

ANTEN ELEMANLARI ARASI KARŞILIKLI BAĞLAŞIMIN İNCELENMESİ

R. Cüneyt Acar¹ ve Gülbin Dural²
1:HC-AEDM ASELSAN A.Ş.-Turkey
e-mail: rcacar@aselsan.com.tr

2:METU Dept. of Electrical and Electronics Eng., 06531 Ankara-Turkey
e-mail: gulbin@metu.edu.tr

Özet: Bu makalede, çok katmanlı silindirik yapı üzerindeki iki mikroşerit arasındaki karşılıklı bağlaşım, MoM ile birlikte kapalı formdaki Green fonksiyonlar kullanılarak incelenmektedir. MoM matris elemanlarının hesaplanmasında, kaynak ve gözlem açıları $(\phi \text{ ve } \phi')$ yakınlığına bağlı bir karma metod kullanılmaktadır. Bağlaşımın hesaplanmasında eğer ϕ açısı ϕ' açısına yakın değilse, matris elemanları hesaplanmasında kapalı formdaki Green fonksiyon kullanılmaktadır. Eğer ϕ açısı ϕ' açısına yakınsa, spektral uzaydaki Green fonksiyonlarının yakınsama probleminden dolayı, $\phi - \phi'$ fark terimi MoM'da katlanma integralinin içine spektral uzayda dahil edilerek MoM matris elemanları hesaplanmıştır. Ayrıca, karşılıklı bağlaşım empedansı Z_{21} ve karşılıklı bağlaşım katsayısı S_{21} hesaplanmış ve bu değerlerin H-düzlem için ϕ yönündeki aralarındaki uzaklığa bağlı olarak grafikleri elde edilmiştir.

1. Giriş

Çok katmanlı baskı devre geometrileri, yüksek frekans devre elemanları veya düşük profilli antenler olmak üzere geniş çeşitlilikte uygulamalar içermektedir. Bu geometrilerin sıkı analizlerinde, Momentler Yöntemi (Method of Moments, MoM) tekniği, sonlu elemanlar ve sonlu farklar zaman uzay metodu gibi diğer numerik tekniklere göre literatürde daha geniş yer bulmaktadır.

Momentler Yönteminde matris elemanlarının numerik hesaplanması, Sommerfeld integralinin gerçek uzaydaki numerik integral alımı nedeniyle çok zaman almaktadır. Bunun sebebi, Sommerfeld integralinin doğasındaki salınım ve spektral uzay Green fonksiyonlarının yavaş azalma doğası olarak açıklanabilir. Kapalı formdaki Green fonksiyonları, MoM matris elemanlarının hesaplanmasındaki numerik verimsizliği düzeltmek için kullanılabilir. Kapalı formdaki Green fonksiyonları, spektral uzaydaki Green fonksiyonun deforme edilmiş bir yolun tümleyici iki bölümü üzerinde karmaşık üstel fonksiyonlarla yaklaşılaştırılması ve bu üstel fonksiyonların analitik olarak gerçek uzaya dönüştürülmesi ile elde edilir.

Bu makalede, çok katmanlı silindirik yapı üzerindeki iki mikroşerit eleman arasındaki karşılıklı bağlaşım, MoM ile birlikte kapalı formdaki Green fonksiyonlar kullanılarak incelenmektedir. MoM matris elemanlarının hesaplanmasında, ϕ 'nin ϕ' 'ne yakınlığına bağlı bir karma metod kullanılmaktadır.

2. Teori

Şekil 1'deki gibi 3-katmanlı silindirik bir yapının üzerine iki dar şeridin $\rho = a_1$ yarıçapında yerleştirilmiş olduğunu düşündüğümüzde, gerçek uzayda aşağıdaki gibi bir MoM matris denklemi yazılabilir

$$\begin{bmatrix} \langle J_{m1}, \bar{G}^* J_{n1} \rangle & \langle J_{m1}, \bar{G}^* J_{n2} \rangle \\ \langle J_{m2}, \bar{G}^* J_{n1} \rangle & \langle J_{m2}, \bar{G}^* J_{n2} \rangle \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{n1} \\ a_{n2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\langle J_{m1}, \bar{G}^* J^s \rangle \\ -\langle J_{m2}, \bar{G}^* J^s \rangle \end{bmatrix} \quad (1)$$

* katlanma işlemini, J^s bilinen kaynak akım dağılımını, J_{m1} , J_{n1} ve J_{m2} , J_{n2} ilk ve ikinci şeritin test ve baz fonksiyonlarını sırasıyla göstermektedir.

(1)'deki matris elemanları (2)'deki formda yazılabilir

$$Z_{mn} = \iint dz d\phi J_{mz}(z, \phi) \iint dz' d\phi' G_{zz}(z-z', \phi-\phi') J_{nz}(z', \phi') \quad (2)$$

Galerkin metodu uygulandığında, test ve baz fonksiyonları z yönünde üçgensel fonksiyonlar olarak seçildiğinde, $u=z-z'$ ve $v=\phi-\phi'$ değişimleri uygulandığında, (2) denklemi (3)'teki gibi yazılabilir

$$Z_{mn} = \iint dz d\phi \iint du dv G_{zz}(u, v) J_{mz}(z, \phi) J_{nz}(z-u, \phi-v) \quad (3)$$

(4)'te verilen kapalı formdaki Green fonksiyonu G_{zz} [1], (3)'e yerleştirildiğinde, (5) elde edilir

$$G_{zz}(u, v) = \frac{1}{2\pi} \int dk_z e^{jk_z(z-z')} \sum_n G_{zz}^n(\rho=\rho', k_z) e^{jn(\phi-\phi')} \quad (4)$$

$$Z_{mn} = \iint dz d\phi \iint du dv \left\{ \frac{1}{2\pi} \int dk_z e^{jk_z(z-z')} (\sum G_{zz}^n e^{jn(\phi-\phi')}) \right\} J_{mz}(z, \phi) J_{nz}(z-u, \phi-v) \quad (5)$$

J_{nz} akım dağılımı, $J_{nz} = T_{nz}(z) P_{nz}(\phi)$ ifadesindeki gibi, z yönünde üçgensel fonksiyonun ve ϕ yönünde darbe fonksiyonunun çarpımı şeklinde ifade edildiğinde, integrallerin sırası değiştirildiğinde, (6) elde edilir

$$Z_{mn} = \iint du dv \left\{ \frac{1}{2\pi} \int dk_z e^{jk_z u} (\sum G_{zz}^n e^{jn(\phi-v)}) \right\} \int d\phi P_{m\phi}(\phi) P_{n\phi}(\phi-v) \left(\int dz T_{mz}(z) T_{nz}(z-u) \right) \quad (6)$$

(6)'daki son integral, konvolüsyon integrali, analitik olarak hesaplanır. Matris elemanı Z_{mn} 'nin geri kalan hesaplanmasında karma bir metod kullanılır:

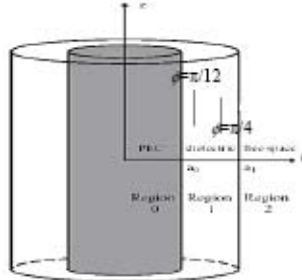
- Eğer ϕ açısı ϕ' açısına yakın değilse, ϕ integrali ve kapalı formdaki green fonksiyonu G_{zz} bağımsız hesaplanır;
- Eğer ϕ açısı ϕ' açısına yakın ise, (6)'dan elde edilen (7) kullanılarak hesaplama şöyle yapılır: ilk başta, ϕ integrali alınır, çıkan sonuç $\phi-\phi' = v$ integralinin içerisinde kullanıldıktan sonra, kapalı form Green's fonksiyon metodu kullanılarak spektral k_z integrali hesaplanır.

$$Z_{mn} = \int du \left\{ \frac{1}{2\pi} \int dk_z e^{jk_z u} (\sum G_{zz}^n \int dv e^{jnv} (\int d\phi P_{m\phi}(\phi) P_{n\phi}(\phi-v))) \right\} \left(\int dz T_{mz}(z) T_{nz}(z-u) \right) \quad (7)$$

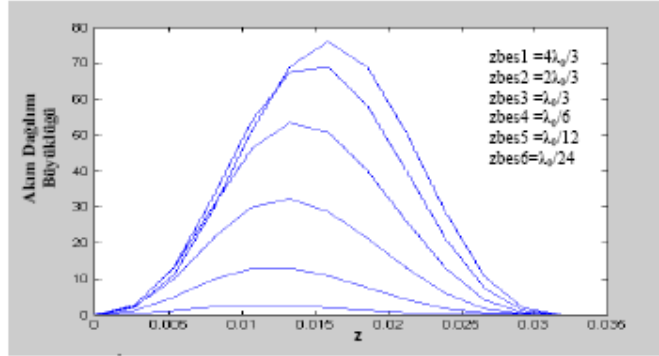
3. Uygulama

Şekil.1'deki gibi 3-katmanlı bir silindirik yapıdaki iki dar şeridin arasındaki bağlaşım, önceki bölümdeki önerilen metod kullanılarak hesaplanmıştır.

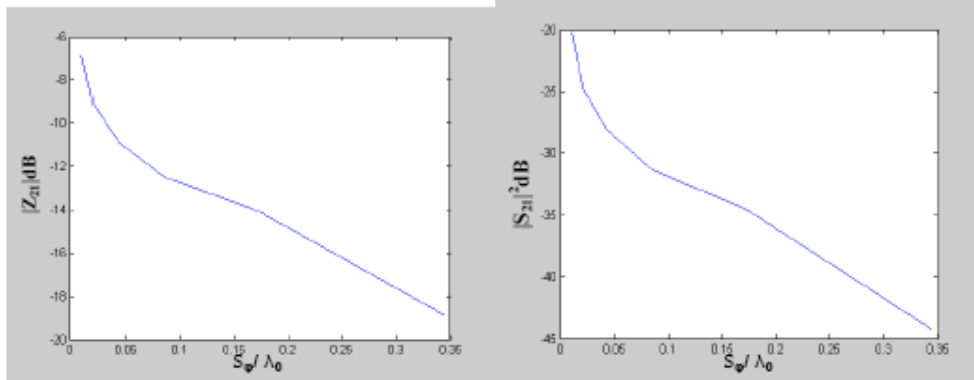
Birinci ve ikinci strip $\rho = a_1$ üzerinde sırasıyla $\phi = \pi/12$ ve $\phi = \pi/4$ 'te yerleştirilmişlerdir. Kaynak olarak prob kullanılmıştır. Her bir şerit eşit genişlikte ve $\lambda_0/2$ uzunluğundadır. Şekil.2, ilk şerit üzerindeki akım dağılımlarını, Şekil.3 ise H-düzlem için Bağlaşım Empedansı Z_{21} ve Bağlaşım Katsayısı S_{21} 'sını göstermektedir.



Şekil 1. 3 katmanlı silindirik yapı, Bölge 0: İdeal İletken, Bölge 1: $\epsilon_r = 2.3$, $\mu_r = 1$, Bölge 2: hava, $a_0 = 20\text{mm}$, $a_1 = 21\text{mm}$



Şekil 2. İlk şerit üzerindeki besleme noktalarına bağlı akım dağılımı



Şekil 3. H-düzlem için Bağlaşım Empedansı Z_{21} ve Bağlaşım Katsayısı S_{21}

4. Sonuç

Bu makalede, çok katmanlı silindirik yapı üzerindeki iki mikroşerit eleman arasındaki karşılıklı bağlaşım, MoM ile birlikte kapalı formdaki Green fonksiyonlar kullanılarak incelenmektedir. Çok katmanlı silindir yapılarıdaki karşılıklı bağlaşım uygulamalarında MoM matris elemanlarının hesaplama verimi, karma metodumuz kullanılarak önemli derecede artırılmıştır. Ayrıca, karşılıklı bağlaşım empedansı Z_{21} ve karşılıklı bağlaşım katsayısı S_{21} hesaplanmış ve bu değerlerin H-düzlem için ϕ yönündeki aralarındaki uzaklığa bağlı olarak grafikleri elde edilmiştir.

5. Kaynaklar

- [1]. Ç. Tokgöz, G. Dural, "Closed-form Green's functions for Cylindrically Stratified Media," IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, Cilt 48, No. 1, Ocak 2000.
- [2]. N. G. Alexopoulos ve A. Nakatani, "Cylindrical substrate microstrip line characterization," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Cilt MTT-35, s.843-849, Eylül 1987.
- [3]. Jin Sun, Chao-Fu Wang, Le-Wei Li, Mook-Seng Leong, "Further Improvement for Fast Computation of Mixed Potential Green's Functions for Cylindrically Stratified Media" IEEE Trans. Antennas Propagat., Cilt 52, No.11, s. 3026-3036, Kasım 2004.
- [4]. V.B. Ertürk, R.G.Rojas, "Efficient Analysis of Input Impedance and Mutual Coupling of Microstrip Antennas Mounted on Large Coated Cylinders", IEEE Trans. On Antennas and Propagation, Cilt.51, No.4, April 2003.
- [5]. R.G.Rojas ve C.Demirdağ, "Mutual coupling calculations on a dielectric coated PEC cylinder using a UTD-based Green's Function" IEEE Trans. On Antennas and Propagation, s. 1525-1528, 1997.