

CARATTERIZZAZIONE ELETTROMAGNETICA ORIENTATA AL CALCOLO NUMERICO DI MATERIALI COMPOSITI

*Francesco de Paulis**, *Hilmi Nisanci**, *Marina Koledintseva⁺*, *Antonio Orlandi**

**UAq EMC Laboratory, Dip. di Ingegneria Elettrica e dell' Informazione, Università degli Studi dell'Aquila, Via Campo di Pile, 67100, L'Aquila (AQ)*

⁺Missouri University of Science and Technology, 65409 Rolla MO, USA

La progettazione di strutture meccaniche destinate ad ospitare apparati elettrici ed elettronici, tali da assicurare predefinite caratteristiche di attenuazione ai campi elettromagnetici, deve tener conto anche dei vincoli di peso ed ingombro propri delle applicazioni per le quali sono progettate. E' in questo contesto che si inserisce la possibilità di sostituire alle pannellature metalliche altre in materiale composito a fibre di carbonio caricate con griglie o superfici continue metalliche, per ottenere un prodotto finale le cui caratteristiche meccaniche siano paragonabili a quelle di pannelli metallici. Se al rivestimento metallico di un apparato elettronico se ne sostituisce uno in composito, si espone l'apparato contenuto ad un maggior livello di interferenza elettromagnetica in quanto vengono a mancare le proprietà schermanti del materiale conduttore. Quando questo apparato si trova a bordo di una nave dove l'ambiente elettromagnetico è particolarmente aggressivo a causa delle ridotte distanze tra sistemi radianti (radar, telecomunicazione, navigazione) posti sulla stessa imbarcazione o posti su navi della stessa flotta naviganti in formazione, allora diventa essenziale una valutazione delle proprietà dei pannelli di materiale composito ai fini della schermatura elettromagnetica.

I pannelli di materiale composito sono realizzati mettendo insieme più strati di fibre di carbonio. Un modo per calcolare in maniera accurata l'efficienza di schermatura di un materiale composito è quello di approssimare il modello di strato composito anisotropo estraendo una costante dielettrica equivalente che includi le caratteristiche dielettriche e conduttive dell'intero strato [1].

Un altro modo per caratterizzare elettromagneticamente un pannello di materiale composito è quello di utilizzare il modello di Maxwell-Garnett. Tale modello viene sviluppato per materiali dielettrici contenenti particelle conduttive di forma sferica e cilindrica, ed è valido fino ad un limite (percolation threshold) in cui il materiale, nel suo insieme, inizia a comportarsi come conduttore [2]. Il modello Maxwell-Garnett è un modello teorico e viene sviluppato a partire dalla fisica e dalla geometria del materiale. L'andamento della parte reale e della parte immaginaria della costante dielettrica equivalente, però, ha un andamento simile a quello di un modello di tipo Debye del primo ordine. Il modello matematico Debye, descritto da una costante dielettrica funzione della frequenza, può essere utilizzato in simulatori elettromagnetici nel dominio del tempo in quanto tale modello soddisfa le relazioni di causalità. Supponendo di avere un pannello di materiale dielettrico omogeneo, di permittività ϵ_e , con inclusioni sferiche dielettriche di permittività ϵ_i , il modello di Maxwell-Garnett assume la seguente relazione:

$$\epsilon_{eff} = \epsilon_e + \frac{3 \cdot f \cdot \epsilon_e \cdot (\epsilon_i - \epsilon_e)}{\epsilon_i + 2 \cdot \epsilon_e - f \cdot (\epsilon_i - \epsilon_e)}$$

Si assume che la permittività del materiale dielettrico ϵ_e sia costante, mentre per le inclusioni sferiche si assume un modello Debye equivalente. Le inclusioni sferiche possono essere di

due tipi, quindi il modello Debye associato prevede la distinzione tra inclusioni non conduttive (dielettriche) e inclusioni conduttive:

- Non conduttive o dielettriche:

$$\epsilon_i = \epsilon_{\infty i} + \frac{\epsilon_{si} - \epsilon_{\infty i}}{1 + j\omega\tau_i}$$

- Conduttive:

$$\epsilon_i = \epsilon_{\infty i} - \frac{\sigma_i}{j\omega\epsilon_0}$$

Se si considerano inclusioni conduttive, e si sostituisce l'espressione di ϵ_i nel modello Maxwell-Garnett (ϵ_{eff}), dopo delle elaborazioni matematiche si possono ottenere delle espressioni dei parametri ($\epsilon_{\text{eff_D_s}}$, $\epsilon_{\text{eff_D_}\infty}$, $\tau_{\text{eff_D}}$) del modello Debye equivalente ($\epsilon_{\text{eff_Debye}}$) tale che $\epsilon_{\text{eff}} = \epsilon_{\text{eff_Debye}}$.

$$\epsilon_{\text{eff_Debye}} = \epsilon_{\text{eff_D_}\infty} + \frac{\epsilon_{\text{eff_D_s}} - \epsilon_{\text{eff_D_}\infty}}{1 + j\omega\tau_{\text{eff_D}}}$$

In figura 2 si può vedere l'equivalenza tra i due modelli in termini di parte reale e parte immaginaria della costante dielettrica efficace. Il modello equivalente Debye, estratto a partire dal modello Maxwell-Garnett, può essere così utilizzato in fase di simulazione elettromagnetica del materiale composito in esame.

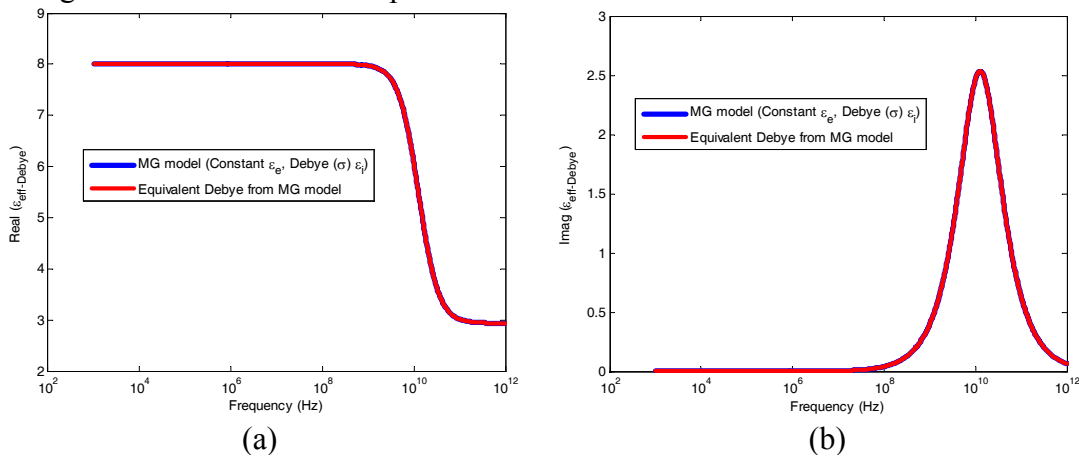


Figura 2: Costante dielettrica efficace: (a) parte reale; (b) parte immaginaria.

Referenze

- [1] C.L.Holloway, M.S.Sarto, M.Johansson, "Analyzing carbon-fiber composite material with equivalent-layer models", *IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibility*, vol.47 no. 4, November 2005.
- [2] M.Y.Koledintseva et al., "Prediction of effective permittivity of diphasic dielectrics as a function of frequency," *IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol.16 no.3, June 2009