UNIVERSITÀ DI PISA

CAMPI ELETTROMAGNETICI

GIULIANO MANARA

Anno accademico	2020/21
CdS	INGEGNERIA ELETTRONICA
Codice	306II
CFU	9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
CAMPI ELETTROMAGNETICI	ING-INF/02	LEZIONI	90	GIULIANO MANARA ANDREA MICHEL

Prerequisiti (conoscenze iniziali)
Principali sistemi di riferimento: cartesiano ortogonale, cilindrico, sferico. Calcolo vettoriale. Operatori differenziali sui campi scalari e vettoriali.

Indicazioni metodologiche
Le lezioni sono tenute in modalità mista:
a) in aula (vedi orario del primo anno della Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica presso la Scuola di Ingegneria);
b) il link all'aula virtuale è:
https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3a898cb149043e437e9d1521b571e54842%40thread.tacv2/Generale?groupId=cc8d5d8b-7cc5-4a17-bb78-c482b8c92f0b&tenantId=c7456b31-a220-47f5-be52-473828670aa1

Programma (contenuti dell'insegnamento)
Equazioni di Maxwell in forma differenziale nel dominio del tempo. Equazione di continuità della corrente elettrica in forma differenziale. Equazione della forza di Lorentz. Simmetrizzazione delle equazioni di Maxwell mediante l'introduzione di cariche e correnti magnetiche. Equazioni di Maxwell in forma integrale: legge dell'induzione elettromagnetica di Faraday-Lenz, leggi di Gauss per le cariche elettriche e per le cariche magnetiche, legge della circuitazione di Ampere generalizzata mediante l'introduzione della corrente di spostamento.
Relazioni costitutive di un mezzo: linearità, omogeneità, isotropia ed anisotropia, dispersività, causalità. Forma esplicita delle relazioni costitutive. Fenomeni della conduzione, polarizzazione e magnetizzazione. Conducibilità elettrica di un materiale conduttore o semiconduttore. Vettore di polarizzazione, suscettività dielettrica, permittività dielettrica, costante dieletrrica relativa. Vettore di magnetizzazione, suscettività magnetica, costante magnetica relativa. Mezzi diamagnetici, paramagnetici, ferromagnetici, antiferromagnetici, ferrimagnetici.
Onde piane uniformi nel dominio del tempo: caratteristiche della soluzione, onde progressive ed onde regressive. Distribuzione del campo elettromagnetico associato ad un'onda piana uniforme. Resistenza caratteristica dello spazio libero. Onde sferiche ed onde localmente piane. Onde piane sinusoidali: lunghezza d'onda, costante di fase, pulsazione angolare. Onde piane sinusoidali: polarizzazione lineare, circolare, ellittica. Rapporto Assiale (Axial Ratio – AR).
Analisi nel dominio della frequenza: campi fasoriali, piano di polarizzazione. Equazioni di Maxwell nel dominio della frequenza. Equazioni delle onde nel dominio della frequenza. Onde piane nel dominio della frequenza: costante di fase e costante di attenuazione, impedenza carattteristica del mezzo.
Teorema di Poynting nel dominio del tempo: bilancio delle potenze istantanee. Teorema di Poynting nel dominio della frequenza. Condizioni di risonanza
Plasma freddo senza collisioni. Plasma freddo senza collisioni. Interpretazione fisica della costante dielettrica equivalente. Diagramma di dispersione per un plasma freddo senza collisioni. Battimento di due onde piane sinusoidali caratterizzate da frequenze di poco diverse: velocità di fase e velocità di gruppo. Pacchetto d'onda: analisi della propagazione in un plasma freddo senza collisioni.
Condizioni di continuità per campi ed induzioni alla superficie di separazione fra due dielettrici diversi. Onde piane all'interfaccia piana fra due dielettrici diversi: caso di incidenza normale. Coefficienti di riflessione e trasmissione per campi elettrici e campi magnetici. Onde piane all'interfaccia piana fra aria ed un mezzo conduttore: mezzi isolanti, quasi conduttori e buoni conduttori. Definizione della profondità di penetrazione del campo, effetto pelle, limite per la conducibiità tendente all'infinito, mezzo perfettamente conduttore (Perfect Electric Conductor, PEC). Condizioni al contorno alla superficie esterna di un corpo perfettamente conduttore (PEC). Onde piane incidenti obliquamente sull'interfaccia piana fra due dielettrici diversi: casi principali di polarizzazione (parallela e perpendicolare al piano d'incidenza), coefficienti di riflessione di Fresnel in polarizzazione parallela e perpendicolare, fenomeno della riflessione totale, caratteristiche delle onde superficiali, caso limite di incidenza normale, angolo di Brewster.
Linee di trasmissione: introduzione, onde TEM, analisi nel dominio del tempo. Modello circuitale di una linea di trasmissione: equazioni risolventi, onde di tensione e di corrente nel dominio del tempo, velocità di propagazione, resistenza caratteristica della linea. Linee di trasmissione nel dominio della frequenza: soluzione di tipo viaggiante e soluzione di tipo stazionario, trasformazione dell'impedenza lungo la linea. Linee di trasmissione nel dominio della frequenza, casi particolari di carico: linea chiusa in corto circuito, linea chiusa in circuito aperto, linea chiusa su un carico puramente reattivo. Linea chiusa su un carico di impedenza arbitraria. Rapporto d'Onda Stazionaria (ROS). Carta di

Smith: costruzione, uso come carta d'impedenze, uso come carta di ammettenze. Adattamento di linee di trasmissione: uso della Carta di Smith, adattamento di impedenza mediante trasformatore a lambda/4, *stub* in parallelo, *stub* in serie. Adattamento di impedenza mediante doppio e triplo *stub*.
Irradiazione elettromagnetica. Potenziali elettromagnetici: potenziale vettore e potenziale scalare. Condizione di Lorentz. Dipolo elettrico elementare: determinazione del potenziale vettore. Campo elettromagnetico generato da un dipolo elettrico elementare: contributi vicini e lontani, quasi statici e dinamici, reattivi e radiativi. Teorema di dualità. Campo elettromagnetico generato da un dipolo magnetico elementare. Principio di equivalenza di Ampére. Campo elettromagnetico generato da una spira elementare di corrente elettrica. Resistenza d'irradiazione di un dipolo elettrico elementare e di una spira elementare di corrente elettrica. Antenne filari: coefficiente di snellezza, metodo della linea di trasmissione equivalente per la stima della distribuzione di corrente. Impedenza d'ingresso di un'antenna. Definizione di "altezza efficace" in trasmissione. Parametri caratteristici delle antenne in campo lontano: altezza efficace, solido d'irradiazione, piani principali d'irradiazione, diagrammi d'irradiazione. Antenne in ricezione: circuito equivalente in ricezione, altezza efficace in ricezione, area efficace, coefficiente di depolarizzazione. Formula del collegamento radio.
Propagazione guidata: trasversalizzazione delle equazioni di Maxwell, funzioni scalari e vettoriali di modo. Modi trasversi elettromagnetici (TEM). Modi trasversi elettrici (TE) e trasversi magnetici (TM). Condizioni di propagazione e di cut-off in una guida d'onda. Diagramma di Brillouin per una guida d'onda. Determinazione della velocità di fase e di gruppo per una guida d'onda. Completezza dei modi per la rappresentazione del campo nella guida. Disaccoppiamento in potenza dei modi. Guide d’onda rettangolari: guida d’onda rettangolare standard, banda unimodale.

Bibliografia e materiale didattico

1. G. Manara, A. Monorchio, P. Nepa, Appunti di Campi Elettromagnetici, Edizioni "Il Campano", Pisa, Novembre 2011.
2. G. Conciauro, Introduzione alle onde elettromagnetiche, McGraw-Hill, Milano, 1993.
3. G. Manara, A. Monorchio, P. Nepa, Esercizi di Campi Elettromagnetici, ETS, Pisa, 2000.

Modalità d'esame

Prova scritta e prova orale.

Altri riferimenti web

E' disponibile una pagina del corso sul sito e-learning della Scuola di Ingegneria, al seguente indirizzo:
https://elearn.ing.unipi.it/enrol/index.php?id=2143

Ultimo aggiornamento 01/11/2020 11:44