

# ESTRAZIONE DELLA PERMITTIVITÀ COMPLESSA DI MATERIALI DISPERSIVI

*U. Reggiani, L. Sandrolini, M. Artioli, M. D. Pèrez*

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

L'attività di ricerca riguarda l'estrazione della permittività complessa di materiali dispersivi in funzione della frequenza. La permittività complessa è ottenuta per mezzo di un algoritmo stocastico di ottimizzazione del tipo "a sciame" (PSO, Particle Swarm Optimization) dalla conoscenza di una grandezza misurabile, la cui espressione analitica sia una funzione nota della permittività stessa. La validità della procedura è pertanto generale, poiché può essere applicata a differenti tecniche di misura e a diversi materiali. La procedura consente di estrarre la permittività complessa per ogni frequenza dell'intervallo di interesse, oppure nell'intero intervallo introducendone la variazione in funzione della frequenza attraverso un modello di rilassamento dielettrico (es. Havriliak-Negami, Cole-Cole, serie di Debye) di cui vengono determinati i parametri. La procedura sviluppata viene quindi utilizzata per la soluzione di un problema inverso, in quanto la permittività non è grandezza direttamente misurabile.

In particolare, la tecnica di misura considerata è del tipo a una porta, che fa uso di una sonda coassiale aperta ad una estremità e collegata a un analizzatore di rete. La grandezza misurata è il coefficiente di riflessione all'apertura, ottenuto ponendo l'estremità aperta della sonda in contatto con il materiale in prova, da cui si ricava l'ammettenza di apertura che è funzione della permittività complessa del materiale. Delle numerose espressioni analitiche presenti in letteratura per l'ammettenza di apertura si è impiegata quella di Marcuvitz, perché più facilmente integrabile e implementabile in un codice di calcolo. Questa tecnica di misura è applicabile vantaggiosamente a materiali liquidi o solidi malleabili, in quanto eventuali interstizi d'aria presenti tra l'estremità aperta della sonda e una superficie rigida potrebbero introdurre incertezze rilevanti nella misura.

Questa tecnica di estrazione, di tipo stocastico, presenta il vantaggio rispetto a tecniche di tipo deterministico di non dover introdurre un condizionamento per i valori iniziali della permittività; è quindi applicabile efficacemente a materiali di cui non si conoscono le caratteristiche elettriche. Inoltre, può essere facilmente adattata alla misura della permeabilità magnetica complessa dei materiali.

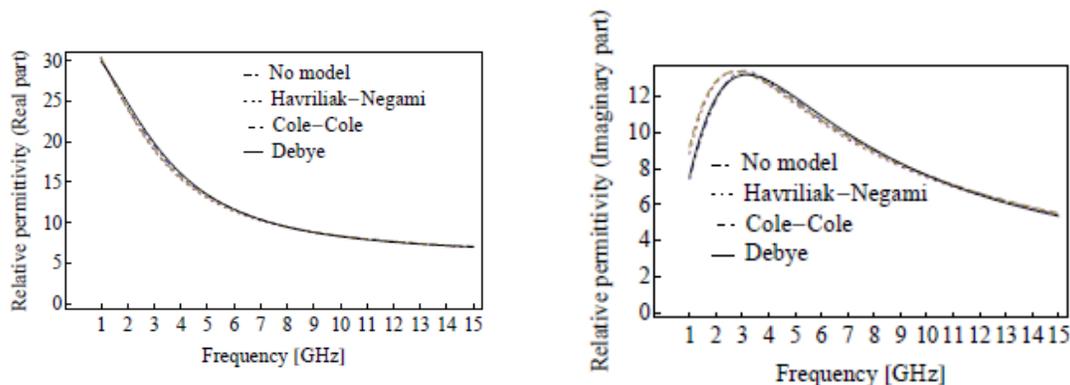


Fig. 1. Permittività complessa relativa del metanolo estratta con la procedura proposta.

La procedura è stata applicata per l'estrazione della permittività complessa del metanolo. In Fig. 1 viene mostrato il confronto fra la permittività complessa relativa ottenuta introducendo tre diversi modelli di rilassamento dielettrico (Havriliak-Negami, Cole-Cole, Debye) o senza introdurre alcun modello. Per validare la procedura proposta, l'ammettenza di apertura della sonda coassiale ottenuta sperimentalmente è stata confrontata con quella calcolata analiticamente con la formula di Marcuvitz e la permittività estratta. I risultati sono riportati in Fig. 2. Si osserva che le curve dell'ammettenza di apertura, mostrate in Fig. 2, sono quasi sovrapposte poiché le curve della permittività complessa relativa in funzione della frequenza, ottenute con o senza modello di rilassamento dielettrico, sono molto vicine tra loro, come è evidente dalla Fig. 1.

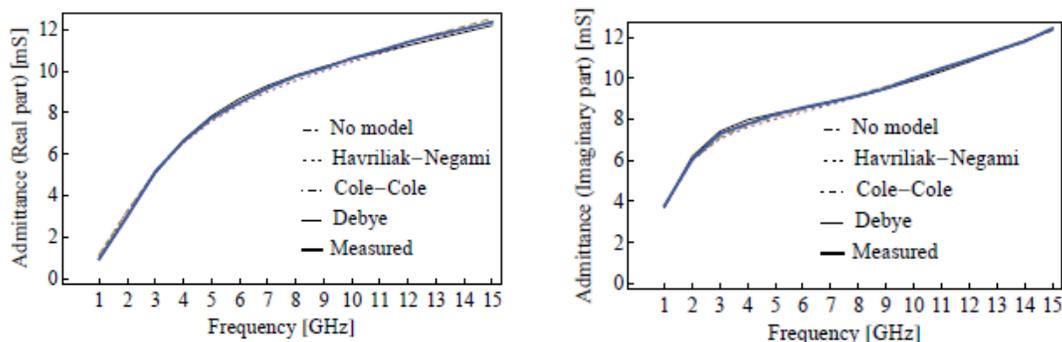


Fig. 2. Ammettenza di apertura della sonda coassiale misurata e calcolata con la permittività estratta.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Artioli, M. D. Pèrez, U. Reggiani, L. Sandrolini, "Particle swarm optimization method for complex permittivity extraction of dispersive materials," in *Proc. 2010 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC 2010)*, Beijing, China, Apr. 12-16, 2010, pp. 911-914.
- [2] M. Artioli, M. D. Pèrez, U. Reggiani, L. Sandrolini, "Extraction of the complex permittivity of dispersive materials with a stochastic optimization technique," in *Proc. 26th International Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics (ACES 2010)*, Tampere, Finland, Apr. 26-29, 2010, pp. 18-23.
- [3] M. Artioli, U. Reggiani, L. Sandrolini, "Determination of the complex permittivity of dispersive materials without assuming a dielectric relaxation model," accettato per la presentazione a EMC Europe 2010, Wroclaw, Poland, Sept.13-17, 2010.