

# ANALISI NEL DOMINIO DEL TEMPO DI ANTENNE FILIFORMI DI GEOMETRIA COMPLESSA.

S. Chiarandini\*, G. Cerri, D. De Petris

Dipartimento di Elettronica & Automatica, Università di Ancona  
via Breccie Bianche 60121, Ancona

\* Elettronica Aster S.p.A.  
via Longoni 108, 20030 Barlassina (MI)  
s.chiarandini@ee.unian.it

## Abstract

*The marching on in time solution of the Electric Field Integral Equation (EFIE) is proposed to study arbitrarily bent wire antennas, realized as a combination of different radiating systems: helices, loops, monopoles. The method is particularly suitable for CAD packages, because it allows us to achieve the input impedance, that is the most critical antenna parameter, over a wide frequency range, with a modest computational effort. Some results are presented and comparison with measurements show good agreement.*

## Introduzione

Il Metodo dei Momenti (MoM) è una delle tecniche più potenti per la risoluzione di problemi elettromagnetici complessi nel dominio della frequenza. La formulazione nel dominio del tempo di questo metodo [1] sta assumendo una diffusione sempre maggiore perché consente di analizzare direttamente fenomeni transitori [2] e produce un algoritmo numerico iterativo che la rende particolarmente adatta ad essere integrata con altre tecniche numeriche per ottenere efficienti metodi ibridi [3-4].

In questa trattazione la versione ‘marching on in time’ del MoM viene utilizzata per la analisi a larga banda di antenne filiformi di geometria complessa alimentate con segnali impulsivi, che può essere ottenuta in modo molto efficiente dopo una unica simulazione seguita dalla applicazione della FFT (Fast Fourier Trasform) ai risultati ottenuti nel dominio del tempo.

Le antenne proposte come esempio di applicazione di questa tecnica sono costituite da antenne ad elica semplice o combinazioni di eliche con dipoli dritti. La scelta di queste particolari strutture deriva dalla loro diffusione nelle applicazioni di telefonia cellulare [5] per ottenere strutture dual band. Infatti il metodo proposto consente di analizzare in maniera efficiente le antenne ad elica che operano nella condizione di modo ‘normale’ di radiazione [6], usate tipicamente nella telefonia cellulare, e molto meno studiate rispetto al più noto modo ‘assiale’ di radiazione, proprio delle applicazioni satellitari di queste strutture [7]. La possibilità di ottenere risultati accurati con un modesto carico computazionale è di rilevante importanza nella realizzazione di tecniche di sintesi delle strutture considerate basate sullo sviluppo di analisi parametriche delle stesse, ottenute variandone geometria e dimensioni.

## Formulazione del problema

La geometria del problema è rappresentata da un'antenna filiforme di forma arbitraria alimentata da un generatore di tensione. L'obiettivo è la determinazione della distribuzione di corrente lungo il filo conduttore, considerato ideale. L'approccio analitico scelto per lo studio di questo problema si basa sulla soluzione, attraverso il MoM nel tempo, dell'equazione integrale del campo elettrico (EFIE), ottenuta imponendo l'annullamento del campo elettrico tangenziale al conduttore, che, espressa in coordinate curvilinee, assume la seguente forma:

$$\bar{E}^i(s,t) \cdot \hat{s} = \frac{\mathbf{m}}{4\pi} \frac{\partial}{\partial t} \int_{C(\bar{r})} \frac{I(s',t)}{R} \hat{s} \cdot \hat{s}' ds' - \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{\partial}{\partial s} \int_{C(\bar{r})} \left[ \int_{-\infty}^t \frac{\partial I(s', \mathbf{x} - \frac{R}{c})}{\partial s'} \frac{1}{R} d\mathbf{x} \right] ds' \quad (1)$$

dove  $E^i(s,t)$  è il campo elettrico forzante dovuto all'alimentazione e  $I(s,t)$  è la distribuzione di corrente incognita.

L'uso di questa formulazione, associata alla segmentazione della struttura in elementi dritti, conduce ad un modello in cui l'antenna può essere rappresentata come composta dalla sovrapposizione di dipoli elettrici elementari ciascuno caratterizzato da una posizione e da una direzione nello spazio, definite in maniera opportuna. Le coordinate  $x, y, z$  che rappresentano la posizione di ciascun dipolo elettrico e la sua direzione, sono espresse in termini della coordinata curvilinea  $s$  in accordo con l'equazione analitica che rappresenta la geometria del tratto di curva in cui esso giace.

L'approccio diretto nel dominio del tempo aumenta l'efficienza numerica della procedura in termini di tempo di calcolo e memoria, in quanto, a differenza della formulazione in frequenza, non richiede alcuna inversione di matrice.

I vantaggi legati alla scelta della formulazione nel tempo possono essere effettivamente ottenuti solo scegliendo in maniera opportuna i parametri chiave che influenzano la stabilità numerica e la convergenza della soluzione, aspetti particolarmente critici in questo tipo di approccio [8].

## Risultati

La tecnica proposta è stata applicata all'analisi di due strutture tipiche utilizzate nella telefonia cellulare: una antenna ad elica semplice e una antenna dual-band elica-monopolo su un piano di massa ideale (Fig.1).

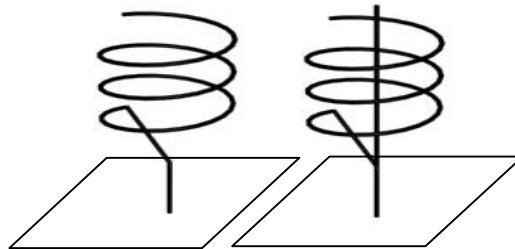


Fig. 1 Geometrie analizzate: antenna ad elica semplice (a sinistra), antenna dual-band elica-monopolo (a destra)

Queste antenne sono state realizzate e misurate e il confronto dei risultati teorici e sperimentali è mostrato nel seguito.

La figura 2, mostra l'andamento in frequenza dell'impedenza di ingresso di una antenna ad elica semplice a 5 avvolgimenti, con un diametro di base di 1.1 cm, pitch angle di 25° e raggio del filo di 0.5 mm, caratterizzata da una connessione a tratto dritto con l'alimentazione assiale. Il buon accordo teoria-esperimento si mantiene sull'intero range di frequenza analizzato, sia nella regione di modo 'normale', caratterizzata dal tipico comportamento risonante della struttura, che nella regione di modo assiale.

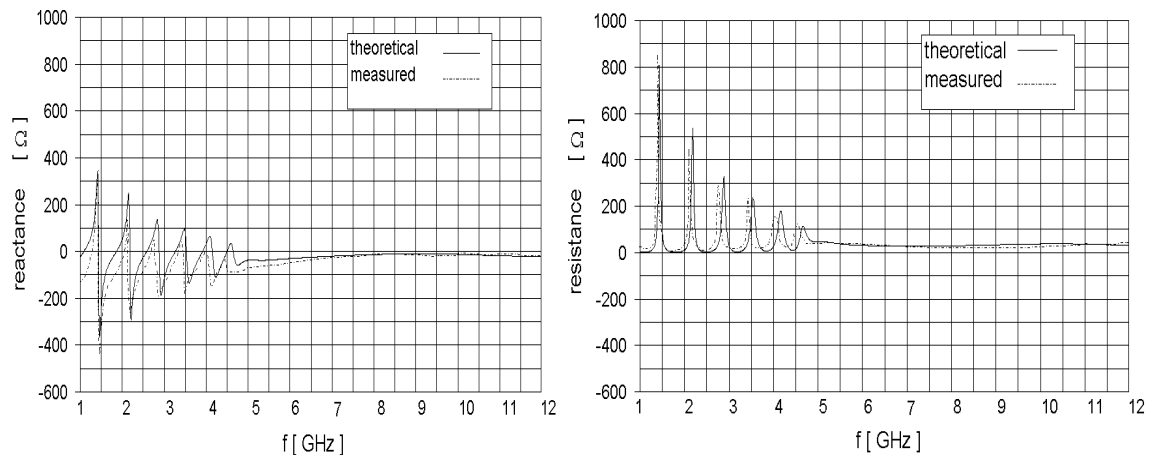


Fig. 2 Impedenza di ingresso al variare della frequenza per l'antenna ad elica semplice: reattanza (a sinistra) e resistenza (a destra).

La antenna dual-band analizzata è composta da un'elica a 2 avvolgimenti, con un diametro di base di 1.5 cm e passo di 1.5 cm, e da un monopolo dritto posto al centro di lunghezza 3.9 cm, il raggio del filo è di 0.5 mm.

La figura 3 mostra il confronto teorico-sperimentale sul return-loss di questa struttura al variare della frequenza, evidenziando il comportamento dual-band. Il leggero scostamento nelle posizioni dei minimi misurati e calcolati è dovuto alle tolleranze meccaniche sulla lunghezza fisica delle due strutture che compongono l'antenna realizzata.

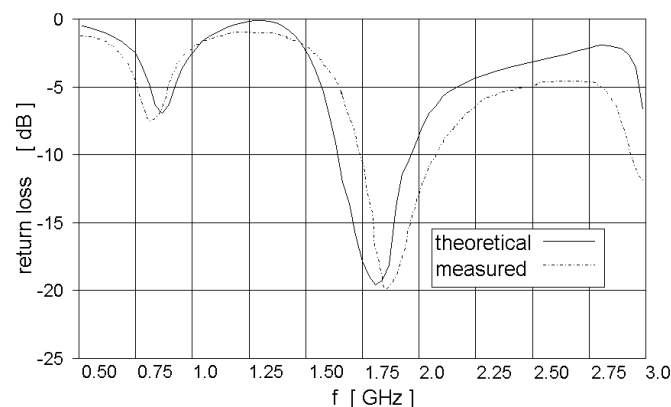


Fig. 3 Return Loss al variare della frequenza per la struttura dual-band.

## Conclusioni.

Il metodo proposto è risultato efficiente e flessibile per la analisi a larga banda di antenne filiformi di geometria complessa. La accuratezza dei risultati ottenuti rende la formulazione proposta affidabile e adatta alla definizione di criteri generali di sintesi, basati sullo studio parametrico della struttura. Tali criteri, che sono stati validati nel corso di questa ricerca, risultano espressi in termini di relazioni che legano le dimensioni fisiche delle varie strutture elementari che compongono ciascuna antenna analizzata. Questa ricerca è in corso di ulteriore sviluppo per la definizione di una tecnica di sintesi basata sull'uso di appropriati database ottenuti tramite la analisi parametrica della struttura, e sull'applicazione di metodi di ottimizzazione.

## Bibliografia.

- [1] Rao S., Sarkar T., Dianat S., 'A Novel Technique to the Solution of Transient Electromagnetic Scattering from Thin Wires', *IEEE Trans. on Ant. and Prop.*, vol. AP-34, N° 5, 630-634, May 1986
- [2] A.G. Tijhuis, Z.Q. Peng, 'Transient Excitation of a Straight Thin-Wire Segment: a New Look at an Old Problem', *IEEE Trans. on Ant. and Prop.*, vol. 40, N° 10, pp 1132-1146, Oct. 1992
- [3] Cerri G., Chiarandini S., Russo P., Schiavoni A., "Electromagnetic Coupling Between Arbitrarily Bent Wires and Scatterers Analysed by a Hybrid MoMTD/FDTD Approach", *IEE Proceedings on Microwaves, Antennas and Propagation*, vol.147, N°4, 261-266, August 2000.
- [4] Rubio Bretones, A., Mittra, R., Gómez Martín, R.: 'A hybrid technique combining the Method of Moments in the time domain and FDTD'. *Microwave and guided wave letters*, vol.8, N°8, 281-283, (1998)
- [5] P. Haapala, P. Vainikainen, P. Erätuuli, 'Dual frequency helical antennas for handsets', *IEEE Vehicular Technology Conference*, vol.1, pp.336-338, 1996
- [6] S. H. Zainud-Deen, K .H. Awadalla, H. A. Sharshar, 'Analysis of normal mode helical antenna on a finite ground plane', *IEEE APS Symp. Digest*, vol.4 pp.1879-1882 1995
- [7] J. D. Kraus, 'Antennas', McGraw-Hill Book Company, New York, 1950
- [8] G. Cerri, S. Chiarandini, P. Russo, 'Numerical aspects in time domain modelling of arbitrarily curved thin wire antennas' *Int. J. Numerical Modelling*, Vol. 12, No. 4, pp.245-256, July-August 1999.