



Lezione 01

Introduzione

Giuseppe Pelosi - Stefano Selleri
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni
Università di Firenze



Sommario della Lezione

- ❖ Programma del Corso
- ❖ Introduzione
- ❖ Testi Consigliati
- ❖ Modalità di Esame



Programma del Corso

❖ INTRODUZIONE

❖ DEFINIZIONI E CONCETTI DI BASE

- L'ambiente elettromagnetico
- Unità di Misura del campo elettromagnetico.
- Compatibilità elettromagnetica (EMC) e le problematiche di interferenza elettromagnetica (EMI).
- Immunità e suscettibilità EM.

❖ SORGENTI DI INTERFERENZA EM

- Disturbi condotti e disturbi radiati.
- Disturbi a banda larga e a banda stretta.
- Disturbi coerenti e incoerenti.
- Definizione di banda equivalente impulsiva.
- Caratterizzazione spettrale delle principali sorgenti di interferenza condotta e radiata.
- Disturbi EM impulsivi: scarica elettrostatica (ESD), fulminazione, impulso elettromagnetico nucleare (NEMP).



Programma del Corso

❖ SCHERMI ELETTROMAGNETICI

- Schermi metallici continui. Efficienza di schermaggio
- Schermi multistrato
- Schermi sottili
- Valutazione numerica dell'efficienza di schermaggio
- Aperture in schermi metallici. Schermi discontinui: Reti, superfici metalliche forate, fessure, guarnizioni.
- Schermi ferromagnetici
- Valutazione numerica delle proprietà elettromagnetiche di schermi discontinui.

❖ LINEE DI TRASMISSIONE MULTICONDUTTORE

- Modelli circuitali per l'analisi dell'accoppiamento EM
- Valutazione numerica dei parametri primari per unità di lunghezza di strutture multiconduttore.
- Cavi schermati dotati di conduttori semplici o intrecciati
- Sistemi per la limitazione di disturbi condotti
- Messa a terra di sistemi elettronici



Programma del Corso

❖ EMC IN AMBIENTI COMPLESSI

- Il fenomeno del multipath
- Valutazione della distribuzione di campo EM in ambienti complessi mediante tecniche ad alta frequenza.

❖ ANTENNE

- Sensori per misure di campi EM (Sonda isotropa, biconica, log-periodica)
- Sistemi per l'adattamento di impedenza (Balun).

❖ CENNI DI NORMATIVE



Introduzione

La **compatibilità elettromagnetica** (*Electromagnetic Compatibility* – EMC) si occupa di:

- Delineare le azioni da intraprendere in sede di progettazione e di messa in opera, per rendere un sistema elettrico o elettronico capace di operare al livello di efficienza progettato senza degradazioni dovute all'interferenza proveniente dall'ambiente operativo.
- Far funzionare correttamente un dispositivo senza che questi introduca disturbi elevati nell'ambiente circostante che possano condizionare il funzionamento dei dispositivi vicini.



Introduzione

I problemi legati alla EMC stanno assumendo un peso sempre più rilevante:

- Larga diffusione di sistemi ed apparecchiature elettriche ed elettroniche
- Evoluzione delle tecnologie analogiche e digitali

Infatti:

- L'elettronica moderna è basata su una tecnologia che richiede tensioni di soglia basse (pochi Volt)
- L'aumento della velocità dei processori comporta un utilizzo di segnali impulsivi con tempi di salita sempre più brevi con il conseguente aumento del contenuto spettrale nella banda delle radiofrequenze ed una maggiore probabilità di irradiazioni indesiderate.
- Si consideri inoltre che la realizzazione pratica dei moderni sistemi elettronici prevede un uso sempre più massiccio di materiale plastico negli involucri con conseguente riduzione dell'effetto schermante sulla circuiteria interna rispetto ai contenitori metallici.



Introduzione

la compatibilità elettromagnetica dovrebbe essere tenuta in considerazione in tutte le fasi del progetto e della realizzazione di ogni apparato.

L'approccio classico è però quello di operare controlli e *retrofit* a posteriori. Tale approccio è empirico e basato quasi totalmente sull'esperienza del tecnico, esperienza non sempre sufficiente a risolvere i problemi data la complessità dei moderni sistemi.

Un approccio alternativo è quello di predire completamente in fase di progetto quale sarà il comportamento elettromagnetico dell'apparato. Quest'ultimo approccio prevede però una modellizzazione elettromagnetica dei sistemi troppo spinta per le attuali tecniche analitiche e numeriche a disposizione.

Si rende quindi necessario un approccio combinato tra i due precedentemente illustrati. In entrambi i casi è chiaro come si renda indispensabile una solida conoscenza dei fenomeni elettromagnetici e dei meccanismi di accoppiamento dei segnali per poter realizzare dei sistemi quanto più possibile elettromagneticamente compatibili.



Introduzione

Già negli anni '20 le compagnie costruttrici di apparecchiature elettriche si interessarono al problema dell'interferenza elettromagnetica prodotta dalle prime trasmissioni radio di tipo *broadcasting*.

Negli anni '30 l'interferenza radio proveniente da apparati come, ad esempio, motori elettrici, linee di alimentazione dei binari e linee elettriche diventava un problema corrente.

Nel 1933 in Europa fu costituito il Comitato Internazionale Speciale delle Perturbazioni Radioelettriche (CISPR) che aveva il compito di standardizzare i limiti accettabili di interferenza radio ed i metodi di misura di tali interferenze.

L'avvento della Seconda Guerra Mondiale fece scemare l'interesse civile al problema; tuttavia l'ampio uso dei sistemi di telecomunicazione e degli apparati radar durante la guerra fece sì che l'interesse verso i problemi di interferenza radio crescesse notevolmente in ambito militare.

I problemi che sorgevano nelle applicazioni venivano risolti, nella maggior parte dei casi, riallocando verso l'alto le frequenze, data l'assenza totale di altre sorgenti nello spettro. Negli anni '40 furono emesse delle norme standard di misura dell'interferenza fino a 20 MHz, che divennero 30 MHz negli anni '50 e 1000 MHz negli anni '60, ma la maggior parte di questo materiale rimase riservato per un periodo molto lungo.



Introduzione

Già nei primi anni '60 le norme militari statunitensi prevedevano il rispetto per tutti gli apparati elettrici ed elettronici (dal semplice trapano al più sofisticato sistema di calcolo) di ben determinati livelli massimi di emissione.

Sempre in ambito militare veniva altresì imposta una soglia di suscettibilità a tutti gli apparati: a questo scopo venivano iniettati dei segnali interferenti di intensità prestabilita in presenza dei quali l'apparecchio doveva continuare a funzionare.

Verso la fine degli anni '70 la tecnologia digitale cominciò a sostituire quella analogica. Fu per l'aumento dei problemi legati all'interferenza prodotta dai segnali digitali che la Federal Communications Commission (FCC) negli USA pubblicò nel 1979 una regolamentazione secondo la quale tutti i dispositivi digitali dovevano emettere sotto una certa soglia.

In Europa, l'apertura del mercato comune dettava l'esigenza di una normativa comune a tutti i paesi europei. A questo scopo fu fondato nel 1973 il CENELEC (Comitato Europeo per le Normalizzazioni Elettrotecniche) che è tuttora responsabile per l'armonizzazione delle norme dei vari paesi europei.



Testi Consigliati

- ❖ Clayton R. Paul, *Compatibilità Elettromagnetica*, Ulrico Hoepli Editore, Milano, 1995

ISBN 978-88-203-2210-6



- ❖ Esame Orale, previa registrazione su di

dattica.ing.unifi.it