UNIVERSITÀ DI PISA

MISURE E SENSORI PER LA COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA

ALICE BUFFI

Academic year	2023/24
Course	INGEGNERIA ELETTRICA
Code	962II
Credits	6

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
MISURE E SENSORI PER LA COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA	ING-INF/07	LEZIONI	60	ALICE BUFFI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze
Il corso si propone di fornire conoscenze sui principali problemi di compatibilità elettromagnetica nei sistemi elettrici ed elettronici. Gli studenti acquisiranno competenze teoriche accanto alle conoscenze sulla strumentazione di base per le misure di compatibilità elettromagnetica. Inoltre, saranno fornite conoscenze sulle prove di emissione e immunità sia condotte che radiate e sulle modalità di schermatura.

Modalità di verifica delle conoscenze
La verifica delle conoscenze avverrà attraverso una prova orale.

Capacità
Lo studente avrà acquisito familiarità con i concetti generali delle problematiche di misura per la compatibilità elettromagnetica e dei principiali sensori impiegati.

Modalità di verifica delle capacità
Durante la prova d'esame saranno valutate le conoscenze dello studente sulla compatibilità elettromagnetica.

Comportamenti
Lo studente potrà acquisire familiarità con le misure e i sensori per la compatibilità elettromagnetica.

Modalità di verifica dei comportamenti
Durante la prova d'esame sarà verificata la capacità dello studente di saper valutare i problemi generali della compatibilità elettromagnetica.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)
Conoscenze di analisi, fisica generale, misure e elettromagnetismo.

Indicazioni metodologiche
Lezioni frontali ed alcune esercitazioni sperimentali.

Programma (contenuti dell'insegnamento)
1) INTRODUZIONE
Concetto di interferenza elettromagnetica e di compatibilità elettromagnetica - Enti normativi e standard di riferimento - Marcatura CE - Definizioni e cause di interferenza - Interferenza *intrasystem* e *intersystem*
2) LINEE DI TRASMISSIONE
Equazioni di Maxwell nel dominio del tempo - Equazione delle onde - Onda piana uniforme - Polarizzazione lineare, circolare e ellittica - Cavi e collegamenti - Dimensioni elettriche - Linee di trasmissione nel dominio del tempo - Equazione delle onde - Linee di trasmissione nel dominio della frequenza - Equazione dei telegrafisti - Soluzione di tipo viaggiante e di tipo stazionario – Adattamento di una linea - Linee con perdite - Attenuazione - Riflettometria nel dominio del tempo

3) NORMATIVA EMC
Normativa su emissioni condotte e radiate - Requisiti legislativi e del costruttore - Requisiti per Stati Uniti - Requisiti per gli altri paesi - Vincoli di

progetto

4) ANALISI SPETTRALE DI SEGNALI

Analisi spettrale di segnali - Segnali periodici - Serie di Fourier del treno di impulsi rettangolari - Proprietà della serie di Fourier - Forme d'onda lineari a tratti - Serie di Fourier del treno di impulsi trapezoidali – Inviluppi Spettrali - Sistemi lineari - Segnali non periodici

5) EMISSIONI CONDOTTE E SUSCETTIVITA' CONDOTTA

Emissioni condotte e suscettività condotta –Rete di stabilizzazione dell'impedenza (LISN) - Analizzatore di Spettro - Analizzatore a sintonia variabile - Correnti di modo comune e di modo differenziale - Filtri di alimentazione - Alimentatori e loro componenti - Misure di emissioni condotte - Suscettibilità condotta - Classificazione risultati test - Misure di immunità condotta da disturbi a radiofrequenza - Rete di accoppiamento/disaccoppiamento - Sonda di corrente ad iniezione - Misure di immunità condotta da impulsi di sovratensione (Surge) - Treni di impulsi di sovratensione (Burst) - Buchi di tensione e brevi interruzioni.

6) ANTENNE

Dipolo elettrico elementare - Antenne filari - Distribuzione di corrente e di campo di dipolo elettrico corto e dipolo a mezz'onda - Parametri antenna in trasmissione - Altezza efficace - Diagramma di irradiazione - Direttività - Guadagno - Efficienza d'antenna - Impedenza di ingresso – Calcolo resistenza di irradiazione e direttività di antenne filari - Spira elementare - Teorema di dualità - Antenne su piano di massa - Teorema delle immagini -Antenne a stilo - Polarizzazione di un'antenna - Parametri di un'antenna in ricezione - Altezza efficace in ricezione - Area efficace - Formula del collegamento

7) EMISSIONI RADIATE E SUSCETTIVITA' RADIATA

Emissioni condotte - Campo irradiato da correnti di modo differenziale - Campo irradiato da correnti di modo comune - Riduzione del livello di emissioni radiate - Misure di emissioni radiate - Fattore d'antenna - Sensori di misura di campo elettromagnetico - Bilanciamento di un'antenna filare - Antenne per misure a banda larga – Antenna biconica - Antenna Yagi-Uda - Antenna logperiodica - Suscettibilità radiata - Misure di immunità radiata da sorgenti a radio frequenza - Misure di immunità radiata da campi magnetici a 50 Hz

8) SITI DI MISURA

Siti di misura - Open site - Camera anecoica - Cella TEM - Cella GTEM

9) SCHERMI

Schermature - Shielding Effectiveness - Schermatura di sorgenti in campo lontano - Analisi in frequenza della Shielding Effectiveness - Schermi multilamina - Schermo composito - Schermo doppio - Schermatura di sorgenti in campo vicino - Sorgenti ad alta e bassa impedenza - Perdite per riflessione per sorgenti ad alta e bassa impedenza - Schermatura di sorgenti di tipo magnetico a bassa frequenza

10) ALTRI PROBLEMATICHE EMC

Scariche elettrostatiche - Circuito di scarica – Effetti delle scariche e mitigazione - Immunità hardware - Normativa 61000-4-2 - Collegamenti a massa – Cenni alla diafonia - Linee di trasmissione multi-conduttore - Diafonia nel dominio della frequenza – Mutuo accoppiamento induttivo e capacitivo - Tecniche di mitigazione diafonia - Effetti dell'esposizione a campi elettrici e magnetici - Linee guide ICNIRP - Esposizione dei lavoratori - Analizzatore di campo portatile e relative sonde - Esposizione della popolazione - Campi generati da elettrodotti

Bibliografia e materiale didattico

- Clayton R.Paul,"Introduction to Electromagnetic Compatibility", Wiley 2005.
- M. Pozar, "MicrowaveEngineering", Wiley, 2011.
- L. Stutzman, G. A. Thiele, "Antenna Theory and Design", 3rd Edition, Wiley, 2013.
- A. Balanis, "Antenna Theory", 3rd Edition, Wiley, 2005.
- Dipak L. Sengupta, Valdis V.Liepa, "Applied Electromagnetics and Electromagnetic Compatibility", Wiley, 2006.
- Kenneth L. Kaiser, "Electromagnetic Compatibility Handbook", CRC Press, 2005.
- ICNIRP Regulations 1998
- Slide fornite dal docente

Modalità d'esame

Prova orale

Ultimo aggiornamento 31/07/2023 13:17