

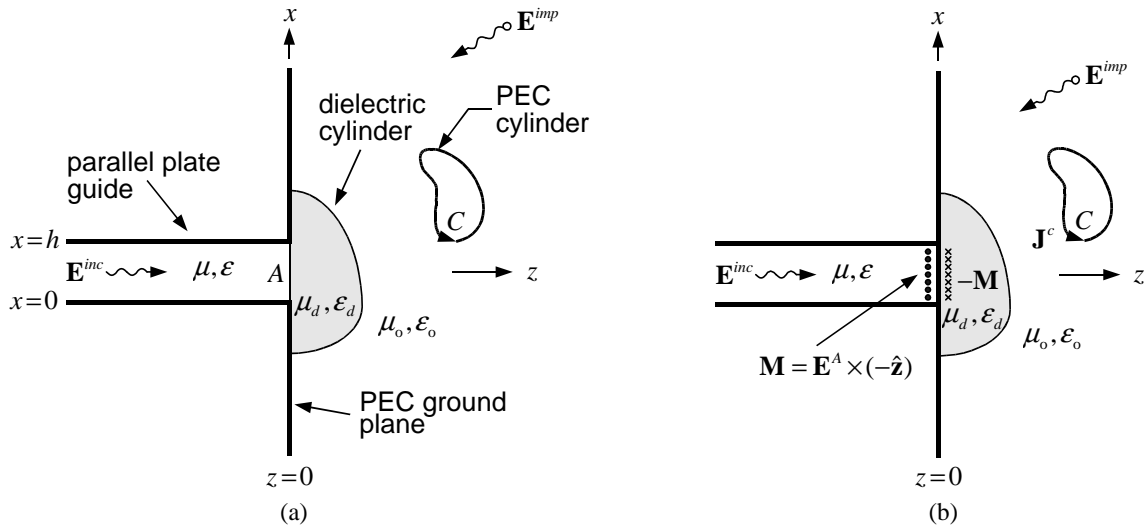
Dielektrik Örtülü Flanjlı Paralel Plaka Dalga Kılavuzunun İletken bir Silindir ile Etkileşimi

Cengiz Özzaim
Dumlupınar Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Müh.
Tavşanlı Yolu 10. km
43100 Kütahya
cozzaim@dumlupinar.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, dielektrik örtülü flanjlı bir paralel plaka dalga kılavuzunun rasgele kesitli iletken bir silindir ile etkileşimi incelenmektedir. Yüzey eşdeğerlik prensipleri kullanılarak, açıklıktaki elektrik alan, iletkende indüklenen akım, ve dielektrik yüzeylerdeki eşdeğer akımları içeren integral denklemler elde edilmektedir. Bu denklemleri nümerik olarak çözmek için moment metodu kullanılır. Dalga kılavuzu, içeriden transvers elektromanyetik bir dalga ile uyarılmaktadır. Açıklıktaki elektrik alanın, iletkende indüklenen akımın, ve dielektrik yüzeylerdeki eşdeğer akımların bilinmesiyle bu yapının bütün elektromanyetik özellikleri bulunabilmektedir.

1. Giriş

Dielektrik ve/veya iletken yüklü flanjlı paralel levha dalga kılavuzlarından radyasyon çalışmaları bir çok anten uygulamasında yer bulmaktadır [1]-[10]. Bazı araştırmacılar flanjlı paralel plaka dalga kılavuzlarını sağ yarı uzayın boş olduğu durumlarda incelemiştir [1]-[3]. Bazıları ise flanjlı paralel plaka dalga kılavuzlarını açıklığın sağ yarı uzay tarafında bulunan dairesel dielektrik silindir var iken analiz etmişlerdir [5]-[6]. Bu çalışmada, flanjlı paralel plaka dalga kılavuzunun açıklığı rasgele kesitli bir dielektrik silindir ile yüklenmekte olup sağ yarı uzaydaki iletken bir silindir ile etkileşim halindedir (Şekil 1a.). Dielektrik silindirin olmadığı benzer bir analiz daha önceki bir çalışmada yayınlanmıştır [4]. Fakat bizim çalışmamız daha önce yayınlanan çalışmalara ilaveten flanjlı paralel plaka dalga kılavuzunun açıklığını örten rasgele kesitli bir dielektrik silindir ihtiva etmektedir. Yüzey eşdeğerlik prensipleri kullanılarak [12], açıklıktaki elektrik alan, iletkende indüklenen akım, ve dielektrik yüzeylerdeki eşdeğer akımları içeren integral denklemler elde edilmektedir. Daha sonra bu denklemleri nümerik olarak çözmek için Moment metodu kullanılmaktadır. Dalga kılavuzu, içeriden transvers elektromanyetik (TEM) bir dalga ile uyarılmaktadır. Açıklıktaki elektrik alanın, iletkende indüklenen akımın, ve dielektrik yüzeylerdeki eşdeğer akımların bilinmesiyle bu yapının bütün elektromanyetik özellikleri bulunabilmektedir. Örnek bir uygulamanın radyasyon özellikleri sunulmaktadır.



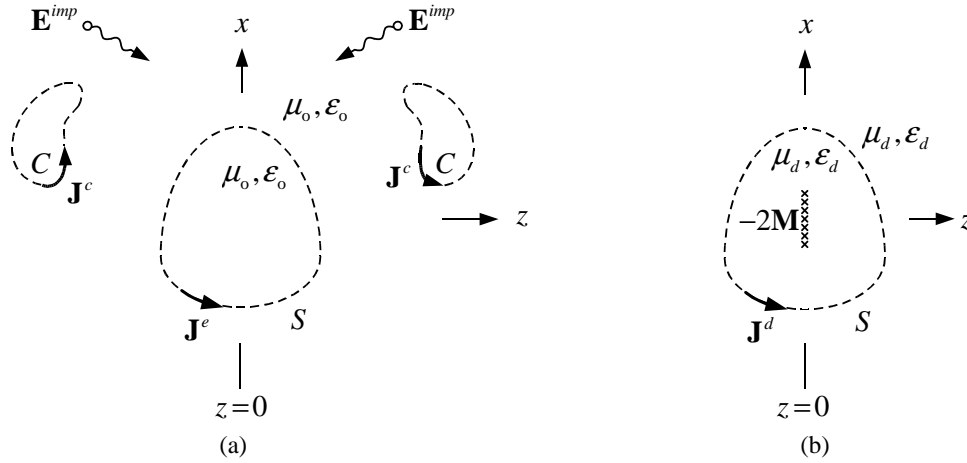
Şekil 1. (a) Dielektrik örtülü flanjlı paralel plaka dalga kılavuzunun iletken bir silindir ile etkileşimi. (b) Dielektrik örtülü flanjlı paralel plaka dalga kılavuzunun eşdeğer problemi.

2. İntegral Denklemler

Şekil 1a'daki yapının dalga kılavuzunun içersinden aşağıdaki gösterilen bir TEM dalgası ile uyarılır:

$$\mathbf{H}^{inc} = \frac{V}{\eta h} e^{-jkz} \hat{\mathbf{y}} \quad (1)$$

Bu denklemde h , dalga kılavuzu yüksekliği, V plakalar arasındaki gerilim ve $\eta = \sqrt{(\mu/\epsilon)}$ olsun. Eşdeğerlik prensibine göre [12] açıklık kapatılır, açıklığın içerdeki yüzüne $\mathbf{M} = \mathbf{E}_x^A \hat{\mathbf{x}} \times (-\hat{\mathbf{z}})$ ve dışarıdaki yüzüne ise $-\mathbf{M}$ eşdeğer manyetik akımları yerleştirilir (Şekil 1b). Sağ taraftaki yarı uzaydaki eşdeğer problem imaj metoduyla elde edilir. İmaj metoduna göre sağ yarı uzaydaki bütün cisimler ve elektromanyetik alanların imajları alınır ve iletken ve dielektrik yüzeylere eşdeğer elektrik akımlar tahsis edilir. Sağ taraftaki yarı uzaydaki dış eşdeğer problem Şekil 2a'daki gibi olur. İç eşdeğer problem ise Şekil 2b'deki gibi oluşmaktadır.



Şekil 2. (a) Dış eşdeğer problem, (b) İç eşdeğer problem.

Teğetsel elektrik ve manyetik alanların açıklıkta ve dielektrik yüzeyde devamlılığı ile iletken yüzeydeki teğetsel elektrik alanın sıfırlanması sınır koşullarının uygulanmasıyla aşağıdaki integral denklemler elde edilir. Buradaki operatörler bir çok kaynaktan bulunmaktadır [13]. Bu denklemler Moment Metoduyla çözülür [11]-[13].

$$\left[\mathcal{E}(\mathbf{J}^e) - \mathcal{E}(\mathbf{J}^d) + \mathcal{E}(\mathbf{J}^c) - \mathcal{E}(-2\mathbf{M}) \right]_{\tan} = -\mathbf{E}_{\tan}^i(\boldsymbol{\rho}), \quad \boldsymbol{\rho} \in S \quad (2)$$

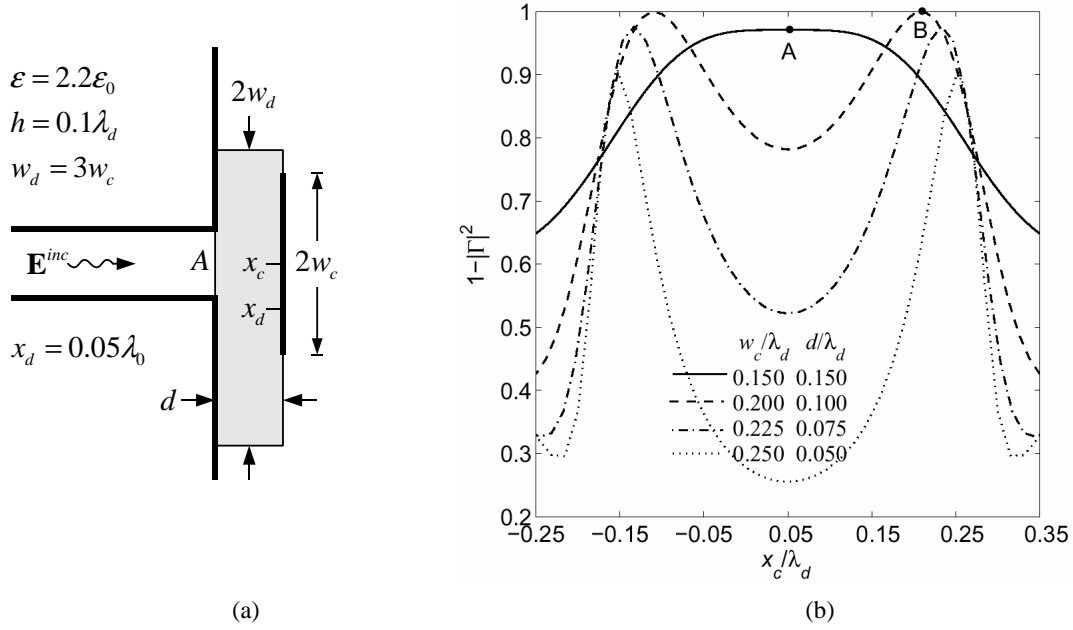
$$\left[\mathcal{H}^+(\mathbf{J}^e) - \mathcal{H}^-(\mathbf{J}^d) + \mathcal{H}^+(\mathbf{J}^c) - \mathcal{H}(-2\mathbf{M}) \right]_{\tan} = -\mathbf{H}_{\tan}^i(\boldsymbol{\rho}), \quad \boldsymbol{\rho} \in S \quad (3)$$

$$\left[\mathcal{E}(\mathbf{J}^e) + \mathcal{E}(\mathbf{J}^c) \right]_{\tan} = -\mathbf{E}_{\tan}^i(\boldsymbol{\rho}), \quad \boldsymbol{\rho} \in C \quad (4)$$

$$\left[-\mathcal{H}(\mathbf{J}^d) - \mathcal{H}(-2\mathbf{M}) + \mathcal{H}^{wg}(2\mathbf{M}) \right]_{\tan} = -\mathbf{H}_{\tan}^{sc}(\boldsymbol{\rho}), \quad \boldsymbol{\rho} \in A \quad (5)$$

3. Sonuçlar

Şekil 3a'da paralel plakadaki açıklık üzerinde bulunan bir mikroşerit hat görülmektedir. Buradaki mikroşerit hat belli bir genişlikteki dielektrik katman üzerinde bulunur. Şekil 3b açıklıktan üst yarı uzaya salınan elektromanyetik gücün dalga kılavuzunun içindeki TEM dalgası gücüne oranını mikroşerit hattın değişik pozisyonlarına göre göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi mikroşerit hattın bazı değişik konumlarında içerdeki TEM dalgası minimum yansımaya uğramakta olup sağ yarı uzaya salınan güç maksimum olmaktadır. Bu da bize flanjlı paralel plakanın mikroşeritin hangi konumlarında empedans uyumu sağlayacağı bilgisini vermektedir. Sonuç olarak bu çalışmada TEM dalgasıyla uyarılan flanjlı paralel plaka dalga kılavuzunun dielektrik ve iletken silindiri ile etkileşimi için basit fakat çok etkili bir yöntem geliştirilmiştir. Buradaki yöntem sağ yarı uzaydaki daha bir çok değişik geometrideki maddeleri kolayca analiz etmekte olup elde edilen verilerin birçok anten uygulamalarında kullanılabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3. (a) Paralel plakadaki açıklık üzerinde bulunan bir mikroşerit hat,
(b) Açıklıktan sağ yarı uzaya salınan gücün TEM dalgası gücüne oranı.

4. Kaynaklar

- [1] M. S. Leong, P. S. Kooi, Chandra, T. S. Yeo, "Radiation from a flanged parallel-plate waveguide: solution by moment method with inclusion of edge condition," IEE Proc.— Microw. Antennas Propag., Vol.135, No.4, August 1988, pp. 249-255.
- [2] R. W. Scharstein, "Two numerical solutions for parallel-plate-fed slot antenna," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol.AP-37, No. 11, November 1989, pp. 1415-1426.
- [3] J. M. Jarem, "Method-of-Moments solution of a parallel-plate waveguide aperture system," J. Appl. Phys. 59 (10), May 1986, pp. 3566-3570.
- [4] C. M. Butler, C. C. Courtney, P. D. Mannikko, J. W. Silvestro, "Flanged parallel-plate waveguide coupled to a conducting cylinder," IEE Proc.— Microw. Antennas Propag., Vol.138, No.6, December 1991, pp. 549-559.
- [5] J. L. Tsalamengas and G. Veronis, "Radiation and receiving characteristics of parallel plate-fed slot antennas loaded by a dielectric cylinder: TE case," J. Electromag. Waves Appl., vol. 13, pp. 903-922, 1999.
- [6] J. L. Tsalamengas and G. Veronis, "Radiation and receiving characteristics of parallel plate-fed slot antennas loaded by a dielectric cylinder: TM case," J. Electromag. Waves Appl., vol. 13, pp. 923-941, 1999.
- [7] C. P. Wu, "Integral equation solution for the radiation from a waveguide through a dielectric slab," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 17, no. 6, pp. 733-739, Nov 1969.
- [8] J. W. Lee, H. J. Eom, J. H. Lee, "TM wave radiation from flanged parallel plate into dielectric slab," IEE Proc.-Microw. Antennas Propag., Vol.143, No.3, June 1996, pp. 207-210.
- [9] J. L. Tsalamengas, "A parallel plate-fed slot antenna loaded by dielectric semicylinder," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 44, pp. 1031-1040, July 1996.
- [10] J. L. Tsalamengas and V. N. Kourkoulos, "Radiation and receiving characteristics of parallel plate-fed slot antennas loaded by dielectric-coated infinite strip conductors," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 51, pp. 1972-1981, August 2003.
- [11] C. Ozzaim, "Dielectric loaded slot in a parallel-plate waveguide coupled to a conducting cylinder," IEE Proc. Microw. Antennas Propag., Vol. 152, No. 4, August 2005, pp. 221-225.
- [12] R. F. Harrington, "Boundary integral formulations for homogeneous material bodies," J. Electromag. Waves Appl., vol. 3, no. 1, pp. 1-15, 1989.
- [13] J. D. Shumpert and C. M. Butler, "Penetration through slots in conducting cylinders- Part 1: TE Case," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 46, pp. 1612-1621, Nov 1998.