



UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2020/2021

ELETTROTECNICA INDUSTRIALE

Anno immatricolazione	2020/2021
Anno offerta	2020/2021
Normativa	DM270
Dipartimento	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
Corso di studio	INGEGNERIA ELETTRICA
Curriculum	Sistemi elettrici
Anno di corso	1°
Periodo didattico	Annualità Singola (28/09/2020 - 14/06/2021)
Crediti	12
Lingua insegnamento	Italiano
Prerequisiti	Argomenti di: teoria dei circuiti, elettrotecnica, metodi matematici per l'ingegneria, calcolo numerico. In particolare, la conoscenza di strumenti matematici di base quali gli operatori vettoriali per l'analisi dei campi è un prerequisito specifico.
Obiettivi formativi	Apprendere le equazioni di Maxwell e le loro applicazioni all'ingegneria elettrica, attraverso l'uso di metodi analitici e numerici. L'insegnamento prevede un'attività di laboratorio finalizzata a un duplice scopo: apprendere l'uso di codici di calcolo per l'analisi numerica dei campi elettrici e magnetici, imparare l'utilizzo di sonde di campo per la misura di campi condotti e radiati in bassa e alta frequenza. La conoscenza della principale normativa tecnica in materia di compatibilità elettromagnetica completerà l'attività di laboratorio.
Programma e contenuti	Elementi di analisi vettoriale Teorema di unicità di Helmholtz. Teorema di reciprocità di Green. Problema al contorno: formulazioni in campo e in potenziale. Vettori descrittivi e legge costitutiva Campo elettrostatico, campo magnetostatico, campo di conduzione. Calcolo di campi stazionari a partire dalle equazioni di Maxwell. Calcolo di campi stazionari mediante le funzioni di Green. Azioni meccaniche nei campi stazionari Principio dei lavori virtuali. Tensore degli sforzi di Maxwell. Legge di

Lorentz. Calcolo di forze e coppie.
 Metodi analitici per l'analisi di campi stazionari
 Principio delle immagini. Metodo di separazione delle variabili.
 Metodi numerici per l'analisi di campi stazionari
 Metodo degli elementi finiti in 2D. Simulazione campistica di grandezze locali e globali. Principi di progettazione assistita da calcolatore di dispositivi elettrici e magnetici.
 Campi tempo varianti
 Soluzioni nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza.
 Equazione della diffusione. Correnti parassite: reazione forte e reazione debole. Equazione delle onde. Onde piane. Approssimazione di campo vicino e di campo lontano. Principi di compatibilità elettromagnetica.
 Progettazione assistita da calcolatore
 Introduzione alla progettazione assistita da calcolatore con l'utilizzo di codici di calcolo commerciali basati sul metodo degli elementi finiti.
 Guida all'uso di codici di Infolytica Corporation. Analisi agli elementi finiti di un semplice dispositivo elettrico o magnetico.
PROBLEMI INVERSI
 Sistemi rettangolari di equazioni.
 Soluzione di problemi inversi con la minimizzazione di un funzionale.
 Ottimizzazione vincolata.
 Ottimizzazione multiobiettivo.
 Metodi deterministici, evolutivisti e metaeuristici.
LABORATORIO DI ELETTROTECNICA INDUSTRIALE
 Campi in bassa e alta frequenza, propagazione onde elettromagnetiche, approssimazione in onda piana, rifrazione e riflessione. Campo vicino e campo lontano, spettro elettromagnetico Effetti biologici campi EM.
 ICNIRP, Legislazione italiana ed europea e norme. Il caso degli elettrodotti: calcolo fasce di rispetto e DPA, criteri per la riduzione dell'induzione magnetica, altre sorgenti di campo in bassa frequenza (50Hz). Sorgenti di campo in bassa frequenza(>50Hz) e sorgenti di campo in alta frequenza(MHz). Misura di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici: misure in banda larga e banda stretta Norme sugli elettrodomestici Antenne: Proprietà delle antenne (polarizzazione, direttività e guadagno), Tipi di antenne, Antenne per telefonia mobile (diagramma di radiazione), modulazione del segnale e spettro del segnale modulato Strumentazione per la misura del campo elettromagnetico emesso da antenne Tecniche per la valutazione dell'esposizione umana (calcolo), considerazione sulla valutazione degli effetti dei campi elettromagnetici con modelli umani (studi effettuati)
 Esempi: Saldatrici, Piani cottura ad induzione, schermatura
ESERCITAZIONI Laboratorio di calcolo elettrodotti, Misure microonde e Misure vicino ad apparecchi domestici, Misure nei pressi di elettrodotti , Misure campo elettromagnetico emesso da antenne

Metodi didattici

Il corso viene svolto mediante lezioni frontali con l'ausilio di diapositive, integrate con spiegazioni alla lavagna. Inoltre, vengono svolti degli esercizi alla lavagna per far apprendere l'uso applicativo dei concetti spiegati a lezione.

I due moduli di Campi e Circuiti e CAD e compatibilità elettromagnetica industriale, rispettivamente, prevedono anche lezioni in cui vengono usati codici di calcolo agli elementi finiti o programmazione in ambiente Matlab per apprendere l'uso di metodi di calcolo automatico. I codici di

calcolo sono nella disponibilità degli studenti.

Il modulo di Laboratorio di Elettrotecnica Industriale prevede anche un'attività sperimentale in cui ci si reca in prossimità di sorgenti di campo per fare misure di campi elettrici e magnetici.

Testi di riferimento

Moduli di Campi e Circuiti e CAD: Campi P. Di Barba, A. Savini, and S. Wiak. Field models in electricity and magnetism.. Springer, 2008.
Modulo di Laboratorio: lucidi usati a lezione

Modalità verifica apprendimento

Per i moduli di Campi e Circuiti e CAD e compatibilità elettromagnetica industriale l'esame finale consiste nello sviluppo di due casi di studio: una simulazione agli elementi finiti e la risoluzione di un problema inverso, rispettivamente. Questi lavori sono discussi in itinere con il docente.

Per il modulo di Laboratorio di Elettrotecnica Industriale è previsto lo sviluppo di uno studio agli elementi finiti per la verifica delle misure effettuate durante i laboratori.

L'insegnamento è suddiviso

504983 - CAD, COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA INDUSTRIALE E LABORATORIO DI ELETTROTECNICA INDUSTRIALE

503067 - CAMPI E CIRCUITI



UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2020/2021

CAD, COMPATIBILITÀ ELETTRICITÀ INDUSTRIALE E LABORATORIO DI ELETTRICITÀ INDUSTRIALE

Anno immatricolazione	2020/2021
Anno offerta	2020/2021
Normativa	DM270
SSD	ING-IND/31 (ELETTRICITÀ)
Dipartimento	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
Corso di studio	INGEGNERIA ELETTRICA
Curriculum	Sistemi elettrici
Anno di corso	1°
Periodo didattico	Secondo Semestre (08/03/2021 - 14/06/2021)
Crediti	6
Ore	56 ore di attività frontale
Lingua insegnamento	Italiano
Tipo esame	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
Docente	DI BARBA PAOLO (titolare) - 3 CFU MOGNASCHI MARIA EVELINA - 3 CFU
Prerequisiti	Argomenti di: teoria dei circuiti, elettrotecnica, metodi matematici per l'ingegneria, calcolo numerico. In particolare, la conoscenza di strumenti matematici di base quali gli operatori vettoriali per l'analisi dei campi è un prerequisito specifico.
Obiettivi formativi	Advanced knowledge of electric, magnetic and electromagnetic fields. Base knowledge of commercial codes for finite element simulations. Knowledge of inverse problems and optimization methods. Knowledge of technical European norms about environmental electromagnetic compatibility.
Programma e contenuti	Computer aided design Introduction to computer aided design by means of commercial software

e.g. Magnet by Infolytica or Comsol Multiphysics. Finite element analysis of a simple case study.

Inverse problems

Direct and inverse problems. Well-posed and ill-posed problems. Fredholm's integral equation of the first kind. Under- and over-determined systems of equations. Least-squares solution. Classification of inverse problems.

Optimization

Solutions of inverse problems by the minimization of a functional. Constrained optimization. Multiobjective optimization. Gradient-free and gradient-based methods. Deterministic vs non-deterministic search. Numerical case studies.

Industrial electromagnetic compatibility

Field in low and high frequency, wave propagation, reflection and refraction. Near- and far-field. Biological effects of electromagnetic field. ICNIRP, Italian and European laws. Sources in low and high frequency. Antennas: properties (gain, directivity and polarization), kind of antennas, signal modulation. Theory of measurements of electric, magnetic and electromagnetic fields. Instruments for field measurements. Measurements of electromagnetic field radiated by microwave antennas and devices, radiofrequency antennas and fields produced by electric-power transmission plants.

Metodi didattici

The lectures are held with the help of blackboard and slide based presentations.

For the CAD module, Finite element codes and Matlab programming are also used. These codes are made available to students.

For the Laboratory module measurements of electric and magnetic fields are done close to field sources.

Testi di riferimento

For the CAD module: P. Di Barba, A. Savini, S. Wiak. Field models in electricity and magnetism. Springer, 2008.

For the Laboratory module, slides shown during the lessons.

Modalità verifica apprendimento

For the CAD module, the final examination consists in solving an inverse problem. This work is discussed with the teacher.

For the Laboratory module, the final examination consists of a finite element simulation in order to assess the field measurements.

Altre informazioni

Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile

[Gli obiettivi](#)



UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2020/2021

CAMPI E CIRCUITI

Anno immatricolazione	2020/2021
Anno offerta	2020/2021
Normativa	DM270
SSD	ING-IND/31 (ELETTROTECNICA)
Dipartimento	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
Corso di studio	INGEGNERIA ELETTRICA
Curriculum	Sistemi elettrici
Anno di corso	1°
Periodo didattico	Primo Semestre (28/09/2020 - 22/01/2021)
Crediti	6
Ore	45 ore di attività frontale
Lingua insegnamento	Italiano
Tipo esame	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
Docente	DI BARBA PAOLO (titolare) - 6 CFU
Prerequisiti	Argomenti di: teoria dei circuiti, elettrotecnica, metodi matematici per l'ingegneria, calcolo numerico. In particolare, la conoscenza di strumenti matematici di base quali gli operatori vettoriali per l'analisi dei campi è un prerequisito specifico.
Obiettivi formativi	Apprendere le equazioni di Maxwell e le loro applicazioni all'ingegneria elettrica, attraverso l'uso di metodi analitici e numerici. L'insegnamento prevede un'attività di laboratorio finalizzata allo scopo di apprendere l'uso di codici di calcolo per l'analisi numerica dei campi elettrici e magnetici.
Programma e contenuti	Elementi di analisi vettoriale Teorema di unicità di Helmholtz. Teorema di reciprocità di Green. Problema al contorno: formulazioni in campo e in potenziale. Vettori descrittivi e legge costitutiva

Campo elettrostatico, campo magnetostatico, campo di conduzione. Calcolo di campi stazionari a partire dalle equazioni di Maxwell. Calcolo di campi stazionari mediante le funzioni di Green.

Azioni meccaniche nei campi stazionari

Principio dei lavori virtuali. Tensore degli sforzi di Maxwell. Legge di Lorentz. Calcolo di forze e coppie.

Metodi analitici per l'analisi di campi stazionari

Principio delle immagini. Metodo di separazione delle variabili.

Metodi numerici per l'analisi di campi stazionari

Metodo degli elementi finiti in 2D. Simulazione campistica di grandezze locali e globali. Principi di progettazione assistita da calcolatore di dispositivi elettrici e magnetici.

Campi tempo varianti

Soluzioni nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza.

Equazione della diffusione. Correnti parassite: reazione forte e reazione debole. Equazione delle onde. Onde piane. Approssimazione di campo vicino e di campo lontano. Principi di compatibilità elettromagnetica.

Progettazione assistita da calcolatore

Introduzione alla progettazione assistita da calcolatore con l'utilizzo di codici di calcolo commerciali basati sul metodo degli elementi finiti.

Guida all'uso di codici di Infolytica Corporation. Analisi agli elementi finiti di un semplice dispositivo elettrico o magnetico.

Metodi didattici

Il corso viene svolto mediante lezioni frontali con l'ausilio di diapositive, integrate con spiegazioni alla lavagna. Inoltre, vengono svolti degli esercizi alla lavagna per far apprendere l'uso applicativo dei concetti spiegati a lezione.

Il corso prevede anche lezioni in cui vengono usati codici di calcolo agli elementi finiti e programmazione in ambiente Matlab per apprendere l'uso di metodi di calcolo automatico. I codici di calcolo sono nella disponibilità degli studenti.

Testi di riferimento

P. Di Barba, A. Savini, and S. Wiak. Field models in electricity and magnetism.. Springer, 2008.

Modalità verifica apprendimento

L'esame finale consiste nello sviluppo di una simulazione agli elementi finiti. Il lavoro viene discusso in itinere con il docente.

Altre informazioni

L'esame finale consiste nello sviluppo di una simulazione agli elementi finiti. Il lavoro viene discusso in itinere con il docente.

Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile

[Gli obiettivi](#)