

Bazı Silindirik Eş-düzlemlı Dalgakılavuzu Süreksizliklerinin RF/Mikrodalga Pasif Devre Elemanı olarak Tasarım ve Analizleri

Designs and Analyses of Some Cylindrical CPW Discontinuities as RF/Microwave Passive Components

Volkan Akan¹, Mehmet Duyar², Erdem Yazgan³, Mehmet Bayrak⁴

¹ TUBITAK-UZAY, Uydu Teknolojileri Grubu
volkan.akan@uzay.tubitak.gov.tr

² T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
mehmetduyar@gmail.com

³ Elektrik ve Elektronik Müh. Bölümü, Hacettepe Üniversitesi
yazgan@hacettepe.edu.tr

⁴ Elektrik ve Elektronik Müh. Bölümü, Selçuk Üniversitesi
mbayrak@selcuk.edu.tr

Özet

Bu çalışmada çeşitli Silindirik Eş-düzlemlı dalgakılavuzu (SEDK) süreksizlikleri kullanılarak oluşturulan mikrodalga reaktif elemanlar incelenmiştir. Hemen hemen TEM modundaki karakteristik parametreleri mikrodalga frekanslarında bile tatmin edici hassasiyet sağlayan ve Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) programları için kapalı formda çözümler sağlayan Konformal Dönüşüm Teknikleri (KDT) kullanılarak elde edilmiştir. Tasarlanan bu süreksizliklerin benzetimleri Zaman domeninde Sonlu Farklar Yöntemine dayanan ticari bir elektromanyetik simülatörde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen indüktans, kapasitans, giriş empedansı gibi sonuçlar frekansa ve fiziksel parametrelere göre çalışma boyunca sunulmaktadır. Bu sonuçlar ışığında SEDK süreksizliklerinin gerekli yerlerde mikrodalga ve RF pasif devre elemanı olarak kullanılabilceği gösterilmiştir.

Abstract

In this study, designs and analysis of several CCPW (Cylindrical CPW) discontinuities as microwave reactive elements have been realized. The quasi-TEM characteristic parameters of CCPWs have been obtained by CMT (Conformal Mapping Techniques) which provide satisfactory accuracy at microwave frequencies and lead to closed-form analytical solutions suitable for CAD software packages. "Designed discontinuities were then simulated in a commercially available simulator based on Finite Difference Time Domain. The obtained results have been demonstrated in terms of inductance, capacitance and also input impedance versus frequency and physical dimensions of the elements.. The results show that CCPW discontinuities can be used successfully as microwave and RF passive elements for related applications.

1. Giriş

Son zamanlarda farklı düzlemlere adapte edilmiş iletim hatlarına ilginin arttığı görülmektedir. Bu tipteki iletim hatları hava araçlarında, füzelerde, mobil haberleşme araçlarındaki uygulamalarda bilinen düzlemsel gerçeklemelerin uygun olmadığı eliptik ve silindirik hacimleri çepeçevre saran anten besleme ve uyumlandırma devrelerinde rahatlıkla kullanılmaktadırlar [1,2]. Bugüne kadar farklı düzlemler üzerinde oluşturulan iletim hatlarının karakteristik parametrelerini hesaplamak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır [1-5]. Ayrıca bilinen düzlemsel ve SEDK yapıları üzerinde süreksizliklerin analizleri gerçekleştirilmiştir [6-8]. Bu çalışmalarda benzer olarak daha çok kapasitif elemanlar silindirik düzlemler üzerinde incelenmiştir. Bununla beraber bu bildiride SEDK üzerinde kısa devre sonlandırılmalı indüktif, açık devre sonlandırılmalı kapasitif ve boşluk bağlaşımlı kapasitif elemanların tasarım ve analizlerinin yapılması amaçlanmıştır. Karakteristik parametrelerin hesaplanması için KDT kullanılmıştır. Bu çalışmalar daha sonra elektromanyetik simülatör yardımıyla doğrulanmıştır. Ayrıca belirlenen fiziksel değişkenlere göre yine simülatör yardımıyla bu elemanların giriş empedansı, indüktans ve kapasitans değerleri hesaplanmıştır.

2. SEDK için Hat Parametrelerinin Hesaplanması

Şekil-1'de üzerinde süreksizliklerinin oluşturulduğu SEDK'nın kesiti ve fiziksel değişkenleri görülmektedir. Hatın karakteristik empedans ve etkin dielektrik değerleri şu şekilde hesaplanabilir:

$$C_T = C_{01} + C_{03} + C_d \quad (1)$$

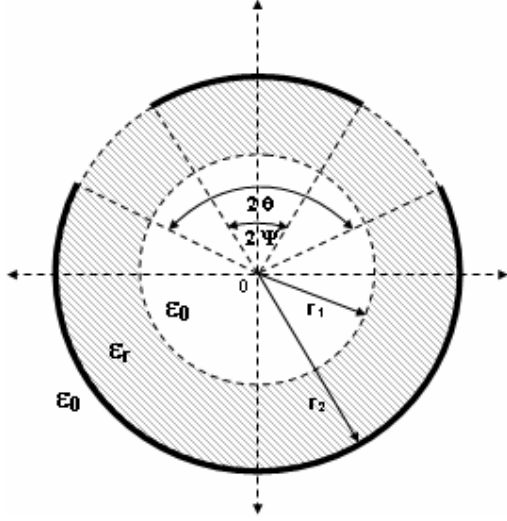
burada ve kapasiteleri sırasıyla birim uzunluktaki serbest uzay ve dielektrik katmandan kaynaklanan kapasiteleri ifade etmektedir. Serbest uzay kapasite ilişkisi şöyle yazılabilir:

$$C_{01} = C_{03} = 2\varepsilon_0 \frac{K(k_0)}{K(k'_0)} \quad (2)$$

Benzer olarak dielektrik katmandan kaynaklanan kapasite

$$C_d = 2\varepsilon_0(\varepsilon_r - 1) \frac{K(k_d)}{K(k'_d)} \quad (3)$$

şeklinde ifade edilebilir. Son olarak ise etkin dielektrik ve karakteristik empedans ifadeleri yazılabilir.



Şekil 1: Üzerinde pasif devre elemanlarının oluşturulduğu silindirik SEDK'nın kesiti.

$$\varepsilon_{eff} = \frac{C_T}{C_0} = 1 + q(\varepsilon_r - 1) \quad (4)$$

Burada q dolun faktörünü göstermek üzere

$$q = \frac{1}{2} \frac{K(k_d)K(k'_0)}{K(k'_d)K(k_0)} \quad (5)$$

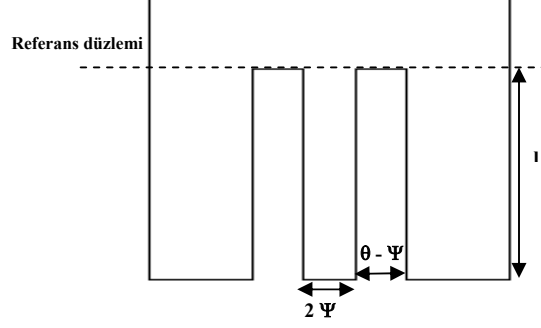
ve karakteristik empedans ilişkisi

$$Z_0 = \frac{30\pi}{\sqrt{\varepsilon_{eff}}} \frac{K(k'_0)}{K(k_0)} \quad (6)$$

şeklinde yazılabilir. Buradaki mod k_0 ve mod k_d [9]'daki gibi hesaplanabilir.

3. SEDK Üzerinde Oluşturulan Süreksizlikler

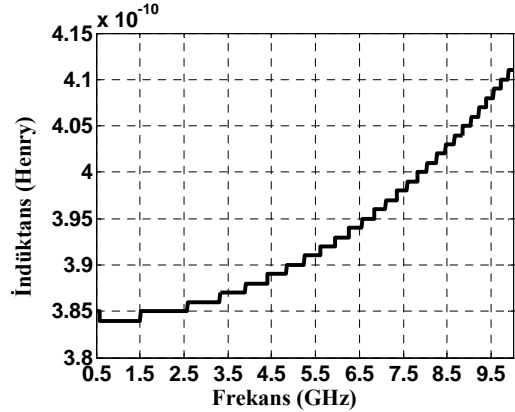
Şekil 1'e göre 2Ψ ve 2θ sırasıyla orta iletken genişliğini ve orta iletken genişliği ile boşlukların toplamını ifade etmektedir. Ayrıca r_1 dielektriğin iç, r_2 de dış yarıçaplarını göstermektedir. Tüm iletkenler mükemmel iletken ve sonsuz incelikte varsayılmıştır. Dielektrik malzemeler de basit ortam olarak dikkate alınmıştır. Analiz ve tasarımlar boyunca çalışılan tüm elemanların karakteristik parametreleri aynıdır.



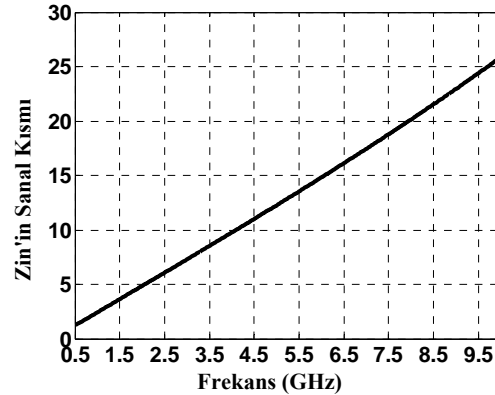
Şekil 2: SEDK üzerinde oluşturulan kısa devre sonlandırılmış induktif elemanın düzlemsel gösterimi.

3.1. SEDK Kısa Devre Sonlandırılmış İndüktif Eleman

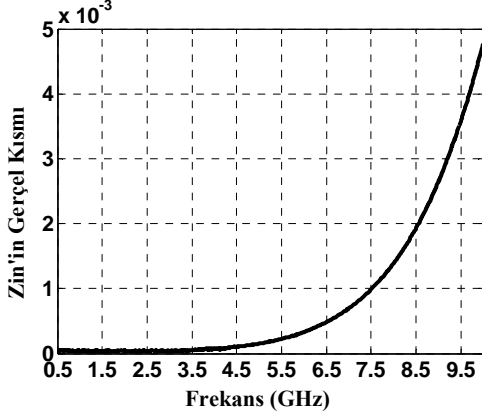
Şekil-2'de SEDK kısa devre sonlandırılmış elemanın düzlemsel serimi görülmektedir. Bu eleman uyarıldığında akım sinyal ve sonlandırma toprak iletkenlerinin etrafında akarken birleşimin olduğu yerde elektromanyetik enerji depolanmaya başlar. Bu depolanma elemanın reaktansını induktif olarak arttırmaktadır. Şekil-3'de, induktif elemanın elde edilen indüktansı ile giriş empedansının gerçek ve sanal kısımlarının değerleri 0.5-10GHz arasında görülmektedir.



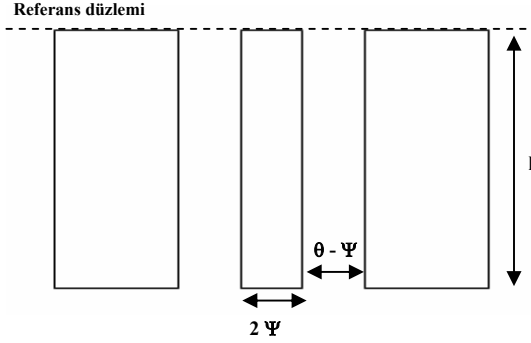
(a)



(b)



(c)
Şekil 3: İndüktif elemanın (a) İnduktans değeri, (b) Giriş empedansının sanal kısmı (c) Giriş empedansının gerçek kısmı



Şekil 4: SEDK üzerinde oluşturulan açık devre sonlandırılmalı kapasitif elemanın düzlemsel serimi.

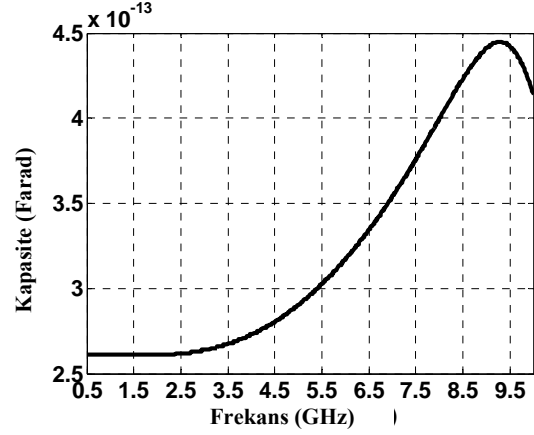
3.2. SEDK Açık Devre Sonlandırılmalı Kapasitif Eleman

Bu elemanın kesiti de Şekil-1'dekine benzemektedir. Düzlemsel serimi ise Şekil-4'de verilmiştir. Kısa devre sonlandırılmalı elemanda olduğu gibi elemanın sonundaki ani değişiklik dönel alanların ve dolayısıyla depolanan elektrik enerjisinin artmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı elemanın kapasitif reaktansı artış gösterir. Bu elemanın toplam kapasite ile giriş empedansının gerçek ve sanal kısımlarının elde edilen değerleri Şekil-5 'de sunulmaktadır.

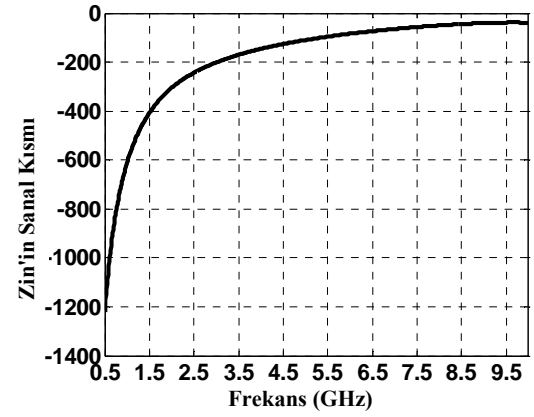
3.3. SEDK Boşluk Bağlı Kapasitif Eleman

İncelenen son yapı kapasitif bir elemandır ve kesiti için yine Şekil-1 referans verilebilir. Boşluk bağlantılı bu kapasitif elemanın düzlemsel gösterimi boşluk boyutları ile birlikte Şekil-6'da verilmiştir. Yapının merkezi şeridinin sonundaki bu boşluktan dolayı oluşan elektrik alandaki artma elemanın kapasitif reaktansındaki artışa neden olmaktadır. Giriş empedansı ve toplam kapasite değerlerinin frekans ve boşluk uzunluğuna göre elde edilen benzetim sonuçları Şekil-7'de

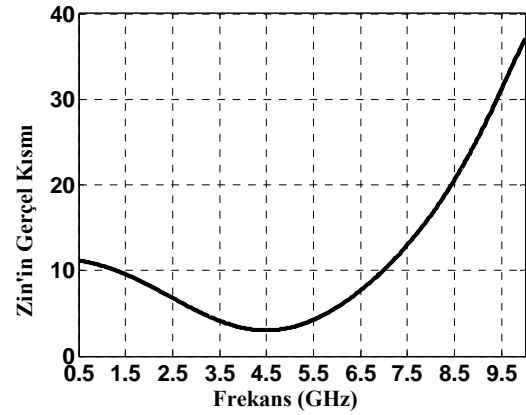
sunulmaktadır. Boşluk uzunluğunun kapasite değerinin değiştirilmesinde etkisi buradan rahatlıkla anlaşılmaktadır.



(a)



(b)



(c)

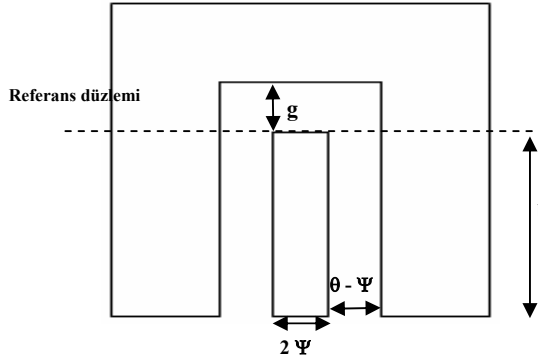
Şekil 5: Açık devre sonlandırılmalı kapasitif elemanın benzetimler sonucunda elde edilen (a) Kapasitans değeri, (b) Giriş empedansının sanal kısmı (c) Giriş empedansının gerçek kısmı

4. Sonuçlar

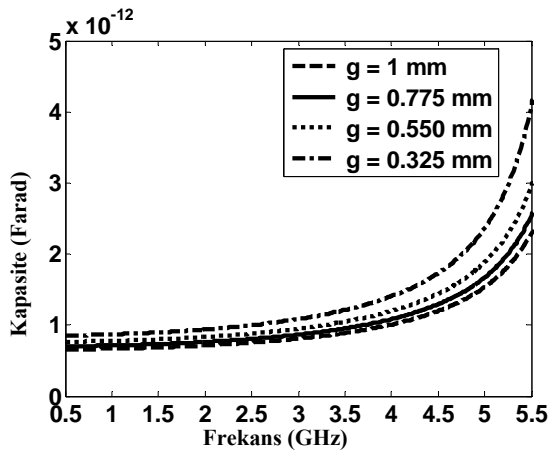
Bu makalede, SEDK üzerinde oluşturulan kısa devre sonlandırılmalı indüktif, açık devre sonlandırılmalı kapasitif ve boşluk bağlaşımlı kapasitif elemanların tasarım ve benzetimleri gerçekleştirilmiştir. Öncelikle KDT kullanılarak SEDK yapısının karakteristik empedansı ve etkin dielektrik empedansı hesaplanmış ve daha sonra belirtilen elemanlar ticari bir elektromanyetik simülatör kullanılarak tasarlanmış ve benzetimleri yapılmıştır. Bu benzetimlerde elde edilen indüktans, kapasitans ve giriş empedansının gerçek ve sanal kısımları hesaplanarak sunulmuştur. Özet olarak yapılan bu çalışma ile RF/mikrodalga reaktif elemanların SEDK üzerinde gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir. Bu çalışma kapsamında bahsi geçen yapılar üzerindeki deneysel çalışmalar da devam etmektedir.

5. Teşekkür

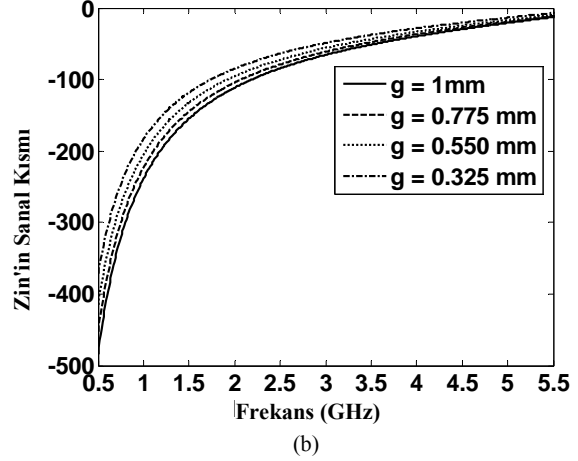
Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBITAK) tarafından *EEEAG-105E022* nolu proje kapsamında desteklenmiştir.



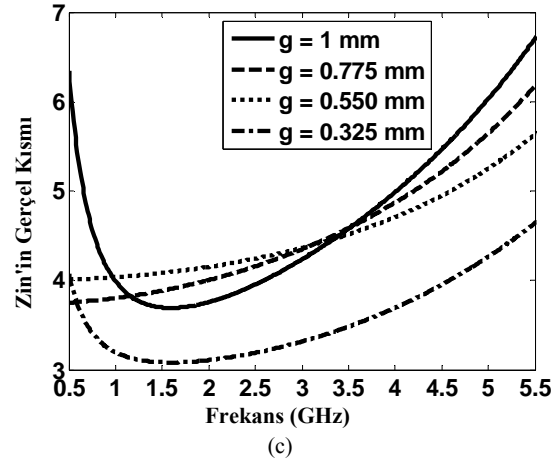
Şekil 6: SEDK üzerinde oluşturulan boşluk bağlaşımlı kapasitif elemanın düzlemsel serimi.



(a)



(b)



(c)

Şekil 7: SEDK üzerinde oluşturulan boşluk bağlaşımlı kapasitif elemanın frekansa ve boşluk uzunluğuna göre elde edilen (a) Kapasitans değeri, (b) Giriş empedansının sanal kısmı (c) Giriş empedansının gerçek kısmı.

6. Kaynaklar

- [1] N. Dib and A. Omar, "Dispersion analysis of multilayer cylindrical transmission lines containing magnetized ferrite substrates," IEEE Trans. Microwave Tech., vol. 50, No.7, pp.1730-1736, July 2002.
- [2] M. Duyar, V. Akan, E. Yazgan and M. Bayrak, "Analyses of Elliptical Coplanar Coupled Waveguides and Coplanar Coupled Waveguides with Finite Ground Width," IEEE Trans. Microwave Tech., vol. 54, No.4, pp.1388-1395, April 2006.
- [3] V. Akan and E. Yazgan, "Quasistatic TEM Characteristics of Multilayer Elliptical and Cylindrical Coplanar Waveguides," Microwave Opt. Tech. Lett., Vol. 42, No.4 pp.317-322., Aug. 2004.
- [4] E. Yazgan and V. Akan, "Conformal Mapping Techniques", Encyclopedia of Rf and Microwave Engineering, Vol. 1, John Wiley & Sons, 2005.

- [5] C. Karpuz, M. Duyar and A. Görür, "Analysis of Cylindrical Conductor-Backed Coplanar Waveguides", *Microwave Opt. Tech. Lett.*, vol.27, No:2, pp.: 144-146, Oct. 2000.
- [6] A. Al-Zoubi and N. Dib, "CAD Model of Gap in Cylindrical Coplanar Waveguide," *Electronics Letters*, vol. 35, No.25, pp.1857-1858, Oct. 1999.
- [7] K. Beilenhoff, H. Klingbeil, W. Heinrich, and H. L. Hartnagel, "Open and Short Circuits in Coplanar MMIC's," *IEEE Trans. Microwave Tech.*, vol. 41, No.9, pp.1534-1537, Sept. 1993.
- [8] R. N. Simons, and G. E. Ponchak, "Modeling of Some Coplanar Waveguide Discontinuities," *IEEE Trans. Microwave Tech.*, vol.36, No.12, Dec.1998.
- [9] H-C. Su, and K-L. Wong, "Quasistatic solutions of cylindrical coplanar waveguides," *Microwave and Optical Technology Lett.*, vol.14, no.6, pp.347-351, 1997.