

İletken Tabanlı Asimetrik Eş Düzlemli Dalga Kılavuzlarının Karakteristik Parametrelerinin Bulanık Mantık Sistemine Dayalı Uyarlanır Ağ İle Hesaplanması

Celal YILDIZ, Kerim GÜNEY, Nurcan SARIKAYA*
Erciyes Üniversitesi, Elektronik Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri
yildizc@erciyes.edu.tr, kguney@erciyes.edu.tr

*Erciyes Üniversitesi
Sivil Havacılık Yüksekokulu, Uçak Elektrik-Elektronik Bölümü, 38039, Kayseri
nurcanb@erciyes.edu.tr

Özet: Monolitik mikrodalga tümleşik devreleri (MMTD) teknolojisinde yaygın olarak kullanılmaya başlanan iletim hatlarının temelini teşkil eden eş düzlemli dalga kılavuzlarının (EDDK) analizleri ya quasi-statik ya da frekans bağımlı tam dalga yaklaşımı ile gerçekleştirilmektedir. Ancak her iki yaklaşımla yapılan analizlerin bazı dezavantajları mevcuttur. Bu nedenle hata oranı düşük olan modellemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, bulanık mantık sistemine dayalı uyarlanır ağ (BMSDUA) yöntemi, iletken tabanlı asimetrik EDDK'nın karakteristik empedansını ve efektif dielektrik sabitini hesaplamak için sunulmuştur. Önerilen BMSDUA yöntemi ile elde edilen sonuçların, literatürde mevcut analitik yöntemlerden elde edilen sonuçlarla çok iyi bir uyumluluk içerisinde olduğu gösterilmiştir.

1. Giriş

İletken tabanlı EDDK'lar, paralel ve seri bağlantı kolaylığı, düşük ısıma, düşük dispersiyon ve mekaniksel dayanıklılığı artırması gibi avantajlarından dolayı, MMTD'lerin tasarımı için önemli iletim ortamlarıdır. Literatürde farklı geometrik yapılarıdaki EDDK'ların analizleri, ya quasi-statik ya da tam dalga yaklaşımı ile gerçekleştirilmektedir [1-4]. EDDK'ların karakteristik parametrelerini elde etmek için kullanılan tam dalga analiz yöntemleri en doğru yöntemler olmakla beraber analitik olarak oldukça karmaşık matematiksel işlemler içerir, hesaplama süreleri de oldukça uzundur ve pahalı yazılımlara ihtiyaç duyarlar. Quasi-statik yöntemler ise oldukça basit, yapılarının geometrik boyutlarına bağlı kapalı formda ifadeler sunmasına karşın EDDK'nın dispersif yapısını dikkate almazlar. Bununla birlikte yapılan çalışmalar quasi-statik yöntemle elde edilen sonuçların EDDK'nın boyutlarının taban kalınlığını aşmaması durumunda tüm mikrodalga frekans sahası içerisinde geçerli olacağını göstermiştir [5]. En yaygın kullanılan quasi-statik yöntem olan konform dönüşüm tekniği (KDT) ile elde edilen sonuçlar ise eliptik integraller içerir ve bu integrallerin hesaplanması için yaklaşık ifadeler kullanılır. Ayrıca, her iki yöntem de oldukça derin bir teorik bilgi birikimi gerektirmektedir.

Bu çalışmada, iletken tabanlı asimetrik EDDK'nın karakteristik empedansı ve efektif dielektrik sabiti, literatürde mevcut klasik yöntemlerin dezavantajlarına sahip olmayan, hem bulanık mantık sistemlerinin hem de yapay sinir ağları (YSA)'nın cazip özelliklerini birleştiren BMSDUA'ya [6] dayanan bir yöntem ile hesaplanmıştır. BMSDUA'nın avantajları; dilsel bulanık kurallar ile mükemmel ifade etme yeteneği, problemle ilgili hem verileri hem de var olan uzman tecrübelerini bir arada kullanabilme kabiliyeti, kesin olarak bilinmeyen verileri tolere etmesi, lineer olmayan fonksiyonları modelleyebilmesi, esnek bir yapıya sahip olması, iyi genelleme yapabilmesi, hızlı ve doğru öğrenmesidir. Önerilen BMSDUA yöntemi ile elde edilen sonuçların hem literatürde mevcut analitik yöntemden [2] elde edilen sonuçlarla çok iyi bir uyumluluk içerisinde olduğu hem de YSA'ya dayanan modellerden [7] elden edilen sonuçlardan daha iyi doğrulukta olduğu görülmüştür.

2. KDT ile İletken Tabanlı Asimetrik EDDK'ların Quasi-Statik Analizleri

Yarık genişlikleri b_1 ve b_2 , merkezi iletken genişliği $2a$, taban malzemesinin bağli dielektrik sabiti ϵ_r ve yüksekliği h olan iletken tabanlı asimetrik EDDK'nın geometrik yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir. EDDK'nın quasi-statik analizleri sırasında iletken malzemelerin mükemmel elektrik iletken ve toprak düzlemlerinin sonsuz uzun olduğu kabul edilmiştir. EDDK'nın efektif dielektrik sabiti ve karakteristik empedansı aşağıdaki şekilde belirlenir.

$$\varepsilon_{eff} = \frac{C}{C^a} \quad \text{ve} \quad Z_o = \frac{1}{cC^a \sqrt{\varepsilon_{eff}}} \quad (1)$$

Burada, C birim uzunluk başına yapının toplam kapasitesini, C^a tüm yapıdaki dielektrik malzemenin hava ile yer değiştirmesi halindeki birim uzunluk başına hava kapasitesini ve c ışık hızını temsil etmektedir. Toplam kapasite C, taban malzemesinin birim uzunluk başına kapasite değeri olan C_1 ile tabanın hava olması durumundaki kapasite değeri olan C_2 'nin toplamına eşittir. C_1 ve C_2 kapasiteleri [2]'de tarif edildiği gibi bir dizi düzlem dönüşümleri sonucunda,

$$C_1 = \varepsilon \frac{K(k_1)}{K(k_1')} \quad \text{ve} \quad C_2 = \varepsilon_o \frac{K(k_2)}{K(k_2')} \quad (2)$$

olarak belirlenir. Burada $K(k_i)$ ve $K(k_i')$, birinci tür eliptik integrallerdir. Eşitlik (2)'deki ifadelerin eşitlik (1)'de kullanılmasıyla,

$$e_{eff} = \frac{\left[\varepsilon_r \frac{K(k_1)}{K(k_1')} + \frac{K(k_2)}{K(k_2')} \right]}{\left[\frac{K(k_1)}{K(k_1')} + \frac{K(k_2)}{K(k_2')} \right]} \quad \text{ve} \quad Z_o = \frac{120\pi}{\sqrt{e_{eff}} \left[\frac{K(k_1)}{K(k_1')} + \frac{K(k_2)}{K(k_2')} \right]} \quad (3)$$

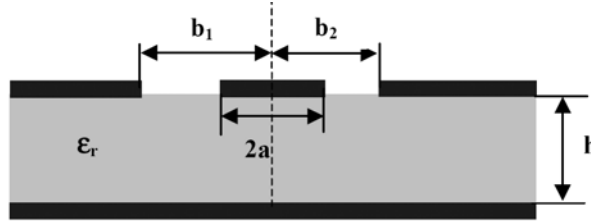
elde edilir. Burada k_1, k_1', k_2, k_2' eliptik integrallerin modülleri olup,

$$k_1^2 = \frac{(t_4 - t_3)(t_5 - t_3)}{(t_4 - t_2)(t_5 - t_3)}, \quad k_1'^2 = 1 - k_1^2, \quad k_2^2 = \frac{2a(b_1 + b_2)}{(b_1 + a)(b_2 + a)} \quad \text{ve} \quad k_2'^2 = 1 - k_2^2 \quad (4)$$

ile tanımlanır. k_1 modülünde görülen t değişkenleri yapının geometrik boyutları cinsinden,

$$t_2 = \exp\left(-\frac{\pi}{h}b_1\right), \quad t_3 = \exp\left(-\frac{\pi}{h}a\right), \quad t_4 = \exp\left(\frac{\pi}{h}a\right) \quad \text{ve} \quad t_5 = \exp\left(\frac{\pi}{h}b_2\right) \quad (5)$$

olarak verilir.



Şekil 1. İletken tabanlı asimetrik EDDK'nın geometrik yapısı.

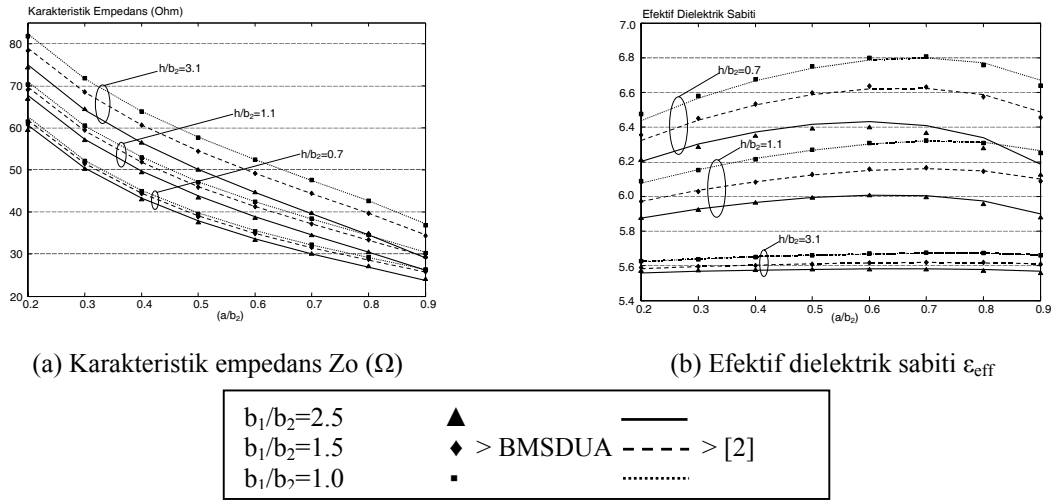
3. BMSDUA ile Karakteristik Parametrelerin Hesaplanması

İletken tabanlı asimetrik EDDK'nın karakteristik empedansını ve efektif dielektrik sabitini hesaplamak için kullanılan BMSDUA'nın girişleri, yapının geometrik boyutları olan a/b_2 , b_1/b_2 ve h/b_2 oranları ile kullanılan dielektrik malzemenin bağıl dielektrik sabiti ε_r 'dir. Çıkışı ise, efektif dielektrik sabiti ε_{eff} ve karakteristik empedans Z_o 'dır. BMSDUA'nın eğitimi ve testi için, sırasıyla 1280 ve 1344 adet veri seti kullanılmıştır. BMSDUA melez öğrenme algoritması kullanılarak eğitilmiştir. Eğitimden önce giriş ve çıkış verileri 0 ile 1 arasında normalize edilmiştir. Eğitim için epok sayısı 70'tir. Giriş değişkenleri a/b_2 , b_1/b_2 , h/b_2 ve ε_r için üyelik fonksiyon sayıları sırasıyla 2, 2, 2, ve 2'dir. Bu durumda kural sayısı 16 ($2 \times 2 \times 2 \times 2$)'dir. Giriş değişkenleri a/b_2 , b_1/b_2 , h/b_2 ve ε_r için üyelik fonksiyonları sırasıyla üçgen, gauss, üçgen ve gauss'tur. Üçgen ve gauss üyelik fonksiyonları sırasıyla 3 ve 2 parametreye sahiptir. Böylece BMSDUA, 20 ($2 \times 3 + 2 \times 2 + 2 \times 3 + 2 \times 2$) lineer olmayan parametre ve 80 (5×16) lineer parametre olmak üzere toplam 100 parametre içermektedir. Şekil 2'de, bağıl dielektrik sabiti $\varepsilon_r=10$ için, BMSDUA yöntemi ile elde edilen test sonuçları literatürde mevcut analitik yöntem [2] ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Karakteristik empedansa ve efektif dielektrik sabitine ait BMSDUA ve analitik yöntem [2] sonuçlarının çok iyi bir uyum içerisinde olmaları sunulan BMSDUA

yönteminin geçerliliğini ortaya koymaktadır. Tablo 1’de de, BMSDUA yöntemi ile geri yayılım (GY) ve genişletilmiş delta bar delta (GDBD) algoritmalarıyla eğitilen YSA modellerden [7] elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tablo 1’den sunulan yöntemin YSA’ya dayanan yöntemden daha küçük mutlak ortalama hataya sahip olduğu açıkça görülmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, iletken tabanlı asimetrik EDDK’nın karakteristik parametreleri, hem bulanık mantık sistemlerinin hem de YSA’ların cazip özelliklerini birleştiren BMSDUA yöntemi ile başarılı bir şekilde hesaplanmıştır. BMSDUA yöntemi ile elde edilen sonuçların hem literatürde mevcut analitik yöntemlerden elde edilen sonuçlarla çok iyi bir uyumluluk içerisinde olduğu hem de YSA’ya dayanan modellerden elde edilen sonuçlardan daha iyi doğrulukta olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada sunulan yöntemin avantajları, basitliği, kolaylıkla uygulanabilmesi ve elde edilen sonuçların doğruluğudur.



Şekil 2. Kaynak [2]’den elde edilen sonuçlarla BMSDUA modeli çıkışlarının karşılaştırılması ($\epsilon_r=10$).

Tablo 1. BMSDUA yöntemi ile YSA modellerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması.

		Eğitimdeki mutlak ortalama hata		Testteki mutlak ortalama hata	
		ϵ_{eff}	Z_o (Ω)	ϵ_{eff}	Z_o (Ω)
YSA [7]	GY	0.01901	0.48491	0.01771	0.47767
	GDBD	0.01619	0.45601	0.01306	0.40521
Sunulan BMSDUA Yöntemi		0.00499	0.08454	0.00586	0.18366

5. Kaynaklar

- [1]. Hanna V.F. ve Thebault D., “Theoretical and experimental investigation of asymmetric coplanar waveguide”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., 32, s. 1649-1651, 1984.
- [2]. Fang S-J. ve Wang B-S., “Analysis of asymmetric coplanar waveguide with conductor backing”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., 47, s. 238-240, 1999.
- [3]. Shih Y.C. ve Itoh T., “Analysis of conductor-backed coplanar waveguide”, Elect. Lett., 18, s. 538-540, 1982.
- [4]. Liang G.C., Liu Y.W., ve Mei K.K., “Full wave analysis of coplanar waveguides and slot lines using time domain finite difference method”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., 37, s. 1449-1457, 1989.
- [5]. Knorr J.B. ve Kuchler K.D., “Analysis of coupled slots and coplanar strips on dielectric substrate”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., 23, s. 541-548, 1975.
- [6]. Jang J-S. R., Sun C.T., ve Mizutani E., Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997.
- [7]. Yıldız C., Gültekin S., Güney K., ve Sağiroğlu S., “Neural models for the resonant frequency of electrically thin and thick circular microstrip antennas and characteristic parameters of asymmetric coplanar waveguides backed with a conductor”, Int. J. Electron. Commun. (AEU), 56(6), s. 396-406, 2002.