

SONLU TOPRAK DÜZLEM GENİŞLİKLERİNE VE DİELEKTRİK KATMAN KALINLIĞINA SAHİP EŞ DÜZLEMLİ KUPLAJLI DALGA KILAVUZUNUN YARI-DURAĞAN TEM ANALİZİ

Volkan AKAN¹

Mehmet DUYAR²

Gökşen TURGUT ŞANSAL³

Erdem YAZGAN⁴

Mehmet BAYRAK⁵

^{1,3,4}Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Hacettepe Üniversitesi, 06800, Beytepe, Ankara

²Sanayi ve Ticaret İl Müdürlüğü, 51100, Niğde

⁵Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Selçuk Üniversitesi, 42031, Konya

¹e-posta: volkan@ee.hacettepe.edu.tr

²e-posta: mehmetduyar@yahoo.co.uk

³e-posta: gturgut@ee.hacettepe.edu.tr

⁴e-posta: yazgan@hacettepe.edu.tr

⁵e-posta: mbayrak@selcuk.edu.tr

Anahtar sözcükler: Eş düzlemlili kuplajlı dalga kılavuzu, konformal dönüşüm, yarı durağan analiz

ÖZET

Bu çalışmada sonlu toprak düzlem genişliklerine sahip eş düzlemlili kuplajlı dalga kılavuzunun yarı-TEM karakteristik parametrelerinin analizi için geliştirilmiş bir yöntem sunulmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım tabanlı hızlı, sade ve yüksek doğrulukta sonuçlar veren analitik formüller konformal dönüşüm teknikleri ve uygun dönüşüm fonksiyonları kullanılarak elde edilmektedir. Elde edilen bu ifadeler mikrodalga frekanslarında doğruluk derecesi yüksek olarak geçerliliğini korumaktadır. Bilgisayar destekli tasarım programlarında uygulanabilecek değişik fiziksel yapılar için alternatif çözümler sunulmaktadır. Bu formülasyonlar kullanılarak incelenen yapının hem tek hem de çift mod için karakteristik empedansı, etkin dielektrik sabiti ve kuplaj katsayısı hesaplanabilmektedir. Literatürdeki benzer bir diğer çalışmanın sonuçları ile bu çalışmadaki kapalı formdaki analitik ifadeler kullanılarak kıyaslama ve doğrulama amacı ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçların birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

1. GİRİŞ

Düzlemsel şerit iletim hatları bilindiği gibi uçaklarda, füzelerde ve gezgin haberleşme sistemlerinde özellikle baskı antenlerin beslemesi, anten uyumlandırılmaları, (M)MIC ((monolithic) microwave integrated circuit) devre elemanlarının oluşturulması vb. gibi değişik amaçlarla günümüz teknolojisinde sıklıkla kullanılmaktadır [1-5]. Mikrodalga teknolojisinde kullanılan bu iletim hatlarından bir tanesi de eş düzlemlili kuplajlı dalga kılavuzudur (EDKDK). Literatürde bu tipteki şerit iletim hattının

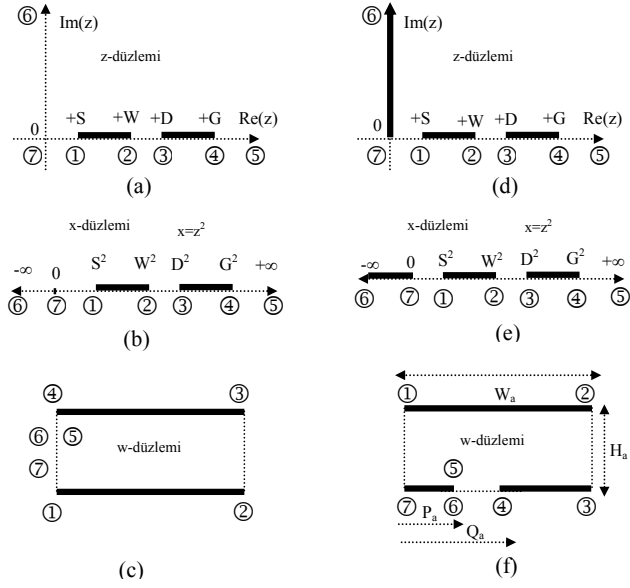
toprak düzlem genişliklerinin sonlu olduğu durum için yarı durağan analizini içeren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada sonlu toprak düzlem genişliklerine ve dielektrik katman kalınlığına sahip EDKDK tanımlanacak ve yarı durağan TEM analizi sunulacaktır. Bu analiz temelde Konformal Dönüşüm Teknikleri' ne (KDT) dayanılarak yapılmıştır. Bu yöntemin temel kullanım amacı yüksek doğruluk ve kesinlik içeren sonuçlara çok hızlı bir şekilde (uygulama sırasında) ulaşılmasını sağlayabilmesidir. Bilindiği gibi yarı durağan yaklaşım çalışma frekansı oldukça küçük olduğunda geçerlidir fakat EDKDK'nın yarı-TEM parametreleri frekansa göre az değişim göstermesi nedeniyle yarı durağan yaklaşım kullanılarak elde edilecek sonuçlar mikrodalga frekanslarında rahatlıkla kullanılabilir.

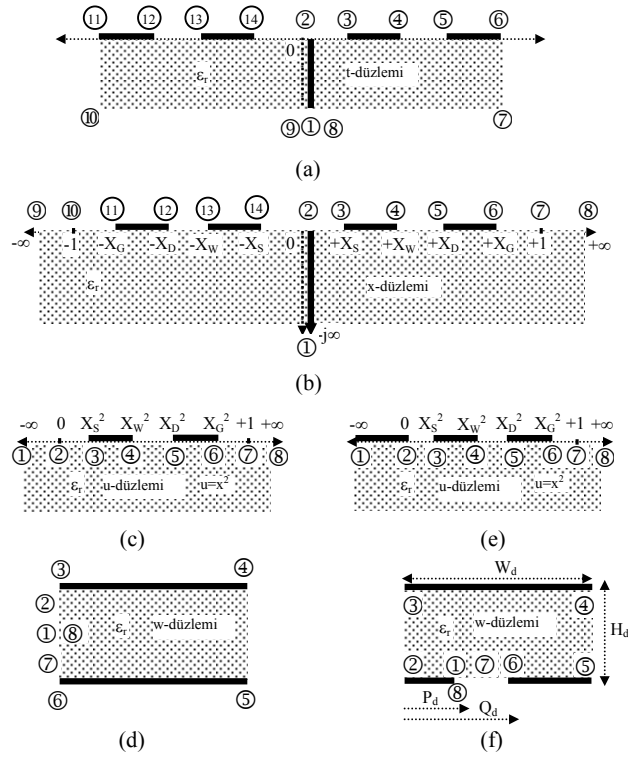
KDT kullanılarak elde edilen EDKDK'nın tek mod ve çift mod karakteristik parametreleri yapının toprak düzlem genişlikleri çok büyütülerek (sonsuza yaklaştırılarak) literatürdeki başka bir çalışmanın [6] sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve birbirine çok yakın sonuçlar elde edilmiştir.

2. SONLU TOPRAK DÜZLEM GENİŞLİKLERİNE VE DİELEKTRİK KATMAN KALINLIĞINA SAHİP EDKDK' NIN ANALİZİ

EDKDK'nın kesiti Şekil-1' de görülmektedir. Bu çalışmada dielektrik katman izotropik, kayıpsız; metalik şeritlerin kalınlığı sonsuz küçüklükte ve mükemmel iletken olarak varsayılmıştır. Ayrıca şerit genişlikleri, dielektrik katman kalınlığı gibi bilgiler



Şekil-2. Hava sığasını hesaplamak için konformal dönüşüm adımları., çift mod için (a-c); tek mod için (d-f).



Şekil-3 Dielektrik katmanın sığasını hesaplamak için konformal dönüşüm adımları; çift mod için (a, b-d), tek mod için (a, b, e,f).

TABLE-1
[6] İLE YAPILAN KARŞILAŞTIRMA SONUÇLARI

S=60 μm, W=120 μm, D=150 μm, G=1150 μm, ε _r =12.9															
Tek Mod							Çift Mod								
Etkin Dielektrik Sabiti			Karakteristik Empedans (Ω)				Etkin Dielektrik Sabiti			Karakteristik Empedans (Ω)			Kuplaj Katsayısı		
H (μm)	Bu çalışma	[6]	Δ (%)	Bu çalışma	[6]	Δ (%)	Bu çalışma	[6]	Δ (%)	Bu çalışma	[6]	Δ (%)	Bu çalışma	[6]	Δ (%)
100	6.637	6.604	0.497	23.218	23.275	0.245	5.853	5.844	0.154	36.602	36.510	0.251	0.224	0.221	1.339
200	6.881	6.906	0.363	22.802	22.761	0.180	6.520	6.531	0.169	34.679	34.537	0.409	0.207	0.206	0.483
300	6.934	6.939	0.072	22.716	22.706	0.044	6.770	6.741	0.428	34.034	33.995	0.115	0.199	0.199	0.000
400	6.949	6.946	0.043	22.690	22.695	0.022	6.860	6.827	0.481	33.808	33.780	0.083	0.197	0.196	0.508
500	6.951	6.948	0.043	22.688	22.691	0.013	6.895	6.869	0.377	33.723	33.675	0.142	0.196	0.195	0.510

$$\epsilon_{eff(tek)} = \frac{C_{tek}(\epsilon_r)}{C_{tek}(1)} \quad (12)$$

ve

$$Z_{0(tek)} = \frac{1}{v_{p(tek)} C_{tek}} \quad (13)$$

Burada $v_{p(tek)}$ tek mod için yayılım hızını ifade etmektedir ve

$$v_{p(tek)} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{eff,tek}}} \quad (14)$$

ile verilir. Bu bağıntıda c yine ışığın boş uzaydaki hızını göstermektedir.

Çift ve tek mod için yukarıda elde edilen elektriksel parametreler kullanılarak kuplaj katsayısı

$$K_{kuplaj} = \frac{Z_{0(çift)} - Z_{0(tek)}}{Z_{0(çift)} + Z_{0(tek)}} \quad (15)$$

ile verilir. Tablo-1' de bu çalışmada kullanılan yöntemle elde edilen sonuçlarla [6]' da kullanılan yöntemin sonuçları karşılaştırılmıştır. Görüldüğü sonuçlar arasındaki yüzdelik sapma (Δ) çok küçüktür.

3. SONUÇ

Bu bildiride sonlu toprak düzlem genişliklerine ve dielektrik katman yüksekliğine sahip EDKDK' nın yarı-TEM parametreleri adım adım konformal dönüşüm yöntemi uygulanarak elde edilmiştir. Elde edilen bu parametreler sonlu toprak düzlem genişlikleri sonsuza götürülerek [6]' da yapılan çalışmanın sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve sonuçların birbirine çok yakın olduğu

gösterilmiştir. Bilindiği gibi nümerik yöntemlerle bu analizler oldukça uzun zaman almakta ve çok fazla bilgisayar hafızasına ihtiyaç duyulmaktadır. Elde edilen kapalı formdaki bu bağıntılar bilgisayar destekli mikrodalga devre tasarımı araç ve uygulamalarında yüksek doğruluk ve hızda rahatlıkla kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] C. Karpuz, M. Duyar, and A.Görür, "Analysis of coplanar-coupled lines on a cylindrical substrate," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 27, No.3, pp.187-190, Nov. 2000.
- [2] 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.
- [3] C. P. Wen, "Coplanar-waveguide directional couplers," *IEEE Trans. Microwave Tech.*, vol. MTT-18, No.6, pp.318-322, June 1970.
- [4] B. N. Das and K. V. S. V. R. Prasad, "Even-mode and odd-mode impedances of coupled elliptic arc strips," *IEEE Trans. Microwave Tech.*, vol. MTT-32, No.11, pp.2689-2694, Nov.1984.
- [5] K.K. Joshi and B. N. Das, "Analysis of elliptic and cylindrical striplines using Laplace's equation," *IEEE Trans. Microwave Tech.*, vol. MTT-28, No.4, pp.381-386, Apr. 1980.
- [6] K.-K., Cheng, "Analysis and synthesis of coplanar coupled lines on substrates of finite thickness," *IEEE Trans. Microwave Tech.*, vol. 44, No.4, pp.636-639, Apr.1996.
- [7] G. Ghione and C. U. Naldi, "Coplanar waveguides for MMIC Applications: Effect of upper shielding, conductor backing, finite extent ground planes, and line to line coupling," *IEEE Trans. Microwave Tech.*, vol. MTT-35, No.3, pp.260-267, March 1987.