

Sandviç Eş Düzlemli Dalga Kılavuzlarının Analizleri için Bulanık Mantık Sistemine Dayalı Uyarlanır Ağ Modelleri

Mustafa Türkmen, Sabri Kaya, Celal Yıldız, Kerim Güney
Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fak., Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri
turkmen@erciyes.edu.tr, sabrikaya@erciyes.edu.tr, yildizc@erciyes.edu.tr, kguney@erciyes.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, sandviç eş düzlemli dalga kılavuzların (EDDK) karakteristik parametreleri bulanık mantık sistemine dayalı uyarlanır ağ (BMSDUA) modelleri ile hesaplanmıştır. BMSDUA yapıları birinci dereceden Sugeno tipi bulanık modellerdir. Bu modellerin eğitimleri melez öğrenme algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Model parametreleri farklı üyelik fonksiyonları kullanılarak belirlenmiş ve bu üyelik fonksiyonlarının performansları kendi aralarında değerlendirilmiştir. Modellerden elde edilen sonuçlar spektral domen analizi (SDA), konform dönüşüm tekniği (KDT) ve literatürde mevcut olan deneysel sonuçlarla karşılaştırılmış ve iyi bir uyum içerisinde oldukları görülmüştür. Sunulan bu modeller aynı zamanda uygun giriş parametrelerinin seçilmesiyle geleneksel EDDK'ların analizleri içinde kullanılabilir.

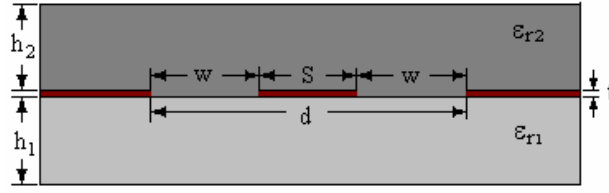
1. Giriş

Eş düzlemli dalga kılavuzları (EDDK), geçmişte radar ve haberleşme sistemlerinde kullanılan manyetik devre elemanlarının ve daha sonra geliştirilen şerit ve mikroşerit iletim hatlarının yerini almıştır [1]. Gelişen teknolojiyle birlikte farklı geometrik boyutlarda da üretimi gerçekleştirilmiş olan bu iletim hatlarının kullanımı yaygınlaşarak devam etmektedir [1-4]. Pratikte çok katmanlı dielektrik tabanların kullanımı yaygındır ve entegre devrelerde, iletim elemanları dielektrik katmanlar arasına yada bir veya daha fazla katmandan oluşan dielektrik tabanın üzerine yerleştirilmektedirler. Uygun dielektrik tabanların kullanılmasıyla temel frekans bölgesinin kontrol edilmesi ve kaçak alanların önenebilmesi çok katmanlı yapıların avantajıdır [2]. Bu çalışmada, iki dielektrik katman arasında yerleştirilen iletim elemanlarından oluşan sandviç EDDK'lar (SEDDK) ele alınmıştır. SEDDK'lar, üstteki dielektrik katmanın hava seçilmesiyle geleneksel EDDK'lara dönüşmektedir. Bu tür iletim hatlarının analizinde kullanılan yöntemlerin temel amacı, yapının karakteristik parametreleri olan, karakteristik empedansı ve efektif dielektrik sabitlerinin belirlenmesidir. Bu yöntemler frekans bağımlı tam dalga analizleri [3] ve quasi-statik yaklaşımlar [4] olarak iki ana başlık altında toplanabilir. Her iki yaklaşımla yapılan analizlerin de bazı dezavantajlarının olması nedeniyle hata oranı düşük olan alternatif modellemelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bulanık mantık sistemlerinin avantajları, anlaşılmasının kolay olması, esnek bir yapıya sahip olması, kesin olarak bilinmeyen verileri tolere etmesi ve lineer olmayan fonksiyonları modelleyebilmesidir. Yapay sinir ağları (YSA) ise, hızlı ve doğru öğrenme yetenekleri, kolayca farklı problemlere uyarlanabilir olmaları, genelleme yapabilmeleri, daha az bilgi gerektirmeleri, paralel yapılarından dolayı hızlı çalışabilme yetenekleri ve kolay bir şekilde uygulanabilir olmaları gibi pek çok avantaja sahiptirler. Bulanık mantık sistemine dayalı uyarlanır ağ (BMSDUA) yapıları ise hem YSA'ların hem de bulanık mantık sistemlerin cazip özelliklerini tek bir modelde birleştirirler. Hızlı ve doğru öğrenmesi, genelleme yapabilmesi, problemle ilgili hem verileri hem de var olan uzman tecrübelerini bir arada kullanabilme kabiliyeti, kesin olarak bilinmeyen verileri tolere etmesi, lineer olmayan fonksiyonları modelleyebilmesi ve esnek bir yapıya sahip olması, BMSDUA'nın yaygın olarak kullanılmasının en önemli sebepleridir [5]. Bu çalışmada, hem YSA'ların hem de bulanık mantık sistemlerinin cazip özelliklerini içeren BMSDUA yöntemi ile SEDDK'ların efektif dielektrik sabitlerini ve karakteristik empedanslarını hesaplayarak, bu yapıların quasi-statik analizlerini gerçekleştirebilecek olan modeller sunulmuştur. BMSDUA modelleri melez öğrenme algoritması kullanılarak eğitilmiştir. BMSDUA yapısı ile oluşturulan model parametreleri sekiz farklı üyelik fonksiyonu kullanılarak belirlenmiş ve bu üyelik fonksiyonlarının performansları kendi aralarında değerlendirilmiştir. Bu modellerden elde edilen sonuçlar, SDA [3], KDT [4] ve literatürde mevcut olan deneysel sonuçlarla [6-8] karşılaştırılmış ve oldukça iyi bir uyum içerisinde oldukları görülmüştür.

2. SEDDK'nın Quasi-Statik Analizi

Karakteristik parametreleri belirlenecek olan SEDDK'nın kesit görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'de h_1 kalınlıklı malzemenin bağıl dielektrik sabiti ϵ_{r1} , h_2 kalınlıklı malzemenin bağıl dielektrik sabiti ϵ_{r2} , merkez iletkenin genişliği S , yarı genişlikleri w ile gösterilmiştir. Bu iletim hattının quasi-statik analizinin gerçekleştirilebilmesi için yapı [4]'te verilenler gibi bir takım düzlem dönüşümleri ile paralel plakalı kondansatör



Şekil 1. SEDDK'nın kesit görünümü

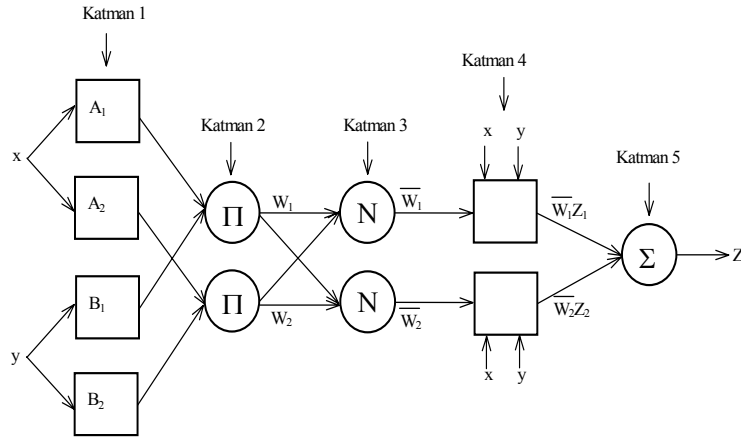
haline dönüştürülür ve kısmi kapasite değerleri tespit edilir. Bu kapasite değerlerinin kullanılmasıyla da yapının efektif dielektrik sabiti (ϵ_{eff}) ve karakteristik empedansı (Z_0) elde edilir. Bu dönüşümlere ait ifadeler [4]'te detaylı olarak verilmektedir.

3. Bulanık Mantık Sistemine Dayalı Uyarlanabilir Ağ Modelleri

Bulanık mantık sistemleri; bulanık küme teorisi, bulanık eğer-ise kural dizisi ve bulanık muhakeme kavramlarına dayanır. BMSDUA, bulanık mantık sistemlerine fonksiyonel olarak eşdeğer olan bir çeşit uyarlanabilir ağıdır. Bulanık mantık sisteminin parametreleri optimum olarak belirlenmelidir. BMSDUA'nın temel amacı, eşdeğer bulanık mantık sisteminin parametrelerini, giriş-çıkış veri kümelerini kullanıp bir öğrenme algoritması vasıtasıyla optimize etmektir. Parametre optimizasyonu, gerçek çıkış ile hedef çıkış arasındaki hata değeri minimum olacak şekilde yapılmaktadır. Hızlı ve doğru öğrenmesi, genelleme yapabilmesi, problemle ilgili hem verileri hem de var olan uzman tecrübelerini bir arada kullanabilme kabiliyeti, kesin olarak bilinmeyen verileri tolere etmesi, lineer olmayan fonksiyonları modelleyebilmesi ve esnek bir yapıya sahip olması, BMSDUA'nın yaygın olarak kullanılmasının en önemli sebepleridir [5]. Genel bir BMSDUA yapısı Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu BMSDUA yapısında x ve y gibi iki girişin ve z gibi bir çıkışın olduğu kabul edilmiştir. Modeller için tipik bir kural seti olan iki bulanık eğer-ise kuralı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

Kural 1: Eğer x, A_1 ve y, B_1 ise $z_1 = p_1x + q_1y + r_1$ ve Kural 2: Eğer x, A_2 ve y, B_2 ise $z_2 = p_2x + q_2y + r_2$

Burada A_i ve B_i başlangıçtaki bulanık kümelerdir, p_i , q_i ve r_i eğitime işlemi boyunca belirlenen tasarım parametreleridir.



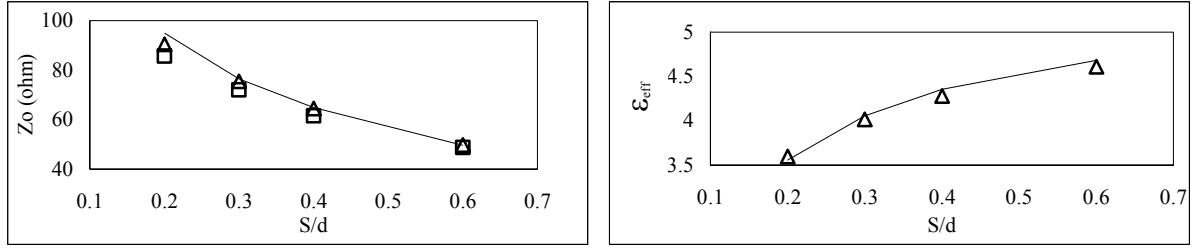
Şekil 2. BMSDUA yapısı

4. BMSDUA'ların Probleme Uygulanması

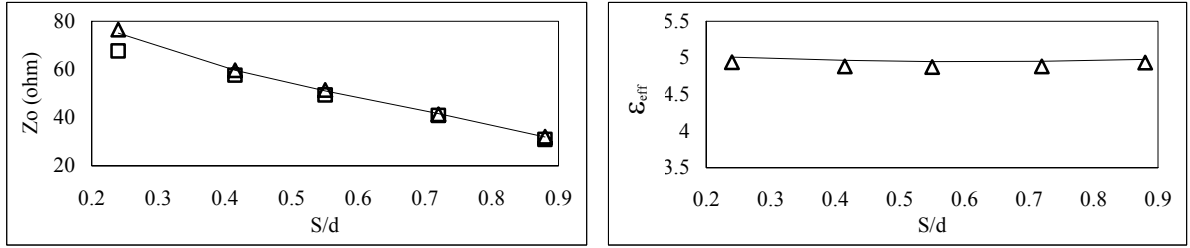
Bu çalışmada, BMSDUA yapıları SEDDK'ların quasi-statik analizi için uyarlanmıştır. Quasi-statik analizlerde dalga kılavuzlarının iki farklı karakteristik parametresinin hesaplanması söz konusu olduğu için eşdeğer iki BMSDUA yapısı kullanılmıştır. Model 1 ile efektif dielektrik sabiti, Model 2'yle ise karakteristik empedans değerleri hesaplanmıştır. Model girişleri ϵ_{r1} , ϵ_{r2} , h_1/h_2 ve S/d , model çıkışları ise ϵ_{eff} ve Z_0 'dir. Eğitim için 5184 ve test için 1581 adet veriden oluşan data setleri kullanılmıştır. BMSDUA yapıları birinci dereceden Sugeno tipi bulanık modellerdir. BMSDUA'lar melez öğrenme algoritması kullanılarak eğitilmiştir. Eğitim için epok sayısı 150'dir. Üyelik fonksiyon sayısı her bir giriş değişkeni için 2 olup kural sayısı ise 32 ($2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$)'dir. Böylece BMSDUA, 30 lineer olmayan ve 192 lineer olmak üzere toplam 222 parametre içermektedir. Bu giriş değişkenleri için en iyi sonucu, Model 1'de gaussian ve sigmoidal, Model 2'de ise üçgen üyelik fonksiyonları vermiştir. Model 1 ve Model 2'nin eğitim ve test hata oranları ise sırasıyla, $8.5 \cdot 10^{-3}$, $6.1 \cdot 10^{-2}$, $5.8 \cdot 10^{-2}$ ve 3.7 'dir.

5. Sonuç

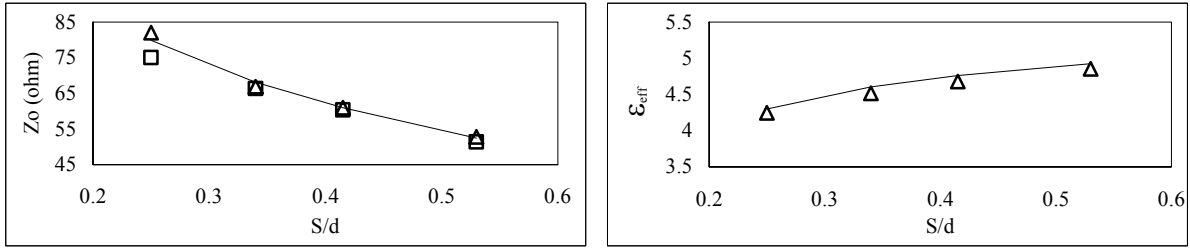
Sonuç olarak BMSDUA'ların bilinen cazip özellikleri kullanılarak SEDDK'ların karakteristik parametreleri başarıyla hesaplanmıştır. Ayrıca sunulan BMSDUA modelleri, hem SEDDK'ların hem de geleneksel EDDK'ların karakteristik parametrelerinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir yapıya sahiptir. Bu modellerden elde edilen sonuçların SDA [3], KDT [4] ve deneysel sonuçlarla [6-8] iyi bir uyum içerisinde olması sunulan modellerin bu tür yapıların analizlerinde kullanılmakta olan mevcut yöntemlere alternatif yeni bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu karşılaştırmalara bir örnek olması bakımından Model 1 ve Model 2 test sonuçlarına ait bazı grafikler Şekil 3'de verilmiştir. Sonuç olarak BMSDUA modellerin bu tip problemlerin çözümünde de kullanılabilecek bir yapıya sahip oldukları görülmüştür.



(a) $S=1270\mu\text{m}$, $h_1=1270\mu\text{m}$, $\epsilon_{r1}=9.2$ and $\epsilon_{r2}=1.0$



(b) $d=1000\mu\text{m}$, $h_1=640\mu\text{m}$, $\epsilon_{r1}=9.7$ and $\epsilon_{r2}=1.0$



(c) $S=508\mu\text{m}$, $h_1=635\mu\text{m}$, $\epsilon_{r1}=9.6$ and $\epsilon_{r2}=1.0$

Şekil 3. Sunulan ANFIS modellerinden elde edilen sonuçların KDT [4] ve deneysel [6-8] sonuçlarla karşılaştırılması. (— KDT $\Delta\Delta\Delta$ ANFIS $\square\square\square$ Measured)

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, MTT-35(3), s.260-267, 1987.
- [3]. Liu Y. ve Itoh T., "Leakage phenomena in multilayered conductor-backed coplanar waveguides", IEEE Microwave and Guided Wave Letters, 3(11), s.426-427, 1993.
- [4]. 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.
- [5]. Rahouyi, E. B., Hinojosa, J., ve Garrigós, J., "Neuro-fuzzy modeling techniques for microwave components", IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 16, s. 72-74, 2006.
- [6]. Dupuis, P. A. J. ve Campbell, C. K., "Characteristic impedance of surface-strip coplanar waveguides", Electron. Lett., 9(16), s.354-355, 1973.
- [7]. Becker, J. P. ve Jager, D., "Electrical properties of coplanar transmission lines on lossless and lossy substrate", Electron. Lett., 15(3), s.88-90, 1979.
- [8]. Riad, A. A., ve ark., "Thick-film coplanar strip and slot lines for microwave and wideband integrated circuits", Int. Microelectronics Symp. Dig., Reno, Nevada, s.18-21, 1982.