FACOLTÀ	INGEGNERIA
ANNO ACCADEMICO	2013-2014
CORSO di LAUREA MAGISTRALE	INGEGNERIA ELETTRICA
INSEGNAMENTO	C.I. METODI NUMERICI PER L'INGEGNERIA - MODELLISTICA E COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA
TIPO di ATTIVITÀ	Affine (modulo 1); Caratterizzante (modulo 2)
AMBITO DISCIPLINARE	Analisi numerica (modulo 1); Elettrotecnica (modulo 2)
CODICE INSEGNAMENTO	17085
ARTICOLAZIONE IN MODULI	SI
NUMERO MODULI	2
SETTORE SCIENTIFICO DISCIPLINARI	MAT/08 (modulo 1) - ING-IND/31 (modulo 2)
DOCENTE COINVOLTO (modulo 1 - METODI NUMERICI PER L'INGEGNERIA)	ELISA FRANCOMANO Professore Associato confermato Università degli Studi di Palermo – DICGIM http://portale.unipa.it/persona/docenti/f/elisa.francomano
DOCENTE RESPONSABILE (modulo 2 - MODELLISTICA E COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA)	GUIDO ALA Professore Associato confermato Università degli Studi di Palermo - DEIM http://portale.unipa.it/persona/docenti/a/guido.ala
CFU	12 (6+6)
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	200
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	100
PROPEDEUTICITÀ	Nessuna
ANNO DI CORSO	Primo (I e II semestre)
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito http://portale.unipa.it/facolta/ingegneria
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali. Esercitazioni in aula
MODALITÀ DI FREQUENZA	Facoltativa, ma consigliata
METODI DI VALUTAZIONE	Prova orale
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Consultare il sito http://portale.unipa.it/facolta/ingegneria
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito http://portale.unipa.it/facolta/ingegneria
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	Tutti i giorni previo appuntamento telefonico o per e-mail: elisa.francomano@unipa.it , guido.ala@unipa.it

<p>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione:</p> <p>Al termine del corso, lo studente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - avrà compreso il ruolo della matematica computazionale nell'analisi dei fenomeni del mondo reale e nella risoluzione dei problemi delle discipline scientifiche e tecniche. Avrà maturato conoscenza delle metodologie matematiche e numeriche alla base delle scienze applicate. Saprà distinguere nel processo di risoluzione di un problema del mondo reale la fase della modellizzazione matematica del problema, la fase della discretizzazione del modello continuo, la fase relativa all'individuazione di un metodo risolutivo e all'analisi dell'efficienza del metodo e infine sarà in grado di realizzare schemi logici dei metodi trattati per la loro esecuzione automatica; - avrà conoscenza di modelli analitici differenziali ed integrali dell'elettromagnetismo e delle tecniche numeriche di più comune impiego orientate all'analisi di sistemi elettromagnetici in regime sinusoidale ed in transitorio. Avrà acquisito le competenze basilari relative alla compatibilità elettromagnetica: identificazione e modellizzazione delle sorgenti e dei ricevitori con riferimento all'emissione ed alla suscettività sia radiata che condotta; caratterizzazione degli schermi elettromagnetici alle diverse frequenze di impiego; valutazione dell'impatto ambientale dei campi elettromagnetici nel quadro normativo nazionale ed internazionale. <p>Nel complesso, lo studente sarà in grado di elaborare e/o applicare idee originali, anche in un contesto di ricerca. La verifica di questo obiettivo viene effettuata durante la prova orale nell'ambito della verifica finale.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</p> <p>Al termine del corso, lo studente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sarà in grado di utilizzare gli opportuni strumenti della matematica computazionale relativamente all'analisi degli errori del calcolo scientifico, alla risoluzione di sistemi di equazioni, alla approssimazione di funzioni, alla risoluzione discreta di integrali definiti e di equazioni differenziali. Saprà valutare la buona posizione e il condizionamento di un problema, la stabilità di un algoritmo e la sua complessità computazionale. Sarà
--

- capace di procedere nella ricerca e formulazione di algoritmi efficienti;
- sarà in grado di eseguire la simulazione elettromagnetica di sistemi complessi, in regime stazionario, sinusoidale, dinamico, finalizzandola all'esame delle prestazioni e all'ottimizzazione progettuale di dispositivi e sistemi impiegati in ambito industriale;
- sarà in grado di individuare le problematiche di compatibilità elettromagnetica connesse con il funzionamento di apparecchiature e sistemi in ambito industriale;
- sarà in grado di individuare possibili soluzioni per il soddisfacimento dei requisiti di compatibilità elettromagnetica stabiliti dalle norme e dalle leggi.

Nel complesso, lo studente saprà applicare le conoscenze e le abilità acquisite in modo da risolvere problemi relativi a tematiche nuove o non familiari, inserite anche in contesti interdisciplinari. La verifica di questo obiettivo viene effettuata durante una prova scritta e nella discussione orale nell'ambito della verifica finale.

Autonomia di giudizio:

Lo studente:

- sarà capace di individuare tra le metodologie proposte quella più adeguata al problema da risolvere integrando le conoscenze e gestendo la complessità. Sarà capace di interpretare i dati del problema in studio, i risultati della computazione e l'efficacia del solutore matematico applicato, formulando giudizi sulla base di informazioni limitate o incomplete;
- conseguirà autonomia di scelta per esercitare la preferenza nell'ambito dei modelli analitici o approssimati e dei metodi numerici utili per l'analisi elettromagnetica, integrando le conoscenze e gestendo la complessità, formulando giudizi sulla base di informazioni limitate o incomplete;
- avrà acquisito l'autonomia necessaria per poter interpretare criticamente i risultati dell'analisi, al fine dell'ottenimento della compatibilità elettromagnetica di apparati e sistemi, integrando le conoscenze e gestendo la complessità, formulando giudizi sulla base di informazioni limitate o incomplete.

L'acquisizione dell'autonomia di giudizio da parte dello studente sarà verificata, nell'ambito dell'esame finale, discutendo criticamente i casi di studio svolti durante il corso.

Abilità comunicative:

Lo studente:

- sarà in grado di argomentare in modo chiaro e razionale, con interlocutori specialisti e non specialisti, a sostegno del modello impiegato e degli algoritmi numerici ideati, valutando criticamente i risultati ottenuti;
- avrà acquisito la capacità di evidenziare in modo chiaro e razionale, a interlocutori specialisti e non specialisti, gli aspetti fondamentali relativi alla compatibilità elettromagnetica in ambito industriale, giustificando le scelte operate.

L'acquisizione delle abilità comunicative da parte dello studente sarà verificata, durante l'esame finale, tramite la prova orale.

Capacità di apprendimento:

Lo studente:

- avrà acquisito la capacità di apprendere in modo continuativo e sostanzialmente autonomo i diversi aspetti della matematica computazionale a supporto dei metodi numerici da impiegare per la simulazione elettromagnetica, con riferimento a problematiche nuove con cui si confronterà in ambito lavorativo;
- avrà acquisito la capacità di apprendere in modo continuativo e sostanzialmente autonomo i diversi aspetti della compatibilità elettromagnetica in relazioni alle problematiche in costante evoluzione con le quali si confronterà in ambito lavorativo.

La capacità di apprendimento sarà verificata nel corso della prova finale nell'ambito della quale lo studente, darà prova della consapevolezza raggiunta e della capacità critica di analisi e sintesi degli aspetti teorici e applicativi della disciplina studiata.

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO 1

Il modulo tratta i temi fondamentali della modellizzazione matematica numerica di problemi ingegneristici. Gli argomenti vengono affrontati sia dal punto di vista teorico che algoritmico con analisi critica dei risultati ottenuti. Viene introdotta l'approssimazione di funzioni mediante processi interpolatori e metodi di minimizzazione; si studiano processi per la risoluzione di sistemi di equazioni lineari e non lineari, formule di quadratura numerica e i processi risolutivi per le equazioni differenziali ai valori iniziali. Si forniscono concetti basilari di programmazione in linguaggio evoluto.

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO 2

Conoscenza e capacità di applicazione dei metodi analitici e numerici per l'analisi di sistemi elettromagnetici. Acquisizione delle competenze necessarie per la valutazione della compatibilità elettromagnetica di apparati e sistemi in ambito industriale.

MODULO 1	Metodi Numerici per l'ingegneria
ORE FRONTALI	
LEZIONI	ARGOMENTI
4	Rappresentazione dei numeri in macchina. Aritmetica floating point. Troncamento ed arrotondamento.

	Numeri di macchina. Teoria dell'errore. Errore inerente ed errore algoritmico. Studio della propagazione dell'errore. Errore totale. Condizionamento di un problema e stabilità di un algoritmo. Grafi per lo studio dell'errore. Complessità computazionale di un processo di calcolo.
6	Approssimazione di funzioni. Interpolazione polinomiale. Condizioni di interpolazione. Esistenza ed unicità del polinomio interpolante. Matrice di Vandermonde. I polinomi fondamentali di Lagrange. Polinomio interpolante di Lagrange. Complessità computazionale ed analisi implementativa. Formule di interpolazione polinomiale. Operatori alle differenze. Differenze divise. Polinomio di Newton alle differenze divise. Complessità computazionale ed analisi implementativa. Operatori alle differenze definite in avanti e all'indietro. Relazione tra differenze divise e differenze finite. Polinomio di Newton-Gregory in avanti e all'indietro. Complessità computazionale ed analisi implementativa. Polinomio interpolante di Hermite. Formulazione con polinomi fondamentali di Lagrange. Formulazione con operatori alle differenze. Errore. Funzione di Runge. Interpolazione composta. Funzioni spline. Spline naturali, complete e periodiche. Spline interpolanti cubiche. Analisi implementativa. Funzioni B-spline.
4	Approssimazione mediante processo dei minimi quadrati. Caso continuo e caso discreto. Polinomi ortogonali. Proprietà fondamentali dei polinomi ortogonali. Polinomi di Chebyshev, Legendre, Laguerre, Hermite. Approssimazione trigonometrica. Polinomio trigonometrico. Serie di Fourier. Trasformata di Fourier discreta. Analisi implementativa.
6	Integrazione numerica di funzioni. Formule di quadratura interpolatorie. Resto delle formule di quadratura. Grado di precisione. Nodi e pesi di una formula di quadratura. Esistenza ed unicità. Formule a punti equidistanti. Formule di Newton-Cotes. Interpretazione geometrica. Resto. Formule composte. Formule di quadratura automatica. Valutazione indiretta del resto. Estrapolazione di Richardson. Metodo di Romberg. Analisi implementativa. Formule gaussiane. Nodi e pesi delle formule gaussiane. Grado di precisione.
9	Sistemi lineari. Condizionamento. Metodi diretti. Metodi per la risoluzione di sistemi triangolari. Complessità computazionale. Analisi implementativa. Matrici elementari di Gauss. Matrici di permutazione. Metodo di eliminazione di Gauss. Stabilità numerica. Complessità computazionale. Analisi implementativa. Tecniche di pivoting. Variante di Jordan. Fattorizzazione LU. Condizioni di applicabilità. Tecniche compatte: Doolittle e Crout. Analisi implementativa. Matrici definite positive. Criterio di Sylvester. Metodo di Cholesky. Condizioni di applicabilità. Complessità computazionale. Analisi implementativa. Matrici di Householder. Fattorizzazione QR. Metodi iterativi. Condizioni di convergenza. Criteri di arresto. Metodo di Jacobi. Condizioni di convergenza. Analisi implementativa. Metodo di Gauss-Seidel. Condizioni di convergenza. Analisi implementativa. Metodi di rilassamento. Metodi numerici per l'approssimazione di autovalori. Localizzazione di autovalori. Teorema di Hirsch. Teoremi di Gerschgorin. Localizzazione di radici. Matrice di Frobenius. Metodo delle potenze. Metodo delle potenze inverse. Analisi implementativa.
4	Risoluzione numerica di equazioni differenziali ordinarie: il problema di Cauchy. Metodi numerici ad un passo. Metodi espliciti. Metodi impliciti. Metodo predictor-corrector. Formule di Runge-Kutta. Consistenza, stabilità e convergenza.
3	Risoluzione di equazioni non lineari: metodo di bisezione, metodo delle corde, delle secanti e delle tangenti. Il metodo del punto fisso. Ordine di convergenza. Efficienza. Criteri di arresto. Analisi implementativa. Risoluzione numerica di sistemi non lineari.
36	
	ESERCITAZIONI
14	Esercizi ed applicazioni automatiche dei processi numerici.
TESTI CONSIGLIATI	A. Quarteroni – Matematica Numerica - Springer G. Monegato – Fondamenti di Calcolo Numerico – CLUT Torino S.C. Chapra, R.P. Canale, Numerical Methods for Engineers, McGraw-Hill. R. Bevilacqua, D.Bini, M. Capovani, O. Menchi – Metodi Numerici – Zanichelli.

MODULO 2		Modellistica e Compatibilità Elettromagnetica
ORE FRONTALI		
LEZIONI	ESERCITAZIONI	ARGOMENTI
4	0	Richiami sugli operatori differenziali del primo e del secondo ordine. Relazioni costitutive tra le diverse grandezze vettoriali. Equazioni di Maxwell. Teorema di Poynting. Equazioni delle onde dei vettori di campo nel dominio del tempo ed in regime sinusoidale. Equazioni di diffusione e di propagazione. Caratterizzazione generale dei campi vettoriali monocromatici. Polarizzazione. Funzioni d'onda. Superfici equifase, fronte d'onda, vettore di propagazione. Lunghezza d'onda e velocità di propagazione. Onde piane, cilindriche, sferiche. Potenza. Caratterizzazione delle onde piane uniformi e non-uniformi in mezzi anche dissipativi.
3	0	Diffusione del campo elettromagnetico nel solido conduttore semi-infinito e nel conduttore cilindrico massiccio: effetto pelle; impedenza interna; flusso di potenza.
1	0	Equazioni delle onde dei potenziali ritardati, anche in mezzo con perdite. Gauge di Lorentz generalizzata. Forma generale dei potenziali ritardati nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza.
3	0	Introduzione alle antenne. Il dipolo elettrico ed il dipolo magnetico elementari. Approssimazioni in campo vicino ed in campo lontano. Potenza media irradiata;

		resistenza di radiazione. Impedenza di ingresso. Impedenza d'onda. Il dipolo elettrico lungo: dipolo in mezza onda e monopolo al quarto d'onda. Impedenza di ingresso. Diagrammi di radiazione. Cenni alle schiere di dipoli.
4	10	Generalità sull'impiego di metodi numerici per la soluzione di problemi di elettromagnetismo. Metodi basati sulla discretizzazione di equazioni alle derivate parziali, metodi basati sulla discretizzazione di equazioni integrali. Il metodo dei momenti per l'analisi di problemi elettromagnetici in regime sinusoidale. Il modello matematico: l'equazione integrale. Approssimazione dell'operatore integrale mediante introduzione di funzioni di base di espansione della funzione incognita ed opportuna "pesatura" attraverso funzioni "test": metodo del "point matching". Introduzione dell'ipotesi "thin-wire" per la determinazione dell'equazione integrale del campo elettrico, modificata. Modello di simulazione di un sistema di conduttori cilindrici sottili mutuamente interferenti immersi in semispazio dissipativo. Descrizione topologica della struttura attraverso matrici di incidenza, equazioni interne di ramo, interne nodali e nodali delle correnti. Struttura generale e codifica dell'algoritmo che discretizza l'equazione integrale. Risoluzione numerica del sistema ed individuazione delle incognite. Post-processing dei dati: valutazione delle componenti del campo elettromagnetico in un qualunque punto del mezzo. Impostazione del codice di simulazione e implementazione di casi di studio diversi a diverse frequenze: commento e confronto dei risultati ottenuti.
1	1	Metodo di separazione delle variabili. Applicazione a casi canonici.
2	2	Metodo delle differenze finite per la soluzione di problemi elettromagnetici stazionari. Applicazione a casi canonici.
1	1	Il metodo FDTD (finite differences time domain) per la soluzione numerica delle equazioni di Maxwell alle derivate parziali nel dominio del tempo. Applicazione al caso monodimensionale.
1	0	Generalità sulla compatibilità elettromagnetica. Definizioni. Terminologia. Unità di misura di comune impiego. Sistemi a parametri distribuiti. Esempi di interferenza elettromagnetica e modi di accoppiamento. Organismi normatori.
3	0	Comportamento non ideale dei componenti: conduttori, linee e piste, il concetto di induttanza parziale. Effetto dei reofori sui componenti. Comportamento reale di resistore, induttore, condensatore: risposta in frequenza. Bobine di arresto del modo comune: ferriti ed anelli di ferrite. Risposta in frequenza delle ferriti di uso comune.
3	0	Modelli di emissione radiata per fili e circuiti stampati: confronto tra corrente di modo differenziale e corrente di modo comune, modelli di emissione. Impiego della sonda di corrente per la valutazione dei livelli di emissione. Esempi. Modello di suscettività radiata per fili: impiego di generatori distribuiti, pilotati dal campo EM incidente. Modello di suscettività radiata semplificato per linea ideale e per linea idealizzata. Cavi coassiali e impedenza di trasferimento.
3	0	Emissioni condotte: struttura generale e impiego della LISN. Uso di filtri di alimentazione ed effetto sulle correnti di modo comune e differenziale. Circuiti equivalenti. Scomposizione delle emissioni condotte dovute alle correnti differenziali ed alle correnti di modo comune. Analisi qualitativa del funzionamento e delle interferenze condotte degli alimentatori dissipativi ed a commutazione; tipologie di trasformatori, impiego e connessione a massa dello schermo tra primario e secondario. Collocazione topologica dell'alimentatore e del filtro. Cenni alla suscettività condotta.
3	0	Impatto ambientale dei campi elettromagnetici: generalità sulla compatibilità elettromagnetica fisiologica con riferimento ai campi a bassa frequenza (sorgenti ELF) e ad alta frequenza (sorgenti IF/RF/MW).
1	0	Campi elettrico e magnetico di linee elettriche aeree ed in cavo (norma CEI 211-4): livelli di campo elettrico e magnetico di linee con varie tipologie di configurazione. Livelli di campo magnetico di apparecchiature industriali e di uso domestico.
1	0	Metodi di misura e calcolo nel caso ELF. Metodi e tecniche di riduzione dell'induzione magnetica negli impianti elettrici. Tecniche di compensazione passiva per la schermatura di campi magnetici a frequenza industriale prodotti da linee elettriche aeree di trasmissione dell'energia.
2	0	Esposizione umana ai campi elettromagnetici a bassa frequenza. Esposizione umana ai campi elettromagnetici ad alta frequenza. Effetto biologico, effetti sanitari acuti e differiti. Grandezze dosimetriche: densità di corrente di conduzione, tasso di assorbimento specifico (SAR). Grandezze radiometriche. Limiti di base, livelli di riferimento. Normativa, linee guida internazionali e legislazione nazionale. Cenni sulla percezione del rischio.
36	14	
Totale ore del C.I.: 100		
		Bibliografia
Riferimenti Consigliati		
➤ Dispense fornite dal docente		
➤ C.R. Paul: Compatibilità elettromagnetica, Hoepli – 1992		

Riferimenti di consultazione

- M. D'Amore: Elettrotecnica, vol. I e II. Ed. Scientifiche Siderea, Roma
- S. Ramo, J.R. Whinnery, T. Van Duzer: Campi e onde nell'elettronica delle comunicazioni, Franco Angeli - 1990
- J.J.H. Wang: Generalized moment methods in electromagnetics, Wiley – 1991
- C.R. Paul, K.W. Whithes, S. A. Nasar: Introduction to electromagnetic fields, III ed., McGraw-Hill - 1998
- C. Paul: "Introduction to Electromagnetic Compatibility", Second Edition, Wiley-Interscience, 2006.
- D.M. Sullivan: Electromagnetic simulation using the FDTD method, IEEE press- 2000