



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

ANNO ACCADEMICO 2008-2009

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA PER LA REALIZZAZIONE E LA GESTIONE DEI SISTEMI AUTOMATIZZATI

SEDE DI CALTANISSETTA

Programma del corso di PRINCIPI DI INGEGNERIA ELETTRICA (CAMPI)

II ANNO – I SEMESTRE – MODULO: I – 6 CFU DI 12

DOCENTE: PROF. ING. GUIDO ALA - <http://www.dieet.unipa.it/ala/>

Elementi di analisi vettoriale. Campi scalari e vettoriali; geometria delle regioni; superfici di livello e linee vettoriali; derivata direzionale; integrale di linea e circuitazione; flusso e flusso uscente; operatori gradiente, rotore, divergenza; laplaciano; teoremi notevoli; campi conservativi e campi irrotazionali; campi conservativi del flusso e campi solenoidali; relazioni costitutive del mezzo. Tubi di flusso. Sistema di misura Internazionale. Fenomeni elettromagnetici e modelli. Approcci circuitale e campistico. Equazioni di Maxwell differenziali e integrali e relazioni costitutive dei campi.

Approccio ingegneristico all'elettrologia. Cariche elettriche, densità volumica di carica, densità superficiale di carica, cariche elettriche puntiformi, cariche libere, cariche di polarizzazione. Correnti elettriche, densità di corrente elettrica, corrente nei conduttori filiformi, legge di continuità. Amperometro.

Campo elettrico coulombiano e sue proprietà. Energia. Potenziale elettrico. Tensione elettrica e differenza di potenziale. Voltmetro. Spostamento elettrico e relazione costitutiva del campo dielettrico, legge di Gauss. Spostamento elettrico sulle superfici dei conduttori. Metallizzazione delle superfici equipotenziali. Polarizzazione dielettrica. Corrente di spostamento. Equazioni di Poisson e di Laplace. Rifrazione. Influenza elettrostatica. Principio delle immagini. Modello bipolare del condensatore; collegamenti di condensatori in regime stazionario. Forze tra le armature di un condensatore piano: pressione elettrostatica.

Esercitazione - Capacità di un elettrodo sferico. Impiego dell'equazione di Laplace per l'analisi del campo elettrostatico del condensatore piano; condensatore piano con strati dielettrici diversi.

Forze sulla superficie di separazione tra due mezzi diversi. Tronco di tubo di flusso: capacità, energia associata al campo elettrico coulombiano. Cilindro rettilineo indefinito; cilindri paralleli e indefiniti; cilindro indefinito in presenza del terreno. Cilindri paralleli e indefiniti in presenza del terreno: configurazione con più di due conduttori: capacità parziali, linea bifilare in presenza del terreno.

Esercitazione - Soluzioni analitiche per problemi di elettrostatica: sfere concentriche, cilindro rettilineo indefinito in presenza del terreno, cilindri coassiali, cilindri coassiali multistrato: provvedimenti per uniformare la sollecitazione nel dielettrico; cilindri paralleli indefiniti. Linea bifilare in presenza del terreno, calcolo delle capacità parziali. Configurazione multiconduttore.

Il campo di corrente. Fenomeni di conduzione e resistori. Resistenza di un tronco di tubo di flusso e sua rappresentazione circuitale; la legge di Ohm anche per le grandezze specifiche; energia e potenza, legge di Joule. Campo elettrico totale; forza elettromotrice. Dispositivo generatore. Sorgenti elettriche, forze elettriche specifiche generatrici. Generatore a vuoto ed a carico. Natura delle f.e.m., pila voltaica, pila termoelettrica, batteria di pile; accumulatori al piombo e alcalini, capacità di un accumulatore; rendimento. Conducibilità dei solidi; isolanti; semiconduttori; il terreno conduttore elettrico; variazione della resistività con la temperatura. Superficie di separazione conduttore ideale-dielettrico ideale: correnti di conduzione e spostamento.

Rifrazione delle linee di corrente; le leggi di Kirchhoff; resistenza di isolamento di un condensatore con dielettrico non ideale; principio delle immagini. Il campo di corrente di elettrodi semplici in regime stazionario, elettrodi sferico ed emisferico, sorgente puntiforme; sorgenti equivalenti. Principio di materializzazione delle superfici equipotenziali, parzializzazione del campo mediante superfici di flusso. Dispersore emisferico in terreno omogeneo, tensione totale di terra, resistenza di terra, tensione di contatto e tensione di passo. Sorgente di corrente linearmente distribuita, sbarra cilindrica, sbarra cilindrica in terreno omogeneo.

Esercitazione - Analisi di dispersori semplici in terreno omogeneo.

Fenomeni magnetici. La legge di Biot-Savart. Il flusso di induzione. Flusso concatenato e flusso concatenato con un circuito elettrico. Solenoidalità di B. Flusso di B concatenato con linee chiuse. Il potenziale vettore magnetico. La legge di Faraday-Neumann. Forze elettriche specifiche di natura elettromagnetica: f.e.m. trasformatorica e mozionale; forza elettrica specifica di Lorentz. Campo elettrico indotto e campo elettrico di Maxwell. Tensione elettrica lungo linee ferme ed in moto. La legge di Ampere e la legge di Ampere-Maxwell. Tensione magnetica. Potenziale scalare magnetico. Espressioni di H, B, A in mezzo uniforme. Legge dell'azione elementare. Induttore, induttanza, f.e.m. di autoinduzione, bipolo elettrico induttore: relazione costitutiva. Rifrazione. Principio delle immagini.

Esercitazione - Soluzioni analitiche per problemi di magnetostatica: conduttore rettilineo indefinito; campo H sull'asse di una spira circolare; avvolgimento toroidale; solenoide lungo e solenoide corto.

Calcolo del flusso esterno unitario per coppia di conduttori filiformi, rettilinei, indefiniti. Azioni elettrodinamiche. Fenomeni di induzione elettromagnetica. Principio di funzionamento dei convertitori elettromeccanici. Proprietà magnetiche della materia. Polarizzazione magnetica. Diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo. Isteresi magnetica. Permeabilità magnetica. Materiali magnetici dolci, duri e amorfi. Mutuo induttore. Flussi concatenati totali, flussi mutuamente concatenati, mutua induttanza; flussi dispersi e induttanza di dispersione, f.e.m. di mutua induzione; relazioni tra induttanze e mutua induttanza, coefficiente di accoppiamento, coefficienti di dispersione. Doppio bipolo mutuo induttore.

Energia magnetica in funzione delle grandezze di campo. Induttanza e mutua induttanza nelle espressioni dell'energia magnetica. Energia di circuiti filiformi. Forze ponderomotrici magnetiche, induttore isolato e mutuo induttore.

Esercitazione - Analisi del campo magnetico di un cavo coassiale tubolare. Interazioni tra conduttori percorsi da corrente e campi magnetici.

Riluttanza di tubi di flusso dell'induzione magnetica aperti e chiusi. Circuiti magnetici. Relazione tra riluttanza ed induttanza. Leggi dei circuiti magnetici. Circuito elettrico analogo. Risoluzione di problemi diretti e inversi. Circuiti con traferro. Energia magnetica al traferro. Pressione magnetica al traferro. Circuito magnetico con magnete permanente: punto di lavoro sulla curva di smagnetizzazione, prodotto di energia e sua relazione con il volume di materiale impiegato e con il valore dell'induzione al traferro. Energia dissipata nel ciclo di isteresi.

Calcoli di induttanza esterna ed interna e di mutua induttanza: circuiti filiformi, elettromagneti, conduttore cilindrico, linea bifilare. Forze ponderomotrici del campo magnetico in funzione dell'induttanza e della mutua induttanza. Forze sulla superficie di separazione di due mezzi con differente permeabilità magnetica; forza agente tra le espansioni polari di un elettromagnete con due traferri. Calcolo di correnti parassita in nucleo ferromagnetico con sezione circolare; cifra di perdita.

Esercitazione - Calcoli di induttanze e permeabilità equivalenti. Calcoli di mutue induttanze e coefficienti di accoppiamento. Analisi di circuiti magnetici: problemi diretto e inverso. Analisi semplificata di circuito magnetico di una macchina a corrente continua. Conversione elettromeccanica dell'energia.

Il campo magnetico rotante. Le equazioni di Maxwell in regime sinusoidale, permittività complessa. Effetto Kelvin (o pelle) nei conduttori cilindrici, profondità di penetrazione: considerazioni qualitative.

Bibliografia consigliata

- M. Guarnieri, A. Stella: "*Principi ed Applicazioni di Elettrotecnica*" volume primo – Edizioni Progetto Padova, 2002.
- M. D'Amore: "*Elementi di Elettrotecnica - Campi e circuiti*" - Edizioni Scientifiche SIDEREA, 1995.
- Esercitazioni fornite dal docente: <http://www.dieet.unipa.it/ala/Esercitazioni.htm>

Bibliografia di consultazione

- M. Guarnieri, G. Malesani: "*Elementi di Elettrotecnica - Elettromagnetismo Stazionario e Quasi-Stazionario*" – Edizioni Progetto Padova, 1999.