

Sonlu Dielektrik Katmanı ve Yer Düzleminin Mikroşerit Antenin Giriş Empedansına Olan Etkisi**

Gölge Ögücü, Lale Alatan*, Özlem Aydın Civi*
Gaziantep Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
27310 Gaziantep
ogucu@gantep.edu.tr

*ODTÜ
Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
06531 Ankara
lalatan@metu.edu.tr, ozlem@metu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, sonlu dielektrik katman ve yer düzlemi üzerine yerleştirilmiş yatay elektrik dipol için daha önce bulunmuş olan yaklaşık Green fonksiyonların, mikroşerit yama antenlerin moment metodu (MoM) yöntemi ile analizinde kullanımı özetlenmiştir. Geliştirilen yazılım ile elde edilen antenin giriş empedans ve rezonans frekans değerleri literatürdeki ölçüm sonuçları ve sayısal sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

1. Giriş

Mikroşerit antenlerin sayısal analizinde sıklıkla kullanılan bir yöntem moment metodu (MoM) formülasyonudur. MoM kullanılarak yapılan analizlerde, genellikle dielektrik ve yer tabakalarının sonsuz olduğu varsayılır. Ancak birçok uygulamada, mikroşerit antenin yerleştirildiği dielektrik tabaka ve yer düzlemi küçük bir alanı kaplamaktadır. Bu nedenle sonlu yapının daha doğru modellenmesi, sonlu yer düzleminin ve dielektrik tabakanın anten parametreleri üzerindeki etkilerini öngörebilmek için önemlidir. Sonlu yapının MoM formülasyonunda sonsuz yapının Green fonksiyonları yerine dielektrik tabakanın ve yer düzleminin sonlu olduğu yapının Green fonksiyonları kullanılırsa daha doğru sonuçlar elde edilir. Sonlu yapı üzerine yerleştirilmiş yatay elektrik dipolünün (YED) vektör ve skalar potansiyelleri için geliştirilen kapalı formdaki yaklaşık Green fonksiyonları bu bildirinin yazarları tarafından daha önceki çalışmalarda sunulmuştur [1]-[2]. Geliştirilen yöntem, yüzey dalgalarının sonlu yapının kenarlarından olan saçınımının sonsuz yapı için bilinen Green fonksiyonlarına eklenmesine dayanır. [1]-[2]'de yüzey dalgalarının saçınımını modellemek için kenar geçirisi yöntemi kullanılmış, sonra bulunan kenar geçirisi değerleriyle yansıma katsayıları hesaplanmıştır. Yansıma katsayıları genelleştirilmiş fonksiyon kalem (Generalized Pencil of Function - GPOF) yöntemi kullanılarak kompleks üsteller cinsinden açılmış, böylelikle yansıyan yüzey dalgaları kapalı formda yazılmıştır. Bu şekilde değiştirilen Green fonksiyonları karmaşık görüntülerin (complex images) ve gelen ve yansıyan yüzey dalgaların katkılarının toplamı şeklinde kapalı formda ifade edilmiştir.

Bu çalışmada, [1]-[2]'deki yaklaşık Green fonksiyonları, mikroşerit yama anten için elde edilmiş karma-potansiyel integral denklemlerinin (MPIE) MoM formülasyonunda kullanılmıştır. Bu formülasyon kullanılarak yama antenin mikroşerit hatla beslendiği durumlar için giriş empedansı ve rezonans frekansı farklı dielektrik katmanı ve yer düzlemi büyüklükleri için elde edilmiştir ve literatürdeki sayısal ve ölçüm sonuçlarıyla [3]-[4] karşılaştırılmıştır.

2. Green Fonksiyonları

Sonlu yapıdaki problemleri incelemek için yüzey dalgalarının sonlandırılmış dielektriğin kenarından olan yansımalarını içeren yaklaşık Green fonksiyonları yazarların daha önceki çalışmalarda sunulmuştur [1]-[2]. Bu yolla bulunacak vektör ve skalar potansiyellerin yaklaşık Green fonksiyonları şu şekilde ifade edilebilir:

**Bu çalışma TÜBİTAK tarafından EEEAG 100E015 projesi kapsamında desteklenmiştir.

$$G = G_{-sw} + G_{sw} + G_{sw}^{ref} = \sum_{n=1}^N a_n \frac{e^{-jk_s r_n}}{r_n} + \frac{1}{4\pi} (-2\pi j) \sum_{i=1}^{N_p} k_{\rho p(i)} H_0^{(2)}(k_{\rho p(i)} \rho) \text{Res}(k_{\rho p(i)}) + \frac{1}{4\pi} (-2\pi j) \sum_{k=1}^4 \sum_{i=1}^{N_p} \sum_{n=1}^{N_{ref}} \beta_n k_{\rho p(i)} H_0^{(2)}(k_{\rho p(i)} \rho_{kn}) \text{Res}(k_{\rho p(i)}) \quad (1)$$

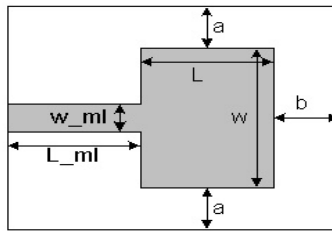
Burada $H_0^{(2)}$ ikinci tür sıfıncı derece Hankel fonksiyonunu, G_{sw} yüzey dalganın katkısını, G_{sw}^{ref} yansıyan yüzey dalganın katkısını ve G_{-sw} de Green fonksiyonunun geriye kalan kısmını göstermektedir. Denklem 1'deki ilk toplama iki-kademeli yaklaşıklama (two-level approximation) yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır ve $r_n = \sqrt{x^2 + y^2 - \alpha_n^2}$. a_n ve α_n sırasıyla frekans uzayındaki Green fonksiyonun karmaşık üsteller cinsinden açılımındaki katsayı ve üsteli ifade etmektedir. İkinci toplam ifadesi yüzey dalgası içindir. Burada $k_{\rho p}$ yüzey dalganın dalga sayısı, Res ise rezidüsüdür. N_p ise yüzey dalga kutbunun sayısıdır. Son toplam ifadesi ise yansıyan yüzey dalgasının katkısı içindir [2]. k değişkeni üzerinden yapılan toplama 1 ve 4 arasında değişmektedir ve sonlu dielektriğin dört kenarından olan yansımaları ifade etmektedir. Burada

$$\begin{aligned} \rho &= \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2}, \\ \rho_{1n} &= \sqrt{(x-x')^2 + (2a - (y+y') - j\alpha_n)^2}, \rho_{2n} = \sqrt{(x-x')^2 + (2a + (y+y') - j\alpha_n)^2}, \\ \rho_{3n} &= \sqrt{(2b - (x+x') - j\alpha_n)^2 + (y-y')^2}, \rho_{4n} = \sqrt{((x+x') - j\alpha_n)^2 + (y-y')^2} \end{aligned} \quad (2)$$

Denklem (2)'deki α_i ve Denklem (1)'deki β_i genelleştirilmiş fonksiyon kalem (GPOF) metodunun yüzey dalga yansıma katsayısına uygulanması sonucu elde edilen karmaşık üsteller ve katsayılarıdır [2]. N_{ref} ise bu katsayı ve üstellerin sayısıdır. Denklem 2'deki a ve b değerleri ise YED'nin sırasıyla x ve y yönündeki kenarlara olan uzaklığıdır.

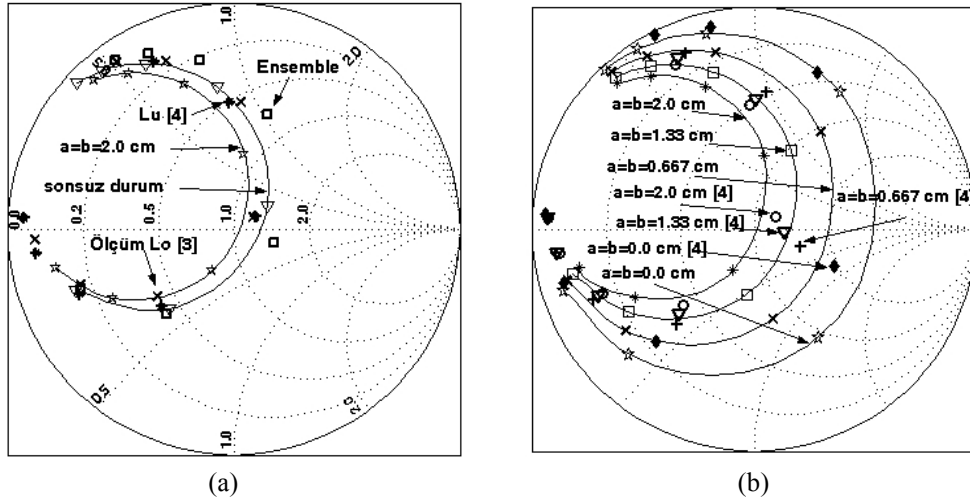
3. Sayısal Sonuçlar

Sonlu dielektrik tabaka üzerine yerleştirilmiş bir mikroşerit yama anten (Şekil 1) problemini modellemek için MPIE'nin MoM çözümünden yararlanılmış, sonlu yapı için bulunan Green fonksiyonları bu formülasyonda kullanılmıştır. Yer düzleminin ve dielektrik tabakanın sonlu olmasının antenin giriş empedansına olan etkilerini incelemek için Şekil 1'deki anten, geliştirilen formülasyon kullanılarak incelenmiştir. Dielektrik tabakanın kalınlığı 0.1587 cm, bağıl geçirgenliği 2.62 ve kayıp tanjantı 0.001'dir. Yama antenin boyutları ise şöyledir: $L=11.4$, $w=7.6$, $L_{ml}=11.0$, $w_{ml}=0.4406$ (bütün birimler cm cinsindedir). Giriş empedansı ve rezonans frekansı 1.157GHz ile 1.216GHz arasında eşit aralıklı yedi frekans noktasında hesaplanmıştır.



Şekil 1. Mikroşerit hatla beslenen yama anten

Şekil 2(a)'da dielektrik ve yer düzleminin sonsuz ve sonlu ($a=b=2.0$ cm) olduğu durumlar için giriş empedansı [3]'teki ölçüm sonuçlarıyla, [Şekil 4(a), 4]'teki sayısal sonuçlarla ve Ensemble programının sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Farklı a ve b değerleri için bu çalışmada kullanılan yer düzleminin şekli dikdörtgendir. [4]'te tanıtılan yapı için elde edilen sonuçlar konferansta sunulacaktır. Şekil 2(a)'da görüldüğü gibi, hesapladığımız giriş empedans değerleri ölçüm değerleri [3] ve Ensemble programının sonuçlarıyla uyumluluk göstermektedir. Farklı dielektrik katman ve yer düzlemi boyutları için antenin giriş empedansı Şekil 2(b)'de çizilmiş ve [4]'teki sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Görüldüğü gibi antenin giriş empedansı farklı büyüklükteki dielektrik tabakası ve yer düzlemleri için değişmektedir.



Şekil 2. Mikroşerit yama antenin değişik boyuttaki yer düzlemi ve dielektrik üstleç için giriş empedansı

Antenler için bir başka önemli parametre de rezonans frekansıdır. Tablo 1’de sonsuz durum için hesaplanan rezonans frekansları ile ölçüm sonuçları gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, bizim elde ettiğimiz sonuçlarla Ensemble’la elde edilen sonuçlar ölçüm sonuçlarından daha büyük ve [4]’teki sonuçlar da ölçüm sonuçlarından daha küçüktür. Bir başka önemli nokta da Ensemble’in sonuçlarına, geliştirdiğimiz yazılım ile elde edilen sonuçların, Lu’nun [4] sonuçlarından daha yakın olmasıdır. Tablo 2’de ise farklı dielektrik tabaka ve yer düzlemi büyüklükleri için rezonans frekansları verilmiştir. Yer düzleminin ve dielektrik tabakanın değişen boyutları için rezonans frekansı da değişmektedir.

Tablo 1 Sonsuz durum için antenin rezonans frekansı (GHz)

| Ölçüm [3] | Lu [4] | Ensemble | Bu çalışma |
|-----------|--------|----------|------------|
| 1.186 | 1.175 | 1.194 | 1.196 |

Tablo 2 Sonlu durumlar için antenin rezonans frekansları (GHz)

| | Bu çalışma | Lu [4] |
|-------------|------------|--------|
| a=b=2.0cm | 1.191 | 1.175 |
| a=b=1.33 cm | 1.191 | 1.175 |
| a=b=0.667cm | 1.191 | 1.175 |
| a=b=0.0cm | 1.192 | 1.184 |

4.Sonuç

Bu çalışmada, sonlu dielektrik üstleç ve yer düzlemi için geliştirilen kapalı formda yaklaşık Green fonksiyonları, sonlu yapının üzerine yerleştirilen ve mikroşerit hatla beslenen yama antenin MoM formülasyonunda kullanılmıştır. Daha sonra antenin giriş empedansı ve rezonans frekansı değişik büyüklükteki dielektrik tabakası ve yer düzlemi için hesaplanmış, elde edilen sonuçlar Ensemble sonuçları ve literatürde bildirilen ölçüm değerleri ve sayısal sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Dielektrik tabakanın ve yer düzlemi büyüklüğünün antenin giriş empedansını ve rezonans frekansını etkilediği gözlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Alatan L., Çivi Ö. A. ve Ögücü G., “Analysis of Printed Structures on Truncated Dielectric Slab and Finite Ground Plane”, 2002 IEEE International Antennas and Propagation Symposium and URSI Radio Science Meeting,, 2002, s: 190–193.
- [2] Ögücü G, Alatan L., Çivi Ö. A. ve Ege T., “Sonlu Yer Düzlemi ve Dielektrik Katmanı Üzerine Yerleştirilmiş Mikroşerit Antenlerin Analizi”, URSI-Türkiye 2002 Birinci Ulusal Kongresi, 18-20 Eylül 2002, İstanbul, s. 125-128.
- [3] Lo Y.T., Solomon D. ve Richards W. F., “Theory and Experiment on Microstrip Antennas”, IEEE Trans. Antennas Propag., 27(2), s. 137-145, 1979.
- [4] Lu C.-C. ve Yu C., “Computation of Input Impedance of Printed Antennas with Finite Size and Arbitrarily Shaped Dielectric Substrate and Ground Plane”, IEEE Trans. Antennas Propagat., 52(2), s. 615-619, 2004.