

ACCOPPIAMENTI ELETTROMAGNETICI MULTIMODALI IN CONTENITORI METALLICI IN PRESENZA DI PIANI CONDUTTORI

Leonardo Sandrolini, Ugo Reggiani

Dipartimento di Ingegneria Elettrica
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna,
Viale Risorgimento 2, I-40136 Bologna

Prosegue l'attività di ricerca rivolta alla messa a punto di un metodo per predire gli accoppiamenti elettromagnetici all'interno di contenitori metallici in presenza di piani conduttori.

Se si modella il contenitore metallico come una guida d'onda cortocircuitata agli estremi, si può stabilire un'equivalenza formale fra i modi di propagazione entro una guida d'onda rettangolare e le onde di corrente e tensione sulla linea di trasmissione equivalente. Le strutture irradianti e riceventi fondamentali considerate in questo studio sono conduttori rettilinei e spire, rispettivamente modellabili mediante monopoli/dipoli elettrici e dipoli magnetici, la cui posizione può essere completamente arbitraria entro il contenitore metallico. L'accoppiamento elettromagnetico può essere rappresentato in termini di circuiti equivalenti per le strutture irradianti e riceventi e di linee di trasmissione per i percorsi di propagazione della guida d'onda multimodale. Per determinare le impedenze di radiazione dei monopoli/dipoli elettrici e dei dipoli magnetici, necessarie per calcolare l'accoppiamento tra gli stessi, sono stati sviluppati modelli circuitali semi-empirici funzione dei parametri geometrici delle stesse antenne elementari [1]. Il circuito equivalente per un monopolo/dipolo elettrico consiste nella combinazione serie di un condensatore con il parallelo di un resistore, un induttore e un condensatore; quello per un dipolo magnetico si ottiene dalla combinazione parallelo del circuito equivalente di un monopolo/dipolo elettrico con un resistore ed un induttore. Modellare l'impedenza di radiazione con un circuito equivalente a parametri concentrati indipendenti dalla frequenza consente di conferire al metodo maggiore efficienza ed elasticità operativa. L'accoppiamento tra un'antenna elementare e un modo di propagazione TE o TM nel contenitore metallico è descritto da generatori pilotati che rappresentano capacità e/o induttanze mutue. La sezione della linea di trasmissione tra la sorgente e la vittima viene modellata con un doppio bipolo. Modi di propagazione di ordine superiore a quello caratterizzato dalla frequenza di taglio più bassa (TE_{10}) vengono introdotti aggiungendo al circuito rappresentativo dell'accoppiamento elettromagnetico, per ogni modo, una linea di trasmissione equivalente con generatori pilotati di corrente e di tensione e impedenze di valore opportuno. Il circuito equivalente così ottenuto può venire risolto mediante l'analisi nodale. Numerose prove sperimentali hanno consentito di validare i modelli e le procedure di calcolo adottate.

Il metodo è stato esteso per trattare gli accoppiamenti tra monopoli/dipoli elettrici in presenza di piani metallici. L'effetto che un piano metallico ha sul campo elettromagnetico incidente è analogo a quello che un'impedenza in parallelo ad una linea di trasmissione ha su un'onda di tensione nella stessa linea. Per ogni frequenza di interesse si può allora determinare l'impedenza equivalente del piano metallico, funzione della posizione dello stesso all'interno del contenitore metallico, dal coefficiente di riflessione dell'onda di tensione del modo TE_{10} [2]. Il modello è stato pure applicato per predire l'accoppiamento elettromagnetico nel caso di configurazioni critiche che presentano monopoli vicini a piani e/o piani vicini tra loro [3]. L'inserimento di un piano comporta l'aggiunta di un nodo addizionale nel circuito equivalente che rappresenta l'accoppiamento tra sorgente e vittima (vedi Fig. 1).

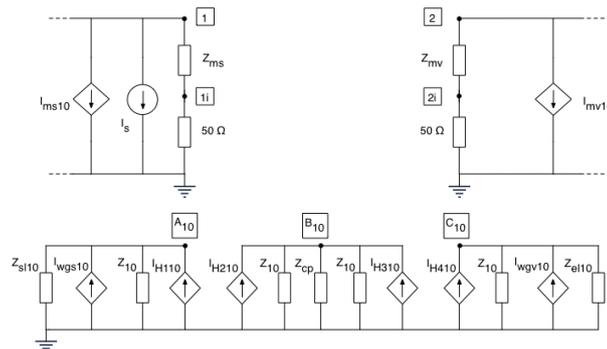


Fig. 1. Circuito equivalente che descrive l'accoppiamento elettromagnetico.

I risultati ottenuti, in buon accordo con le misure sperimentali, supportano l'impostazione teorica del metodo, come mostra la Fig. 2.

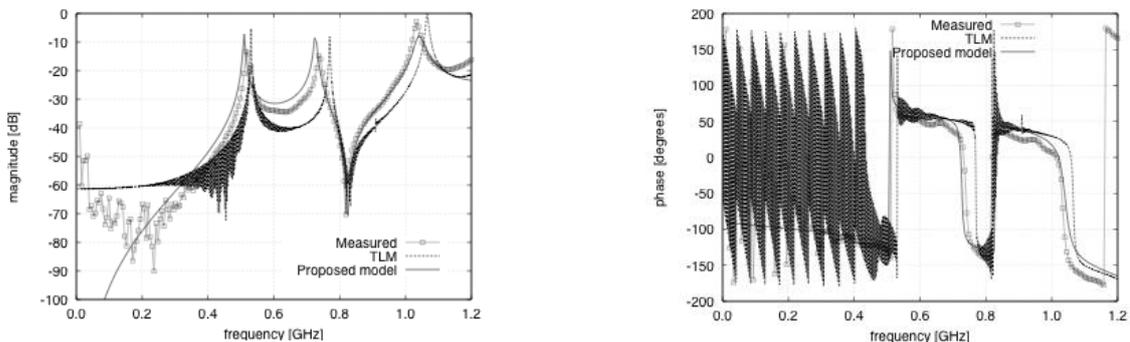


Fig. 2. Confronto tra la predizione del modello e i risultati numerici e sperimentali.

L'estensione del modello circuitale a modi di propagazione di ordine superiore è in corso di sviluppo. L'inserimento di un oggetto all'interno del contenitore comporta l'accoppiamento tra i modi di propagazione, per cui occorre determinare una matrice di impedenza che legghi i modi diretti a quelli riflessi dal piano metallico. Questa matrice, rappresentata in termini di generatori pilotati sulle linee di trasmissione che rappresentano i vari modi all'interno della guida d'onda, può essere ottenuta dalla matrice di scattering generalizzata del piano metallico.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Nanni, D. W. P. Thomas, C. Christopoulos, T. Konefal, L. Sandrolini, U. Reggiani, and A. Massarini, "Electromagnetic coupling between wires and loops inside a rectangular cavity using multiple-mode transmission line theory," in *Proc. EMC Europe 2004, International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Eindhoven, The Netherlands, September 6-10 2004, pp. 609–614.
- [2] R. Catena, U. Reggiani, L. Sandrolini, C. Christopoulos, and D. W. P. Thomas, "Modeling of electromagnetic coupling inside a metallic enclosure with conducting planes," in *Proc. Int. Conf. on Electromagnetic Compatibility, ICEMC'2005*, Phuket, Thailand, July 27-29 2005, pp. 1A-5-1–1A-5-6.
- [3] L. Sandrolini, U. Reggiani, D. W. P. Thomas, and C. Christopoulos, "Electromagnetic coupling inside enclosures with closely coupled electric monopoles and conducting planes," in *Proc. IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, EMC 2007*, Honolulu, Hawaii, USA, 9-13 July 2007, pp. 1–6.