

STUDIO DELL'INTERAZIONE ELETTROMAGNETICA DI STRUTTURE DIFFRATTIVE CONTENENTI SEMIPIANI

Guido Lombardi

Dipartimento di Elettronica
 Politecnico di Torino
 Corso Duca degli Abruzzi, 24, 10129 Torino
 e-mail: guido.lombardi@polito.it

Il problema dell'interazione elettromagnetica di strutture contenenti semipiani perfettamente conduttori e' formulato in termini di equazioni Wiener-Hopf tramite l'ausilio di circuiti equivalenti [1]. La soluzione è ottenuta tramite la fattorizzazione numerica del kernel Wiener-Hopf usando equazioni integrali di Fredholm [2].

In Figura 1.a è riportato un esempio di struttura: due semipiani paralleli opposti non sfalsati. In Figura 1.b è proposto il circuito equivalente quando un'onda piana (1) incide sulla struttura.

$$\begin{cases} \mathbf{E}_z^i = \mathbf{E}_o e^{j\tau_o \rho \cos(\varphi - \varphi_o)} e^{-j\alpha_o z} \\ \mathbf{H}_z^i = \mathbf{H}_o e^{j\tau_o \rho \cos(\varphi - \varphi_o)} e^{-j\alpha_o z} \end{cases} \quad (1)$$

k è la costante di propagazione dello spazio libero, $\tau_o = k \sin \beta$, $\alpha_o = k \cos \beta$, e β, φ_o sono rispettivamente gli angoli di incidenza zenitale, azimutale.

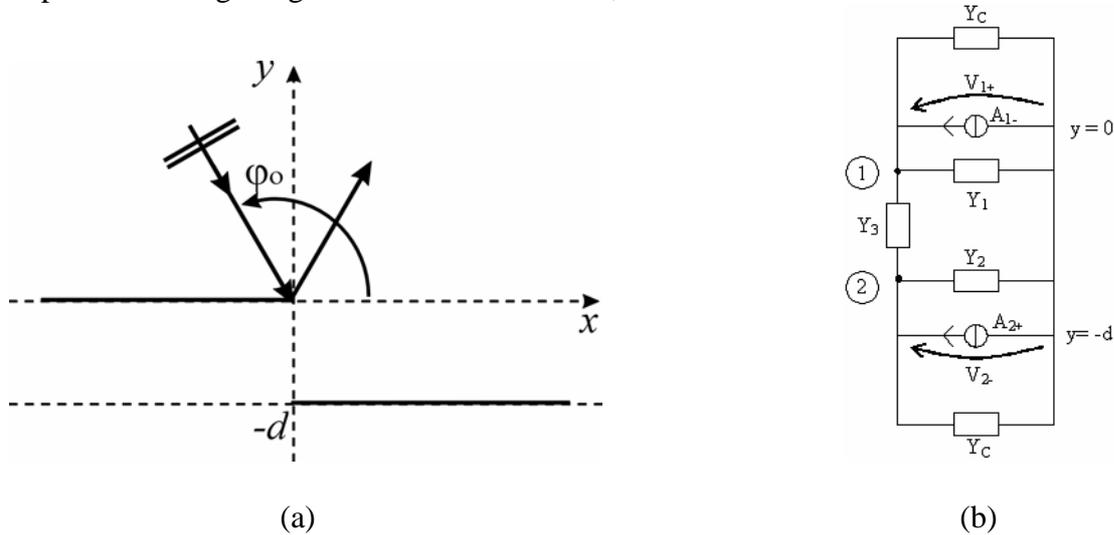


Figura 1: a) due semipiani paralleli opposti non sfalsati b) circuito equivalente

Per formulare il problema nel dominio spettrale viene applicata la trasformata di Fourier alle componenti trasversali del campo elettromagnetico (2).

$$\begin{aligned} \mathbf{V}(\eta, y) &= e^{j\alpha_o z} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{\mathbf{y}} \times \mathbf{E}_t(x, y, z) e^{j\eta x} dx \\ \mathbf{I}(\eta, y) &= e^{j\alpha_o z} \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{H}_t(x, y, z) e^{j\eta x} dx \end{aligned} \quad (2)$$

Si definisce il circuito equivalente utilizzando la definizione di impedenza caratteristica dello spazio libero che nel caso generale di incidenza obliqua è costituita da una matrice di dimensione 2:

$$\mathbf{Y}_c = \frac{Y_o}{k\sqrt{\tau_o^2 - \eta^2}} \begin{vmatrix} \tau_o^2 & -\eta \alpha_o \\ -\eta \alpha_o & k^2 - \eta^2 \end{vmatrix} \quad (3)$$

Tramite l'utilizzo dell'analisi nodale è possibile ottenere un sistema di equazioni Wiener-Hopf del tipo riportato in (4), la cui soluzione permette il calcolo nel dominio spettrale delle trasformate di Fourier dei campi totali.

$$G(\eta) \cdot F_+(\eta) = F_-(\eta) + \frac{R_o}{\eta - \eta_o} \quad (4)$$

Il problema è quindi ricondotto alla soluzione di un sistema di equazioni vettoriali Wiener-Hopf di dimensione m dove m è il numero di semipiani (nell'esempio riportato in Figura 1 $m=2$). La soluzione è ottenuta tramite la fattorizzazione del kernel Wiener-Hopf.

Spesso, in problemi pratici, non è possibile ottenere fattorizzazioni in forma chiusa; per tali problemi è quindi suggerita la fattorizzazione approssimata. La fattorizzazione numerica tramite equazioni di Fredholm di seconda specie (5) [2,3] è particolarmente efficace nel caso di kernel Wiener-Hopf relativi a problemi di interazione elettromagnetica (il kernel contiene punti di ramificazione).

$$F_+(\alpha) + \frac{1}{2\pi j} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{[G^{-1}(\alpha)G(u) - \mathbf{1}] F_+(u)}{u - \alpha} du = G^{-1}(\alpha_o) \frac{R}{\alpha - \alpha_o}, \quad \text{Im}[\alpha_o] > 0 \quad (5)$$

Ottenute le fattorizzanti e quindi le soluzioni del problema nel dominio spettrale calcoliamo il campo vicino alla struttura usando formule inverse di Fourier (2) valutate numericamente (l'accuratezza della soluzione spettrale è fondamentale per questa valutazione). Inoltre il calcolo dei coefficienti di diffrazione si ottiene applicando il metodo del punto di sella SDP [3] alle soluzioni nel dominio spettrale. Il calcolo del campo totale è ottenuto dal campo di ottica geometrica GO sommato al campo diffratto valutato tramite la teoria uniforme della diffrazione UTD [3].

La tecnica qui presentata è stata applicata efficacemente non solo a problemi contenenti più semipiani ma anche a problemi di interazione elettromagnetica con un diedro impenetrabile sulla cui superficie sono applicate condizioni di impedenza [3].

Bibliografia

- [1] Daniele V., Electromagnetic propagation in plane stratified regions, Internal Report ELT-2006, Politecnico di Torino, <http://www.eln.polito.it/staff/daniele>.
- [2] Daniele V., and G. Lombardi, "Fredholm factorization of Wiener-Hopf scalar and matrix kernels," Radio Science, 2007, Vol. 42, pp. 1-19, doi: 10.1029/2007RS003673
- [3] Daniele V., and G. Lombardi, "Wiener-Hopf solution for impenetrable wedges at skew incidence," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-54, no. 9, pp. 2472-2485, Sept. 2006, doi:10.1109/TAP.2006.880723