Codice:	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna	
Metodo didattico: Lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche	
Materiale didattico: i) Integrating renewables in electricity markets: operational problems. J.M. Morales, A.J. Conejo, H. Madsen, P. Pinson, Ma. Zugno. Editore: Springer. ii) Smart Grid: fundamentals of design and analysis. J. Momoh. Editore: Wiley. Dispense fornite dal docente.	

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: RETI WIRELESS	
CFU: 9	**SSD:** ING INF/03
Ore di lezione: 54	**Ore di esercitazione:** 18
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Conoscere le principali tecnologie e problematiche delle reti wireless, con particolare attenzione alle reti locali e metropolitane (WMAN, WLAN, WPAN, reti ad hoc e reti di sensori). Conoscere le principali tecnologie e gli standard per le reti wireless.	
Contenuti: Generalità sulle reti e sui servizi di telecomunicazione. Convergenza nelle reti. Architetture e topologie delle reti wireless. Principali modelli per la caratterizzazione del canale wireless. Elementi di Tecniche di modulazione per reti wireless. Tecniche di accesso per reti wireless. Reti mesh. Reti ad hoc. Reti di sensori. Reti per l'accesso wireless a larga banda. Principali standard per reti wireless ad estensione locale, metropolitana e geografica (WiMaX, LTE, IEEE 802.11, HIPERLAN, Bluetooth, ZigBee, , WiMedia, LoRa). Mobile ad-hoc networks (MANET). Cenni sul paradigma Cognitive Radio.	
Codice:	**Semestre: I**
Propedeuticità: conoscenze di base di trasmissione numerica e reti di telecomunicazioni e/o di calcolatori	
Metodo didattico: lezioni frontali, esercitazioni in aula	
Materiale didattico: Slide del corso disponibile sul sito docente, libro di testo	

MODALITA' DI ESAME : eventuale elaborato, colloquio orale

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**	**X**	**Esercizi numerici**	**X**	
Altro sviluppo progetti,)	Preparazione di un elaborato su tematiche affrontate nel corso.						

(*) E' possibile rispondere a più opzioni

Insegnamento: SCIENZA DELLE COSTRUZIONI	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 6	**SSD:** ICAR/08
Ore di lezione: 36	**Ore di esercitazione:** 18
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Il corso si propone di trattare gli argomenti principali di Meccanica delle strutture con specifico riferimento al calcolo di strutture monodimensionali piane in campo elastico lineare e di fornire gli strumenti essenziali per le verifiche strutturali. Sono forniti i fondamenti di meccanica dei solidi tridimensionali, di teoria dell'elasticità, dei metodi energetici, dei criteri di resistenza e dell'instabilità.	
Contenuti: *Travature piane*. Tipologie dei vincoli interni ed esterni. Strutture isostatiche ed iperstatiche. Determinazione delle reazioni vincolari e delle caratteristiche della sollecitazione. Equazioni differenziali dell'equilibrio interno. Travi isostatiche ad asse rettilineo e travature piane. Metodi di statica grafica. Travature reticolari. Cinematica della trave inflessa. La trave inflessa di Eulero-Bernoulli e legame elastico lineare per le travi. Spostamenti degli schemi fondamentali di travi. Il metodo delle forze per la risoluzione di strutture iperstatiche. L'equazione dei tre momenti per la trave continua. Cenno al principio dei lavori virtuali (PLV) per la trave inflessa come ricerca di spostamenti e iperstatiche. Cenno al metodo degli spostamenti. *Il modello continuo tridimensionale*. Elementi di deformazione dei solidi. Tensore di deformazione infinitesima e principali misure della deformazione: dilatazione lineare, scorrimento, coefficiente di variazione volumetrica. Direzioni principali di deformazione. Forze superficiali e di volume. Vettore tensione. Componenti normale e tangenziali della tensione. Teorema di Cauchy: il tensore della tensione. Equazioni indefinite di equilibrio interno, equilibrio ai limiti. Simmetria delle tensioni tangenziali. Le direzioni principali di tensione. Stato piano di tensione. Il PLV per il continuo deformabile. Equazioni di Hooke dell'elasticità lineare isotropa. Moduli di elasticità: di Young, di Poisson, Tangenziale, Volumetrico. Principio di sovrapposizione degli effetti. Principio di Kirchhoff. Teorema di Maxwell-Betti. Materiali iso ed eteroresistenti. Materiali duttili e fragili. Criteri di resistenza di Tresca-de Saint-Venant e di von Mises. *La modellazione tridimensionale della trave*. Geometria delle aree. Postulato di De Saint Venant. Formulazione del problema di De Saint Venant. Sforzo normale centrato. Flessione retta e deviata. Sforzo normale eccentrico. Torsione: trattazione esatta per sezioni circolari e a corona circolare; trattazione approssimata per le sezioni sottili; formule di Bredt. Il taglio: trattazione di Jourawski; sezioni sottili. Carico critico euleriano, snellezza e iperbole di Eulero. Verifica di stabilità al carico di punta con il metodo omega. Cenno al metodo degli elementi finiti e ai codici di calcolo.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: Nessuno.	
Metodo didattico: Lezioni, esercitazioni.	
Materiale didattico: Gambarotta, Nunziante, Tralli "Scienza delle Costruzioni", Mc-Graw-Hill, 2011 appunti dalle lezioni.	
Modalità di esame: Prova scritta e orale.	

Insegnamento: SENSORI E SMART METERING	
CFU: 9	**SSD:** ING-INF/07
Ore di lezione: 50	**Ore di esercitazione:** 22
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Il corso tratta le problematiche relative alla misura di grandezze fisiche mediante sensori. In particolare vengono illustrati i principi di funzionamento dei sensori, il loro modello fisico, le caratteristiche metrologiche, nonché le principali tecnologie realizzative. Un terzo del corso è svolto in laboratorio ed è dedicato all'insegnamento dei sistemi di misura a microcontrollore, con l'obiettivo di fornire agli studenti gli strumenti e le competenze per progettare e realizzare un intero sistema di misura embedded.	
Contenuti: Sensori e trasduttori di misura. Caratteristiche metrologiche dei sensori. Il modello del sensore: funzione di conversione, grandezze di influenza, campo di misura, campo di variabilità dell'uscita. Il funzionamento in regime stazionario e dinamico. Sensori di tensione e corrente. Derivatori. Partitori resistivi. Sensori a effetto Hall. Bobine di Rogowski. Caratteristiche costruttive, principi di funzionamento, condizionamento e caratteristiche metrologiche. Esercitazione di Laboratorio: Taratura di un sensore di tensione a effetto Hall. Determinazione delle caratteristiche metrologiche statiche. Sensori di temperatura. Sensori metallici a uscita resistiva. Sensori a semiconduttore NTC e PTC. Termocoppie. Determinazione delle caratteristiche metrologiche dei sensori di temperatura. Condizionamento dei sensori di temperatura. Esercitazione di laboratorio: rilievo della risposta al gradino di un sensore metallico Pt100. Determinazione delle caratteristiche dinamiche. Sensori di posizione e spostamento. Sensori di tipo potenziometrico. Sensori capacitivi. Sensori induttivi. LVDT. Condizionamento dei sensori ad uscita capacitiva e induttiva. Sensori a ultrasuoni. Misure di posizione basate sulla stima del tempo di volo. Sensori di posizione angolare: encoder. Sensori di velocità, vibrazione e accelerazione. Cenni costruttivi. Caratteristiche dinamiche. Sensori di pressione e forza. Estensimetri. Caratteristiche costruttive. Condizionamento a mezzo ponte e ponte intero. Sensori MEMS e Smart sensors. Caratteristiche costruttive. Principio di funzionamento. Performance metrologiche. Sensori ad uscita digitale. Principali protocolli di comunicazione. Sistemi di misura embedded. Introduzione ai microcontrollori della famiglia STM32F3. Introduzione all'ambiente di sviluppo integrato IAR EWARM. Porte di comunicazione general purpose. Descrizione funzionale delle GPIO; configurazione registri per utilizzo porte GPIO. Periferica Timer. Modalità contatore, modalità base dei tempi, sorgente del clock. Interrupt. Aspetti fondamentali dell'NVIC, vettore delle interruzioni e delle eccezioni; controllore di interruzioni ed eventi. Convertitore analogico/digitale. Aspetti principali dell'ADC; descrizione funzionale ADC: diagramma a blocchi, calibrazione ADC, attivazione ADC, selezione periodo di campionamento. Convertitore digitale/analogico. Aspetti principali del DAC; diagramma a blocchi; descrizione funzionale. Direct memory access. Aspetti principali; diagramma a blocchi; descrizione funzionale DMA. Trasferimento dati ADC/memoria mediante DMA; trasferimento dati memoria/DAC mediante DMA. Protocollo di comunicazione I2C Aspetti principali I2C; descrizione funzionale: diagramma a blocchi. Comunicazione con il sensore integrato I2C LSM303DHLC per il rilievo dell'accelerazione lineare triassiale. Progetto di fine corso: realizzazione di un sistema embedded basato su microcontrollore ST per il monitoraggio di tensione, corrente e potenza attiva.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna.	
Metodo didattico: Lezioni frontali ed esercitazioni di laboratorio	
Materiale didattico: Dispense, manuali e software forniti dal docente. J. Fraden, Handbook of Modern Sensors, Editore: Springer-Verlag R. Pallas-Areny, J.G. Webster, Sensors and Signal Conditioning, Editore: Wiley.	

Modalità d'esame:							
L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Progetto di fine corso e prova al calcolatore.						

Insegnamento: SISTEMI AUTOMATICI DI MISURA ED ELABORAZIONE DEI SEGNALI	
CFU: 9	**SSD:** ING-INF/07
Ore di lezione: 48	**Ore di esercitazione:** 24
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Fornire i principi teorici per l'elaborazione dei segnali analogici e digitali. Illustrare le principali problematiche legate al campionamento e alla conversione dei segnali in forma numerica. Presentare gli strumenti per l'analisi dei segnali nel dominio della frequenza e le problematiche dovute alla dispersione spettrale. Esaminare, con riferimento allo standard IEEE-488, le modalità di interfacciamento tra un sistema di elaborazione e la strumentazione per l'acquisizione dei dati. La parte teorica del corso è affiancata da lezioni condotte in laboratorio finalizzate a mettere l'allievo in condizione di allestire e programmare stazioni automatiche di misura tramite l'utilizzo di software per la progettazione di sistema (LabView) e ad esercitare le sue capacità di definire ed implementare logiche di controllo ed approcci di misura basati su tecniche di elaborazione numerica del segnale.	
Contenuti: Programmare in LabView. Il Labview come strumento per il controllo e la simulazione di processo. Aspetti caratteristici dell'ambiente: front panel e block diagram, funzioni, controlli, indicatori, tools. Sviluppo di esempi per la comprensione dei principali concetti LabView. Sistemi automatici di misura. Strumentazione elettronica di misura: interfacce e connettività. Lo standard IEEE-488. Descrizione del bus: linee dati, linee di general interface management, linee di sincronizzazione. Codifica dei comandi e dei dati. Procedure di polling seriale e parallelo. Cenni all'uso dell'interfaccia interattiva IBIC. Programmazione di una stazione automatica di misura. Elementi di teoria dei segnali analogici. Segnali deterministici e segnali aleatori. Definizioni di energia e potenza di un segnale. Sviluppo in serie di Fourier di segnali periodici. Eguaglianza di Parseval. Treno di impulsi di ampiezza e durata finita. Treno campionatore ideale. Rappresentazioni dei segnali non periodici nel dominio della frequenza tramite la Trasformazione di Fourier. Spettro di segnali notevoli. Antitrasformata della funzione gradino unitario. Trasformata di Hilbert e risposta in frequenza del filtro di Hilbert. Spettro a pettine del treno campionatore. Campionamento e replicazione. Teorema del campionamento uniforme. Densità spettrale di energia e potenza. Teorema di Wiener-Kinchin. Elementi di teoria dei segnali digitali. Fourier Transform di una sequenza, algoritmi DFT e IDFT. Campionamento coerente e non coerente. Dispersione spettrale. Algoritmo FFT: aspetti computazionali e schema di calcolo a farfalla. La quantizzazione come rumore additivo. Applicazioni: Implementazione di algoritmi per il condizionamento e l'estrazione dell'informazione da dati acquisiti. Curva di trasferimento di un dispositivo. Identificazione di offset, errore di guadagno e non-linearità della curva di risposta di un sistema mediante regressione lineare e polinomiale. Misurazione di segnali sinusoidali e bi-tono. Sistemi DTMF e algoritmo di Goertzel. Misurazioni nel dominio della frequenza: zero-padding, finestratura, media pesata dei bin. Stimatore di Buneman per segnali analitici. Parametri di segnali distorti: indici di distorsione armonica e THD. Stima di interarmoniche. Misurazioni nel dominio del tempo: sin-fit a 3 e 4 parametri, metodo iterativo, metodo dei battimenti. Misurazione di parametri di segnali non stazionari: frequenza istantanea di un segnale monocomponente. Metodi di misura basati sull'uso della trasformata di Hilbert o di rappresentazioni tempo-frequenza.	
Codice:	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna	
Metodo didattico: Lezioni frontali	
Materiale didattico: Dispense, manuali e software forniti dal docente. C. Coombs, Electronic Instrument Handbook, McGraw-Hill. A. V. Oppenheim, R. W. Schafer, Discrete-time signal processing, Prentice Hall.	

Modalità d'esame: Colloquio							
L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	L'esame comprende anche una prova pratica di controllo remoto di un sistema di misura.						

Insegnamento: SISTEMI DISTRIBUITI	
CFU: 6	**SSD:** ING/INF-05
Ore di lezione: 36	**Ore di esercitazione:** 12
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di illustrare: - i problemi avanzati tipici dei sistemi software distribuiti, relativi alla comunicazione, alla cooperazione e alla competizione tra processi, e i modelli e gli algoritmi per la loro risoluzione; - i principali aspetti che caratterizzano i sistemi operativi quando evolvono da un ambiente monolitico a un ambiente distribuito.	
Contenuti: <u>Caratterizzazione di un sistema distribuito.</u> Sistemi distribuiti sincroni e asincroni, condivisione delle risorse,concorrenza, scalabilità, tolleranza ai guasti. <u>Tempo e sincronizzazione nei sistemi distribuiti.</u> Coordinated Universal Time (UTC). Sincronizzazione interna ed esterna dei clock. Algoritmo di Cristian. Algoritmo di Berkeley. Il Network Time Protocol (NTP). Relazione happened-before. Tempo logico e orologi logici di Lamport. Orologi vettoriali. <u>Stato globale di un sistema distribuito.</u> Tagli consistenti e non consistenti. Algoritmo di snapshot di Chandy e Lamport. Raggiungibilità dello snapshot. Valutazione dei predicati stabili. <u>Consenso nei sistemi distribuiti.</u> Modello di sistema e definizione del problema del consenso, proprietà degli algoritmi di consenso. Consenso nei sistemi sincroni e asincroni. Varianti: il problema dei generali bizantini; il problema della consistenza interattiva. Relazioni tra il problema del consenso e le sue varianti. Algoritmo di Dolev per sistemi sincroni. Algoritmo Paxos per sistemi asincroni. Failure detectors affidabili e inaffidabili. Completezza e accuratezza nei failure detectors. L'algoritmo Lazy Failure Detector. Raggiungibilità del consenso con failure detectors <u>Comunicazioni di gruppo.</u> Comunicazioni di gruppo affidabili e/o ordinate. Basic Multicast. Reliable Multicast. Atomic Multicast. Proprietà di Integrity, Validity, Agreement e Uniform Agreement. Ordinamenti dei messaggi: FIFO, causale, totale; algoritmi per la loro implementazione. <u>Coordinazione distribuita.</u> Mutua esclusione distribuita. Algoritmi del server centrale, ad anello, di Ricart e Agrawala, di Maekawa. Elezione distribuita. Algoritmi ad anello, del prepotente. Valutazione degli algoritmi. Il servizio di coordinamento Apache ZooKeeper. <u>File system distribuiti.</u> Caratteristiche dei file system distribuiti, confronto con file system locali, requisiti, affidabilità, modello concettuale di un file system distribuito. Network File System (NFS). Andrew File System (AFS). Google File System (GFS). <u>Azioni atomiche distribuite.</u> Transazioni. Proprietà ACID. Consistenza dei dati, il problema dei lost update, il problema degli inconsistent retrievals, serializzabilità, effetto domino. Two-phase lock. Two-version lock. Stallo (deadlock). Transazioni composte. Memoria stabile. Transazioni distribuite, two-phase commit, controllo di concorrenza nelle transazioni distribuite. Deadlock distribuito. <u>Sistemi Peer-to-Peer.</u> Motivazioni e caratteristiche, requisiti, applicazioni, classificazione. Esempi di sistemi P2P di prima generazione: Napster, Gnutella 0.4. Scalabilità nei sistemi P2P. Esempi di sistemi P2P di seconda generazione: Gnutella 0.6, BitTorrent. Overlay Network, Overlay routing, Distributed Hash Table (DHT). Esempi di sistemi P2P di terza generazione: Chord, Pastry.	
Codice: 28807	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna	
Metodo didattico: lezioni, laboratorio, seminari applicativi	
Materiale didattico: Slides del corso, libri di testo	

Modalità d'esame:							
L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: SISTEMI ELETTRICI PER I TRASPORTI	
CFU: 9	**SSD:** ING/IND-33
Ore di lezione: 36	**Ore di esercitazione e di laboratorio:** 36
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Obiettivo del corso è fornire le conoscenze di base dei sistemi elettrici per trasporti, con particolare riferimento ai sistemi a guida vincolata. L'insegnamento amplia la formazione nel settore delle applicazioni dell'energia elettrica attraverso l'esame degli schemi di base e delle modalità di esercizio dei sistemi elettrici per i trasporti a carattere urbano, regionale e nazionale.	
Contenuti: *La mobilità*: domanda dell'utenza, sistemi di trasporto, elementi di intermodalità. *Il trasporto terrestre*: sistemi a guida vincolata, propulsione elettrica, mercati ferroviari, operatori, regolamentazione. *L'infrastruttura ferroviaria*: componenti, schemi e impianti elettrici di riferimento. *I convogli ferroviari*: locomotori ed elettromotrici, azionamenti di bordo, dinamica e controllo della locomozione. *L'alimentazione dei sistemi ferroviari*: linee di alimentazione primaria, sottostazioni elettriche di trazione, circuiti di trazione elettrica. *Il segnalamento e il controllo dei sistemi ferroviari. Automazione dei sistemi di trasporto* *Esercitazioni di laboratorio*: applicazioni sul simulatore ferroviario. *Esercitazioni numeriche*: rappresentazioni in ambiente ®Matlab, Simulink e Simscape.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna	
Metodo didattico: Lezioni teoriche, esercitazioni, seminari, viste guidate	
Materiale didattico: Appunti dalle lezioni disponibili sul sito docenti, libri di testo	
Modalità d'esame:	

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)						

Insegnamento: SISTEMI ENERGETICI INNOVATIVI	
CFU: 6	**SSD:** ING/IND-08
Ore di lezione: 40	**Ore di esercitazione:** 12
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Il modulo fornisce le conoscenze fondamentali di impianti innovativi di produzione di energia elettrica e di propulsione, evidenziandone gli aspetti applicativi. L'allievo deve sapere impostare e risolvere problemi inerenti le macchine a fluido, avviandosi all'utilizzo di strumenti e di metodi propri di una formazione tecnica.	
Contenuti: Impianti motori termici per la produzione di energia elettrica e per la propulsione. Richiami di termodinamica su **impianti con turbine a gas e impianti a vapore**. Metodi per migliorare il rendimento globale di un Impianto Motore Termico (IMT). Exergia e Rendimento di secondo principio Combustione e combustibili rinnovabili. Emissioni Inquinanti e metodi per ridurle. **Impianti con Turbine a gas**: Classificazione delle TG; heavy duty, aeroderivative, aeronautiche. Microturbina a gas: generalità; applicazioni in micro-grid. **Impianti a ciclo combinato**. **Impianti misti gas/vapore**: Ciclo STIG, HAT e RWI. **Cogenerazione IMT e** analisi termo-economiche. **Gassificazione del carbone e biomasse.** Impianti motori integrati con sistemi di gassificazione. **Celle a combustibile:** principio di funzionamento e applicazioni**.** Impianti Ibridi TG/celle. **Impianto solare-termodinamico**: tipologie e applicazioni. Impianti con torre solare. Impianti ORC. **Impianti geotermici:** studio ed applicazioni. **Motori a combustione interna.** Richiami sul ciclo indicato e grandezze caratteristiche. Motore Diesel *common rail*. Motore ad accensione comandata ad iniezione indiretta (PFI) e diretta (GDI). Cenni sui combustibili utilizzati. Piani quotati e regolazione di potenza. Emissioni Inquinanti da m.c.i e metodi di abbattimento. Sovralimentazione. Motori alimentati a gas naturale e motori dual/fuel. **Sistema di propulsione ibrida** (HEV) per applicazioni su veicoli e aeromobili. **Impianti Idroelettrici**. Sistemi di *energy storage*.	
Codice:	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: nessuna	
Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni con l'utilizzo di software dedicati	
Materiale didattico: M.C.Cameretti, Appunti del Corso -G.Lozza, Turbina a gas e cicli combinati G.Ferrari, Motori R.della Volpe, Macchine	
Modalità d'esame:	

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)						

Insegnamento: SVILUPPO DI CONVERTITORI E DISPOSITIVI DI ACCUMULO PER SMART GRIDS	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 6	**SSD:** ING-IND/32
Ore di lezione: 30	**Ore di esercitazione:** 24
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire gli elementi fondamentali per la scelta, il dimensionamento e la determinazione delle caratteristiche di funzionamento dei sistemi di conversione per generazione da sorgenti distribuite, con particolare riguardo alla fonti eolica e fotovoltaica e con integrazione di sistemi di accumulo. Una consistente attività laboratoriale è orientata all'acquisizione di competenze nell'implementazione di tecniche di controllo su piattaforma digitale.	
Contenuti: Approfondimenti su: chopper buck-boost (basic, flyback e Cuk); chopper bidirezionali; inverter doppio stadio per la connessione alle smart grid (configurazioni topologiche e principali tecniche di modulazione). Le regole di connessione alla rete: la Norma CEI 0-16 e CEI 0-21. Tecnologie di accumulo per Smart Grid: Compressed Air Energy Storage (CAES), Flywheel, Supercoducting Magnetic Energy Storage (SMES), approfondimenti su batterie e supercondensatorii. Filtraggio attivo e front-end attivi per la power quality nelle smart grid. Dimensionamento dell'elettronica di potenza per impianti fotovoltaici di differenti taglie, con confronto e scelta delle principali caratteristiche degli inverter disponibili in commercio. Dimensionamento e scelta dei sottosistemi di conversione elettromeccanica ed elettrica dell'energia per generatori mini/micro-eolici. Implementazione di strategie di inseguimento del punto di ottimo (Maximum Power Point Tracking - MPPT) per il fotovoltaico: perturb & observe, incremental conductance, fuzzy logic). Implementazione di strategie di inseguimento del punto di ottimo (MPPT) per l'eolico con generatori asincroni a doppia alimentazione o sincroni a magneti permanenti: controllo della potenza diretto e indiretto.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità: Nessuna.	
Metodo didattico: Lezioni; esercitazioni numeriche e di laboratorio	
Materiale didattico: Appunti dalle lezioni	

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**	**X**	**Solo scritta**		**Solo orale**		

In caso di prova scritta i quesiti sono	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Discussione di un progetto di gruppo assegnato durante il corso						

Insegnamento: TECNICA E DIAGNOSTICA DI ISOLAMENTI IN ALTA TENSIONE	
CFU: 6	**SSD:** ING-IND/31
Ore di lezione: 32	**Ore di esercitazione:** 16
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Scopo del Corso è l'apprendimento dei principi e dei fenomeni fondamentali connessi con l'applicazione delle Alte Tensioni (AT), al fine di acquisire le conoscenze necessarie per l'analisi, il dimensionamento e la diagnostica di isolamenti soggetti ad elevati campi elettrici	
Contenuti: Il Laboratorio Alta Tensione. Generazione di Alte Tensioni. Tecniche di misura in Alta Tensione. Conduzione e scarica nei gas. Conduzione e breakdown nell'atmosfera. Conduzione e scarica nei solidi. Conduzione e scarica nei liquidi. Diagnostica non distruttiva degli isolamenti. Prove su componenti MT e AT.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti / Propedeuticità.	
Metodo didattico: Lezioni frontali ed esperienze di laboratorio	
Materiale didattico: Appunti forniti dal docente. Kuffel, Zaengl, "High Voltage Engineering Fundamentals", Pergamon Press. Baldo, " Tecnica delle Alte Tensioni", CLUEP	
Modalità d'esame: Presentazione e discussione di argomenti del corso.	

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)							

Insegnamento: TECNOLOGIE INNOVATIVE PER IL RISPARMIO ENERGETICO	
CFU: 6	**SSD:** ING/IND-33
Ore di lezione: 42	**Ore di esercitazione:** 10
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Il corso si pone come obiettivo quello di fornire agli studenti le conoscenze di base sulle principali tecnologie innovative per il miglioramento della efficienza energetica nell'ambito dei sistemi elettrici. In particolare, le tematiche obiettivo del corso includono: a) norme ed incentivazioni sull'efficienza energetica; b) metodi per la valutazione dell'efficienza energetica degli impianti elettrici di media e bassa tensione; c) le principali tecnologie innovative per la pianificazione tecnico-economica degli interventi per il miglioramento dell'efficienza energetica negli impianti elettrici a media e bassa tensione.	
Contenuti: *Generalità.* Efficienza energetica: direttive in ambito europeo e quadro legislativo italiano. La Norma 64.8. *L'efficienza energetica degli impianti elettrici:* Analisi e valutazione dei consumi energetici in un sistema elettrico. Stima del profilo di carico. Efficienza degli apparecchi utilizzatori. Soluzioni impiantistiche tradizionali volte al risparmio energetico. Valutazione della classe di efficienza di un impianto elettrico. *Le tecnologie innovative per il miglioramento dell'efficienza energetica degli impianti elettrici.* Nuove tecnologie nella generazione distribuita: celle fotovoltaiche di nuova generazione e celle a combustibile. Sistemi di illuminazione innovativi e loro gestione ottimale. Motori ad alta efficienza (Norma CEI EN634), trasformatori ad alto rendimento e altri componenti elettrici finalizzati al risparmio energetico. Convertitori statici innovativi per il miglioramento dell'efficienza energetica dei componenti e delle reti elettriche. Tecnologie smart per il risparmio energetico. Metodi innovativi di gestione ottimale e pianificazione delle reti di distribuzione ai fini del risparmio energetico. *Building Automation. Smart house.* *Analisi critica di casi reali di interventi finalizzati al miglioramento dell'efficienza energetica in ambito civile ed industriale.*	
Codice:	**Semestre:** I
Prerequisiti / Propedeuticità: Fondamenti di affidabilità dei sistemi elettrici – Modellistica dei sistemi elettrici	
Metodo didattico: Lezioni teoriche ed esercitazioni numeriche	
Materiale didattico: i) Integrating renewables in electricity markets: operational problems. J.M. Morales, A.J. Conejo, H. Madsen, P. Pinson, Ma. Zugno. Editore: Springer. ii) Smart Grid: fundamentals of design and analysis. J. Momoh. Editore: Wiley. Dispense fornite dal docente.	

Modalità d'esame:

L'esame si articola in prova:	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)						

Insegnamento: ELECTRICAL TECHNOLOGIES FOR SMART INFRASTRUCTURES	
Modulo: SMART TECHNOLOGIES FOR NEW POWER INFRASTRUCTURES	
CFU: 3	**SSD:** ING-IND/33
Ore di lezione: 18	**Ore di esercitazione:** 6
Anno di corso: I / II	
Obiettivi formativi: The goal of the module is providing students with the knowledge of the fundamentals on the smart technologies for designing, operating, and maintaining the power infrastructures in the scenario of coming energy transition. The aim is to focus on components, devices, apparatuses and systems of power systems for generation, transmission, distribution and use of electrical energy carrier in industrial and mobility application. The analysis deals with the technological integration of components within systems, according to the design criteria of environmental sustainability and energy efficiency.	
Contenuti: Power infrastructures: functional blocks and modes of interaction. Deregulated Energy Market: operators of the market and business models. Technologies for environmental sustainability and energy efficiency. Designing power systems for industrial and mobility application in the scenario of energy transition.	
Codice:	**Semestre:** II
Propedeuticità:	
Metodo didattico: Lectures, exercitations, laboratory experiences.	
Materiale didattico: Technical books, notes of the lectures	

MODALITA' DI SVOLGIMENTO DELL'ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**

Insegnamento: ELECTRICAL TECHNOLOGIES FOR SMART INFRASTRUCTURES	
Modulo: MEASUREMENTS FOR INFRASTRUCTURES MONITORING	
CFU: 3	**SSD:** ING-INF/07
Ore di lezione: 16	**Ore di esercitazione:** 9
Anno di corso: I / II	
Obiettivi formativi: The module is addressed to students of both Electrical and non-Electrical Engineering Master Courses. the module is mainly oriented to provide students with the fundamentals of components and systems for monitoring smart electricity grids. The problems of integrating different technologies together with possible future developments are also discussed.	
Contenuti: The module presents a multidisciplinary approach to the themes concerning sensors, actuators, interfacing and data communication. In particular, starting from the study of sensor and actuator classes, with special regard to micro electromechanical systems (MEMS) and related production processes, the concepts of smart sensor and autonomous sensor are given. The issues related to interfacing and measurement data transmission, which are faced at the deployment of distributed networks for infrastructures monitoring, are then illustrated. The module finally includes the analysis of the role of microprocessors as interfacing devices for sensors and actuators.	
Codice:	**Semestre:** II
Propedeuticità:	
Metodo didattico: Lectures, exercitations, laboratory experiences.	
Materiale didattico: Technical books, notes of the lectures	

MODALITA' DI SVOLGIMENTO DELL'ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**

Insegnamento: ELECTRICAL TECHNOLOGIES FOR THE ECOLOGICAL TRANSITION	
Modulo: ELECTRIC MOBILITY AND GENERATION FROM RENEWABLES	
CFU: 4	**SSD:** ING-IND/32
Ore di lezione: 25	**Ore di esercitazione:** 8
Anno di corso: I / II	

Obiettivi formativi:
The module is addressed to students of both Electrical and non-Electrical Engineering Master Courses. With reference to electric mobility and the generation of electricity from renewable sources, the module is mainly oriented to present to the students and discuss with them the characterizing and advantageous aspects for the ecological transition, together with the problems that the new "green" technologies are introducing.

Contenuti:
Electric mobility.
Electric and/or hybrid propulsion of road, sea and air vehicles. Power train: technological aspects, operating features and development trends of the main subsystems (motors, power electronics, batteries). Energy management on board vehicles for the optimization of mechanical performance, battery range and emissions. Battery charging systems and methods: impact on electric networks and influence on the spread of electric mobility.

Generation of electricity from renewable sources
Photovoltaic systems and electromechanical energy conversion: main elements and subsystems, construction aspects, external operating features, comparative analysis of regulation and control systems, interfacing with the network, usefulness of the use of innovative materials. Main renewable generation plants: overcoming of obstacles to large-scale diffusion, technological challenges and development trends in terms of increased energy efficiency, environmental impact, overall dimensions and weights.
Advantageous aspects and management complexity of the distributed generation. The smart-grid revolution.

Codice:	**Semestre:** II
Propedeuticità:	
Metodo didattico: Lectures, exercitations, laboratory experiences.	
Materiale didattico: Technical books, notes from the lectures	

MODALITA' DI SVOLGIMENTO DELL'ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**

Insegnamento: ELECTRICAL TECHNOLOGIES FOR THE ECOLOGICAL TRANSITION	
Modulo: ELECTRIC ENERGY STORAGE	
CFU: 2	**SSD:** ING-IND/31
Ore di lezione: 14	**Ore di esercitazione:** 4
Anno di corso: I / II	
Obiettivi formativi: The module is addressed to students of both Electrical and non-Electrical Engineering Master Courses. The module aims to introduce students to the aspects that make the different electrical storage systems central for the ecological transition, both in mobility and in generation systems from renewable sources.	
Contenuti: Storage of electric energy in smart grids and in electric mobility. Electrostatic, electrochemical and electromagnetic accumulators. Main external features and development trends of super-capacitors, batteries and SMES. Focus on the main characteristics of the batteries: identification of the state of charge, discharge and charge processes, power and energy density. Interaction of storage systems in electrical networks and in vehicle power trains. Second life batteries.	
Codice:	**Semestre:** II
Propedeuticità:	
Metodo didattico: Lectures, exercitations, laboratory experiences.	
Materiale didattico: Technical books, notes from the lectures	

MODALITA' DI SVOLGIMENTO DELL'ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**

Insegnamento: ELEMENTI DI MECCANICA STRUTTURALE E DEL METODO DEGLI ELEMENTI FINITI	
Modulo (ove presente suddivisione in moduli):	
CFU: 6	**SSD:** ICAR/08
Ore di lezione: 36	**Ore di esercitazione:** 18
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Il corso si propone di introdurre gli allievi ai principali strumenti conoscitivi, metodologici ed operativi per l'analisi del comportamento di elementi strutturali e di calcolo con il Metodo degli Elementi Finiti. Tali strumenti sono inquadrati nell'ambito della progettazione di componenti elementari o di strutture di interesse per l'Ingegneria Elettrica. Le esercitazioni prevedono lo svolgimento di applicazioni con l'ausilio di mezzi di calcolo automatico.	
Contenuti: Analisi dei mezzi continui: deformazioni e tensioni, equazioni di equilibrio e di compatibilità. Comportamento elastico ed ultra-elastico dei materiali. I metodi variazionali: teorema delle potenze virtuali, stazionarietà dell'energia potenziale totale e problemi di estremo associati. Modelli monodimensionali e bidimensionali per l'analisi di strutture semplici. Metodi di analisi numerica: il metodo di Ritz, le funzioni di forma e il Metodo degli Elementi Finiti. Applicazioni con l'ausilio di programmi di calcolo simbolico e di codici agli Elementi Finiti.	
Codice:	**Semestre:** II
Prerequisiti: Elementi di algebra lineare, geometria analitica, calcolo infinitesimale e fisica.	
Metodo didattico: lezioni ed esercitazioni	
Materiale didattico: lezioni del corso, Guarracino and Walker: "Energy Methods in Structural Mechanics" Telford (1999).	

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	**Scritta e orale**		**Solo scritta**		**Solo orale**	**X**	

In caso di prova scritta i quesiti sono	**A risposta multipla**		**A risposta libera**		**Esercizi numerici**		
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Sviluppo di applicazioni in itinere e colloquio finale						