

Alt ve Üst Korunmalı Eş Düzlemli Dalga Kılavuzlarının Quasi-statik Analizlerinin Yapay Sinir Ağları ile Gerçekleştirilmesi

Mustafa Türkmen, Celal Yıldız
Erciyes Üniversitesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü
Melikgazi, Kayseri
turkmen@erciyes.edu.tr, yildize@erciyes.edu.tr

Özet: Mikrodalga entegre devre teknolojisinde yaygın olarak kullanılmaya başlanan iletim hatlarının birçok çeşidinden biri olan alt ve üst korunmalı eş düzlemli dalga kılavuzlarının (AÜKEDDK) quasi-statik analizleri konform dönüşüm tekniği (KDT) kullanılarak yapılabilmektedir. Ancak KDT ile yapılan analizlerde yapının karakteristik parametrelerini veren kapalı formdaki ifadelerin, belirli yaklaşımlarla çözülebilen eliptik integraller içermesi bu yöntemin dezavantajıdır. Bu nedenle doğru bir tasarım için hata oranı oldukça düşük olan modellemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, AÜKEDDK'ların karakteristik empedansları ve efektif dielektrik sabitleri tek bir Yapay Sinir Ağı (YSA) modeli ile hesaplanmıştır. YSA yapısı olarak çok katlı perseptronlar kullanılmış olup, bu yapı dört farklı öğrenme algoritması kullanılarak eğitilmiş ve algoritma performansları değerlendirilmiştir.

1. Giriş

Toprak düzlemi ve merkez iletkenin aynı düzlem üzerinde bulunduğu eş düzlemli dalga kılavuzlarının (EDDK) analizleri 1969 yılında Wen tarafından KDT kullanılarak gerçekleştirilmiştir [1]. Daha sonraki teknolojik gelişmelerle birlikte EDDK'lar çok farklı geometrik yapılara dönüştürülmüştür. Paket halinde üretilmekte olan Mikrodalga Entegre Devrelerin (MED) içinde metal duvarlar alt ve üst kısımlarda kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu tip elemanlarla olan bağlantı kolaylıkları nedeniyle alt ve üst korunmalı elemanların kullanımları MED'ler için bir avantaj teşkil etmektedir [2, 3]. MED teknolojisinde yaygın olarak kullanılmaya başlanan bu iletim hatlarının analizlerinde frekans bağımlı tam dalga analizleri [4] veya KDT gibi quasi-statik yaklaşımlar [5] kullanılmaktadır. Ancak her iki yaklaşımla yapılan analizlerinde bazı dezavantajları mevcuttur. KDT ile yapılan analizlerde, yapının karakteristik parametrelerini veren kapalı formdaki ifadelerin hesaplanması son derece güç olan eliptik integraller içermesi ve bu integrallerin literatürde mevcut olan yaklaşık ifadelerle hesaplanabiliyor olması ve düzlem dönüşümleri için uzmanlık bilgisi gerektirmesi gibi dezavantajları mevcuttur. Frekans bağımlı çözümlerde ise, yapıların karakteristik parametrelerinin hesaplanmasında işlem süresinin uzun olması, güçlü bir teorik bilgi birikimi gerektirmesi ve pahalı paket programlara ihtiyaç duyulması gibi dezavantajlar vardır. Bu nedenle hata oranı düşük olan modellemelere ihtiyaç duyulmaktadır. YSA'lar genelleme yapabilme kabiliyetleri, lineer olmayan özelliklere sahip olmaları, adaptif olmaları, gürültü toleranslarının olması, paket programlarının bulunması, hızlı öğrenilebilmeleri ve iyi yakınsayarak düşük hata oranlarında çıkış üretebilmeleri bakımından son yıllarda mikrodalga devrelerinin modellenmesi ve simülasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadırlar [6].

Bu çalışmada, AÜKEDDK'ların karakteristik empedansları ve efektif dielektrik sabitleri tek bir YSA modeli ile hesaplanmıştır. Sunulan YSA modelinden elde edilen sonuçların, literatürde mevcut olan diğer yöntemlere ait sonuçlar ile çok iyi bir uyum içerisinde olması, YSA'ların bu tür problemlerin çözümünde yeni bir alternatif olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Sonuç olarak, YSA'ların bilinen cazip özellikleri kullanılarak AÜKEDDK'ların quasi-statik analizleri başarıyla gerçekleştirilmiştir.

2. AÜKEDDK'ların Quasi-Statik Analizleri

Şekil 1'de kesit görünümü verilen AÜKEDDK'lar için S merkez iletken genişliğini, o 'lar yarık genişliklerini, $2b$ yarıklar ve merkez iletken genişlikleri toplamını, h_1 dielektrik tabanın kalınlığını, h_2 alt korumanın iletim elemanlara olan uzaklığını, h_3 üst korumanın iletim elemanlara olan uzaklığını ve t ise metal şerit kalınlıklarını göstermektedir. KDT ile, AÜKEDDK'ların karakteristik parametrelerinin belirlenebilmesi için yapı [3]'te tarif edildiği gibi bir dizi düzlem dönüşümleri sonucunda paralel levhali kondansatör haline dönüştürülerek, efektif dielektrik sabitleri (ϵ_{eff}) ve karakteristik empedansları (Z_0);

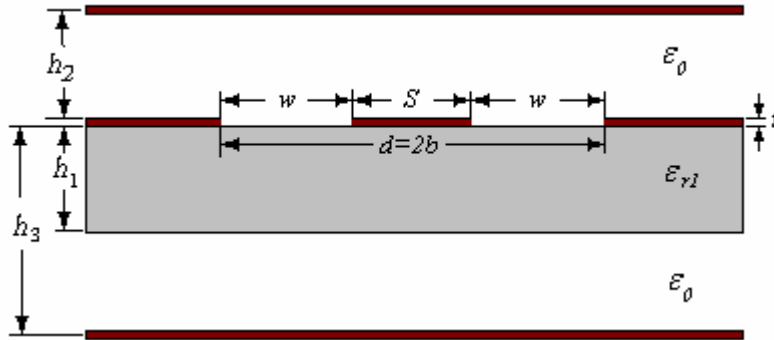
$$\epsilon_{eff} = 1 + q_1 (\epsilon_{r1} - 1) \quad (1)$$

$$Z_0 = \frac{60\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \cdot q_1 \cdot \left(\frac{K(k_1')}{K(k_1)} \right) \quad (2)$$

ile belirlenebilir. Bu ifadelerdeki, q_1 kısmi doldurma faktörü olup;

$$q_1 = \frac{K(k_1)}{K(k_1')} \cdot \left[\frac{K(k_2)}{K(k_2')} + \frac{K(k_3)}{K(k_3')} \right]^{-1} \quad (3)$$

ile tanımlanır. Burada, $K(k_i)$, $K(k_i')$, terimleri birinci tür tam eliptik integralleri gösterirken, k_i ve k_i' terimleri ise bu eliptik integrallerin modüllerini göstermekte olup, yapının geometrik boyutlarına bağlı tanım ifadeleri [3]'te verilmiştir.



Şekil 1. AÜKEDDK'nın kesit görünümü

3. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağlarının bir çok farklı yapısı mevcuttur [7]. Çok katlı perseptronlar (ÇKP), bir çok alana uygulanmış olan bir YSA yapısıdır [6]. Genel olarak bir ÇKP-YSA yapısında giriş katındaki nöronlar tampon gibi davranırlar ve x_i giriş sinyalini ara kattaki nöronlara dağıtırlar. Ara kattaki her bir nöron j 'nin çıkışı, kendine gelen bütün giriş sinyalleri x_i 'leri takip eden bağlantı ağırlıkları w_{ji} ile çarpımlarının toplanması ile elde edilir. Elde edilen bu toplam, y_j 'nin toplam bir fonksiyonu olarak hesaplanabilir. Burada kullanılacak fonksiyon basit bir eşik fonksiyonu, bir sigmoid veya hiperbolik tanjant fonksiyonu olabilir. Diğer katlardaki nöronların çıkışları da aynı şekilde hesaplanır. Bu çalışmada, ÇKP'ye giriş olarak yapıların geometrik boyutları ve bağıl dielektrik sabitleri, çıkış olarak ta efektif dielektrik sabiti ve karakteristik empedans değerleri uygulanmıştır.

4. YSA'ların AÜKEDDK'lara Uygulanması

AÜKEDDK'ların karakteristik parametrelerinin YSA ile belirlenmesi için oluşturulan model altı giriş ve iki çıkıştan oluşmaktadır. YSA modeline tasarımı yapılacak olan taban malzemesinin bağıl dielektrik sabiti ϵ_{r1} ve yapının geometrik boyutları ile ilgili parametreler olan h_1/b , h_2/b , h_3/b , w/b ile S/d giriş olarak uygulanırken yapının efektif dielektrik sabiti ϵ_{eff} ve karakteristik empedansı Z_0 çıkış olarak uygulanmıştır.

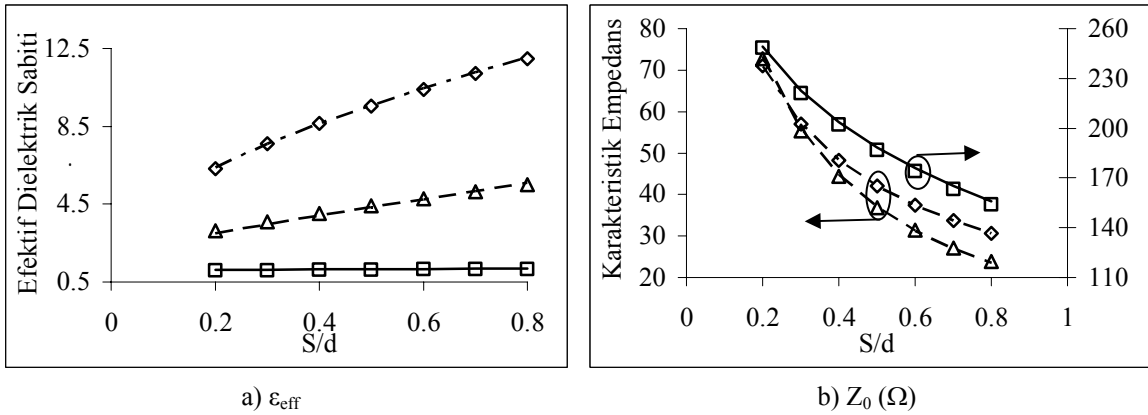
YSA modeli, [3]'te verilen ifadeler kullanılarak elde edilen 1680 adet veriden oluşan bir veri seti ile eğitilmiştir. Bu veri setindeki giriş parametrelerinin değişim aralıkları, taban malzemesinin bağıl dielektrik sabiti ϵ_{r1} 2 ile 14 arasında değişirken, S/d 0.1 ile 0.9 arasında, b 100µm ila 500µm, h_1 100µm ila 1000µm ve h_1/b değeri 0.1 ila 1.2 arasında, h_1/h_3 değeri 1 ila 4 arasında değişen değerler için belirlenmiştir. Test için ise eğitim setinden farklı olarak yine [3]'teki ifadeler kullanılarak türetilen 672 adet veriden oluşan bir veri seti kullanılmıştır. Kullanılan YSA modeli girişte 6 nöron, ara katmanda 12 nöron çıkışta da 2 nöron olmak üzere toplam 20 nörondan oluşan bir ÇKP yapısıdır. Transfer fonksiyonu olarak ta giriş katmanında tanjant sigmoid, ara katmanda logaritmik sigmoid ve çıkış katmanında ise lineer eşik fonksiyonu kullanılmıştır. YSA'yı eğitime işlemine, belirlenen bir iterasyon sayısına veya belirlenen bir hata kriterine ulaşıldığında son verilmiştir. YSA modelinin eğitimi dört farklı öğrenme algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bunlar; Levenberg-Marquardt (LM), Bayesian düzenleme (BD), Quasi-Newton (QN) ve Conjugate Gradient with Fletcher (CGF) algoritmalarıdır. Tablo 1'de bu öğrenme algoritmalarının eğitim ve test işlemleri için hataların kareleri ortalamasının karekökü (RMS)

sonuçları karşılaştırılarak performansları değerlendirilmiştir. Buna göre en iyi performansı LM ve BD algoritmaları, en kötü performansı ise CGF algoritması sergilemiştir.

Şekil 2.a'da AÜKEDDK'ların karakteristik parametrelerden biri olan ϵ_{eff} efektif dielektrik sabitine ve 2.b'de ise diğer bir parametre olan karakteristik empedansına $Z_0(\Omega)$ ait grafiklerde, LM ile eğitimi gerçekleştirilen YSA modelinden elde edilen sonuçlar KDT [3] sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu grafiklerde $w=20\mu m$, $h_1=635\mu m$ ve $h_2=650\mu m$ olan AÜKEDDK yapıları incelenmiştir.

Tablo 1. AÜKEDDK'lar için sunulan YSA modelinde algoritma performansları

Öğrenme Algoritmaları	Eğitim RMS Hataları		Test RMS Hataları	
	ϵ_{eff}	$Z_0(\Omega)$	ϵ_{eff}	$Z_0(\Omega)$
LM	0.6846	0.5770	0.6047	1.1421
BD	0.7533	0.7279	1.7725	0.7266
QN	0.6623	39.5687	19.6953	21.6945
CGF	12.5981	29.1029	9.3034	20.9659



a) ϵ_{eff} b) $Z_0(\Omega)$
 — $\epsilon_r=2$ için KDT --- $\epsilon_r=9$ için KDT --- $\epsilon_r=13$ için KDT
 □ $\epsilon_r=2$ için YSA Δ $\epsilon_r=9$ için YSA ◇ $\epsilon_r=13$ için YSA

Şekil 2. AÜKEDDK'ya ait KDT ve YSA sonuçlarının karşılaştırılması

5. Sonuç

Sonuç olarak, LM algoritmasıyla eğitimi gerçekleştirilen YSA modelinden elde edilen sonuçların, literatürde mevcut KDT sonuçları ile uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle sunulan YSA modeli klasik yöntemlere alternatif yeni bir yaklaşım olarak önerilebilecek düzeyde bir hata oranına sahip olduğu söylenebilir.

Kaynaklar

- [1]. Wen C. P., "Coplanar Waveguide: A Surface Transmission Line Suitable for Nonreciprocal Gyromagnetic Device Applications", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 17(12), s.1087-1090, 1969.
- [2]. Ghione, G. ve Naldi, C. U., "Coplanar Waveguides for MMIC Applications: Effect of Upper Shielding, Conductor Backing, Finite-Extent Ground Planes, and Line-to-Line Coupling", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 35(3), s.260-267, 1987.
- [3]. Gevorgian, S., Linnér, L. ve Kollberg J. P., "CAD Models for Shielded Multilayered CPWs", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 43(4), s.326-335, 1995.
- [4]. Das N. K. ve Pozar D. M., "A Generalized Spectral-Domain Green's Function for Multilayer Transmission Lines", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 35, s.326-335, 1987.
- [5]. Bedair S. S ve Wolff I., "Fast, Accurate and Simple Approximate Analysis Formulas for Calculating the Parameters of Supported Coplanar Waveguides for (M)MIC's", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 40, s.41-48, 1992.
- [6]. Yıldız C., Sağıroğlu S. ve Turkmen M., "Neural Model for Coplanar Waveguide Sandwiched between Two Dielectric Substrates", IEE -Proceedings-Microwaves, Antennas and Propagation, 151(1), s. 7-12, 2004.
- [7]. S. Haykin, "Neural Networks: A comprehensive Foundation", Macmillan College Publishing Comp., USA, New York, 1994.