

Dielektrik ve İletken Silindir Yüklü Yarıklı Paralel Levha

Dalga Kılavuzlarından Işıma

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

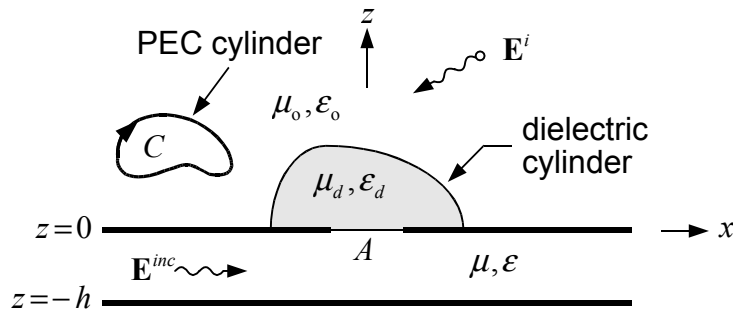
Özet: Bu çalışmada, iletken silindir yüklü yarıklı bir paralel levha dalga kılavuzu ayrıca rasgele kesitli bir dielektrik silindir ile yüklenmektedir. Yüzey eşdeğerlik prensipleri kullanılarak, yarıktaki elektrik alan, iletkende indüklenen akım, ve dielektrik yüzeylerdeki eşdeğer akımları içeren integral denklemler elde edilmektedir. Bu denklemleri nümerik olarak çözmek için Moment metodu kullanılır. Dalga kılavuzu, içeriden transvers elektromanyetik (TEM) bir dalga ile uyarılmaktadır. Yarıktaki elektrik alanın, iletkende indüklenen akımın, ve dielektrik yüzeylerdeki eşdeğer akımların bilinmesiyle bu yapının bütün elektromanyetik özellikleri bulunabilmektedir.

1. Giriş

Dielektrik ve/veya iletken yüklü yarıklı paralel levha dalga kılavuzlarından radyasyon çalışmaları bir çok anten uygulamasında yer bulmaktadır. Bazı araştırmacılar yarıklı ve/veya flanjlı paralel levha dalga kılavuzlarını üst yarı uzayda bulunan basit şekillerden oluşan dielektrik silindirler ile analiz etmişlerdir [1]-[6].

Bu çalışmada, iletken silindir yüklü yarıklı bir paralel levha dalga kılavuzu ayrıca rasgele kesitli bir dielektrik silindir ile yüklenmektedir (Şekil 1.). Dielektrik silindirin olmadığı benzer bir analiz daha önceki bir çalışmada yayınlanmıştır [1]. Fakat bizim çalışmamız daha önce yayınlanan çalışmalara ilaveten paralel levha dalga kılavuzunun yarığını örten rasgele kesitli bir dielektrik silindir ihtiva etmektedir.

Yüzey eşdeğerlik prensipleri kullanılarak [7], yarıktaki elektrik alan, iletkende indüklenen akım, ve dielektrik yüzeylerdeki eşdeğer akımları içeren integral denklemler elde edilmektedir [8]. Daha sonra bu denklemleri nümerik olarak çözmek için Moment metodu kullanılmaktadır [9]-[10]. Dalga kılavuzu, içeriden transvers elektromanyetik (TEM) bir dalga ile uyarılmaktadır. Yarıktaki elektrik alanın, iletkende indüklenen akımın, ve dielektrik yüzeylerdeki eşdeğer akımların bilinmesiyle bu yapının bütün elektromanyetik özellikleri bulunabilmektedir. Bir örnek uygulamanın radyasyon özellikleri sunulmaktadır.



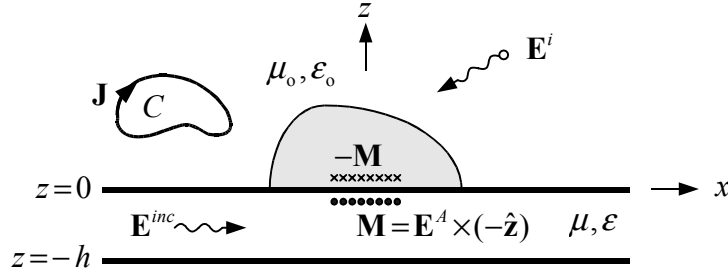
Şekil 1. Dielektrik örtülü yarıklı paralel levha dalga kılavuzunun iletken bir silindir ile etkileşimi.

2. İntegral Denklemler

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

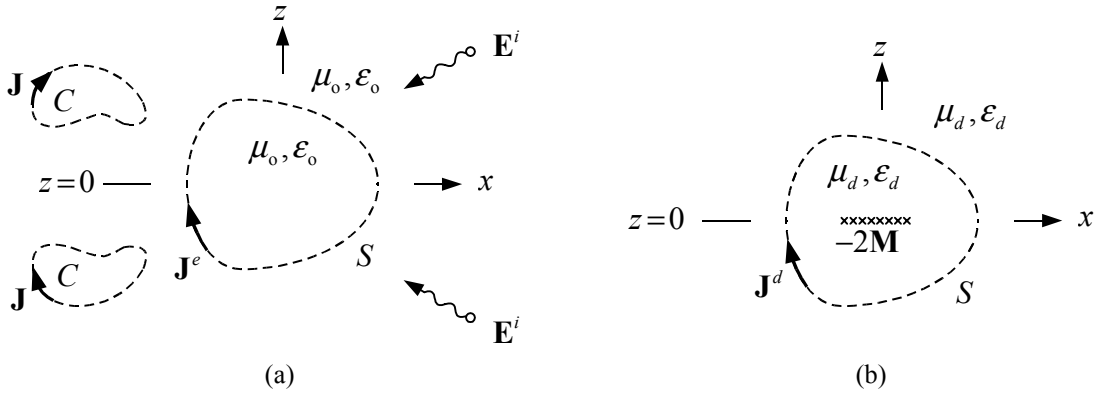
$$\mathbf{H}^{inc} = -\frac{V}{\eta h} e^{-jkx} \hat{\mathbf{z}} \quad (1)$$

Bu denklemde h , dalga kılavuzu yüksekliği, V levhalar arasındaki gerilim ve $\eta = \sqrt{(\mu/\epsilon)}$ olsun. Eşdeğerlik prensibine göre [7] yarık kapatılır, yarığın içerdeki yüzüne $\mathbf{M} = \mathbf{E}_x^A \hat{\mathbf{x}} \times (-\hat{\mathbf{z}})$ ve dışardaki yüzüne ise $-\mathbf{M}$ eşdeğer manyetik akımları yerleştirilir (Şekil 2).



Şekil 2. Dielektrik örtülü yarıklı paralel levha dalga kılavuzunun eşdeğer problemi.

Üst yarı uzaydaki eşdeğer problemler imaj metoduyla elde edilir. İmaj metoduna göre üst yarı uzaydaki bütün cisimler ve alanların imajları alınır ve iletken ve dielektrik yüzeylere eşdeğer elektrik akımlar tahsis edilir. Bu durumda üst yarı uzaydaki dış eşdeğer problem Şekil 3a'daki gibi olur. İç eşdeğer problem ise Şekil 3b'deki gibi oluşmaktadır.



Şekil 3. (a) Dış eşdeğer problem, (b) İç eşdeğer problem.

Teğetsel elektrik ve manyetik alanların yarıқта 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 [9]. Bu denklemler Moment Metoduyla çözülür [9]-[10].

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

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

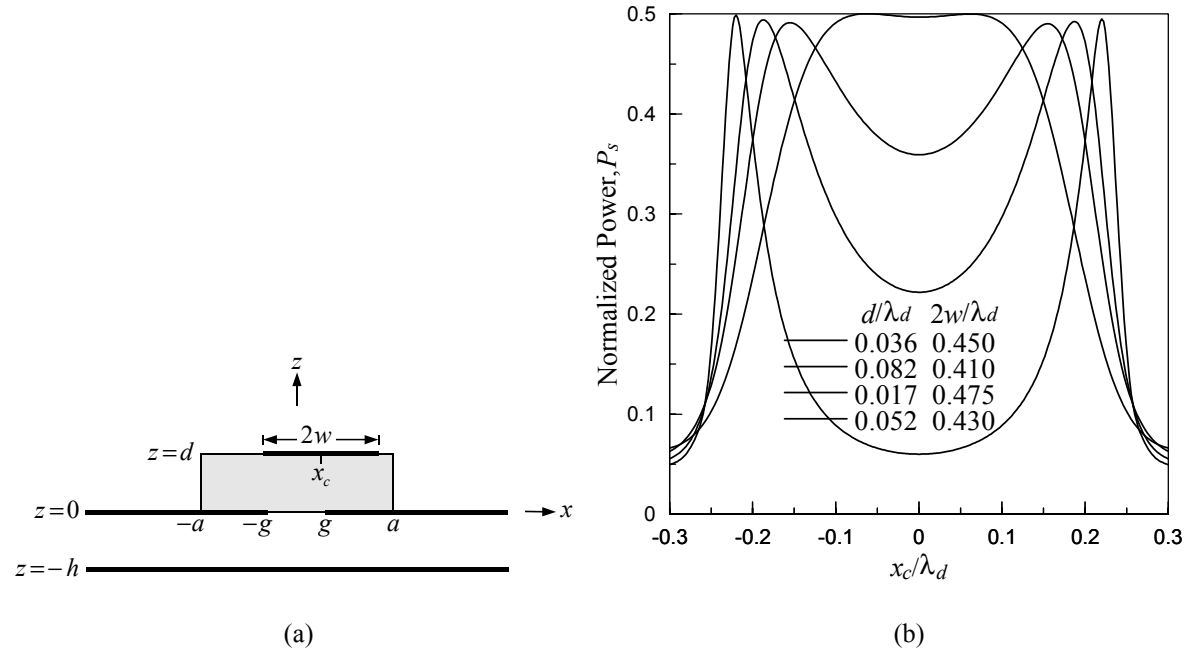
$$\left[\mathcal{E}(\mathbf{J}^e) + \mathcal{E}(\mathbf{J}^c) \right]_{\tan} = -\mathbf{E}_{\tan}^i(\rho), \quad \rho \in C \quad (4)$$

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

3. Sonuçlar

Ŗekil 4’de paralel levhadaki yarık üzerinde bulunan bir mikroŖerit hat görülmektedir. Buradaki mikroŖerit hat belli bir geniŖlikteki dielektrik katman üzerinde bulunur. Benzer problem sonsuz geniŖlikte dielektrik katman için zlmŖtr [4]. Bizim alıŖmamızda dielektrik katman yeterince geniŖ seçildiğinde sonsuz geniŖlikteki katmanı modelleyebilmektedir. Ŗekil 5 yarıktan st yarı uzaya salınan gücün TEM dalgası gücüne oranını mikroŖerit hattın deėiŖik pozisyonlarına göre göstermektedir.

Sonuç olarak bu alıŖmada TEM dalgasıyla uyarılan yarıklı paralel levha dalga kılavuzunun dielektrik ve iletken silindir ile etkileŖimi için basit fakat çok etkili bir yöntem geliŖtirilmiŖtir. Buradaki yöntem daha bir çok deėiŖik yarıklı uyarılan anten uygulamalarını modelleyebilmektedir.



Ŗekil 4. (a) Paralel levhadaki yarık üzerinde bulunan bir mikroŖerit hat, (b) yarıktan st yarı uzaya salınan gcn TEM dalgası gcne oranı.

4. Kaynaklar

- [1]. P. D. Mannikko, C. C. Courtney, C. M. Butler, “Slotted parallel-plate waveguide coupled to a conducting cylinder,” Proc. Inst. Elect. Eng., s. 193–201, 1992.
- [2]. C. M. Butler, R. D. Nevels, “Coupling through a slot in a parallel-plate waveguide covered by a dielectric slab,” AEU, s. 46–53, 1988.
- [3]. J. L. Tsalamengas, “A parallel plate-fed slot antenna loaded by dielectric semicylinder,” IEEE Trans. Antennas Propagat., s. 1031–1040, 1996.
- [4]. J. I. Lee, C. H. Lee, Y. K. Cho, “Electromagnetic coupling mechanism to a conducting strip through a narrow slit in a parallel-plate waveguide,” IEEE Trans. Antennas Propagat., s. 592–596, 2001.
- [5]. J. I. Lee, Y. K. Cho, “Maximum electromagnetic coupling to a nearby conducting strip through narrow and wide slits in a parallel-plate waveguide,” IEEE Trans. Antennas Propagat., s. 693–699, 2003.
- [6]. J. L. Tsalamengas, Vasileios N. Kourkoulos, “Radiation and receiving characteristics of parallel plate-fed slot antennas loaded by dielectric-coated infinite strip,” IEEE Trans. Antennas Propagat., s. 1972–1981, 2003.
- [7]. R. F. Harrington, Time-Harmonic Electromagnetic Fields. McGraw-Hill, 1961.
- [8]. R. F. Harrington, “Boundary integral formulations for homogeneous material bodies,” JEMWA, 1989.
- [9]. J. D. Shumpert, C. M. Butler, “Penetration through slots in conducting cylinders- Part 1: TE Case” IEEE Trans. Antennas Propagat., s. 1612–1621, 1998.
- [10]. D. R. Wilton, C. M. Butler, “Effective methods for solving integral and integrodifferential equations,” Electromagnetics, s. 289–308, 1981.