



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2019/2020

## ELETTROTECNICA INDUSTRIALE

<b>Anno immatricolazione</b>	2019/2020
<b>Anno offerta</b>	2019/2020
<b>Normativa</b>	DM270
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
<b>Corso di studio</b>	INGEGNERIA ELETTRICA
<b>Curriculum</b>	Sistemi elettrici
<b>Anno di corso</b>	1°
<b>Periodo didattico</b>	Annualità Singola (30/09/2019 - 12/06/2020)
<b>Crediti</b>	12
<b>Lingua insegnamento</b>	Italiano
<b>Prerequisiti</b>	<p>Argomenti di: teoria dei circuiti, elettrotecnica, metodi matematici per l'ingegneria, calcolo numerico.</p> <p>In particolare, la conoscenza di strumenti matematici di base quali gli operatori vettoriali per l'analisi dei campi è un prerequisito specifico.</p>
<b>Obiettivi formativi</b>	<p>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.</p>
<b>Programma e contenuti</b>	<p>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</p>

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 2019/2020

## CAD, COMPATIBILITÀ ELETTRICITÀ INDUSTRIALE E LABORATORIO DI ELETTRICITÀ INDUSTRIALE

<b>Anno immatricolazione</b>	2019/2020
<b>Anno offerta</b>	2019/2020
<b>Normativa</b>	DM270
<b>SSD</b>	ING-IND/31 (ELETTRICITÀ)
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
<b>Corso di studio</b>	INGEGNERIA ELETTRICA
<b>Curriculum</b>	Sistemi elettrici
<b>Anno di corso</b>	1°
<b>Periodo didattico</b>	Secondo Semestre (02/03/2020 - 12/06/2020)
<b>Crediti</b>	6
<b>Ore</b>	56 ore di attività frontale
<b>Lingua insegnamento</b>	Italiano
<b>Tipo esame</b>	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
<b>Docente</b>	DI BARBA PAOLO (titolare) - 3 CFU MOGNASCHI MARIA EVELINA - 3 CFU
<b>Prerequisiti</b>	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.
<b>Obiettivi formativi</b>	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

### CAD

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.

### 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.

Il modulo di CAD e compatibilità elettromagnetica industriale 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.

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

P. Di Barba, A. Savini, and S. Wiak. Field models in electricity and magnetism.. Springer, 2008 per il modulo CAD e compatibilità elettromagnetica industriale.

Dispense fornite durante il corso per il modulo di Laboratorio di Elettrotecnica Industriale.

## Modalità verifica apprendimento

Per il modulo CAD e compatibilità elettromagnetica industriale l'esame finale consiste nella risoluzione di un problema inverso. Questo lavoro viene discusso 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.

**Altre informazioni**

Per il modulo CAD e compatibilità elettromagnetica industriale l'esame finale consiste nella risoluzione di un problema inverso. Questo lavoro viene discusso 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.

**Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile**

[\\$lbl legenda sviluppo sostenibile](#)



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2019/2020

## CAMPI E CIRCUITI

<b>Anno immatricolazione</b>	2019/2020
<b>Anno offerta</b>	2019/2020
<b>Normativa</b>	DM270
<b>SSD</b>	ING-IND/31 (ELETTROTECNICA)
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
<b>Corso di studio</b>	INGEGNERIA ELETTRICA
<b>Curriculum</b>	Sistemi elettrici
<b>Anno di corso</b>	1°
<b>Periodo didattico</b>	Primo Semestre (30/09/2019 - 20/01/2020)
<b>Crediti</b>	6
<b>Ore</b>	45 ore di attività frontale
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO
<b>Tipo esame</b>	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
<b>Docente</b>	DI BARBA PAOLO (titolare) - 6 CFU
<b>Prerequisiti</b>	
<b>Obiettivi formativi</b>	
<b>Programma e contenuti</b>	
<b>Metodi didattici</b>	
<b>Testi di riferimento</b>	
<b>Modalità verifica apprendimento</b>	
<b>Altre informazioni</b>	
<b>Obiettivi Agenda 2030 per lo</b>	

