

Bir Mikrodalga Transistorunun “Bulanık Mantık Sistemi” ile Modellenmesi

Yavuz CENGİZ¹, Filiz GÜNEŞ²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi,
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü,
Isparta, Türkiye
ycengiz@mmf.sdu.edu.tr

²Yıldız Teknik Üniversitesi,
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü,
İstanbul, Türkiye
gunes@yildiz.edu.tr

Özet: Bu çalışmada Bulanık Mantık Sistemi, bir mikrodalga transistorunun küçük işaret ve gürültü davranışlarının modellenmesinde fonksiyon yaklaşıklığı olarak kullanılmıştır. Kara Kutu Modellemesinde, konfigürasyon tipi CT, kutuplama koşulları V_{DS} , I_{DS} ve frekans f ’den oluşan tüm çalışma parametreleri, giriş değişkenleri olarak belirlenmiştir. Bulanık Mantık Sistemi, çalışma domeninde belli sayıdaki noktada tanımlanmış olan toplam 12 saçılma ve gürültü parametresini bütün bir domende tanımlanacak şekilde yayıp fonksiyon yaklaşıklığı yapmak amacı ile kullanılmıştır. Sonuç olarak bir eleman modelleme tekniği olarak, eşdeğer devre modellerinin yerine Bulanık Mantık Sisteminin de kullanılabileceği önerilmektedir.

1. Giriş

Bir mikrodalga transistorunun küçük-ışaret performansı, bilindiği gibi belli bir konfigürasyonda (CT) kutuplama koşulu (V_{DS} , I_{DS}) ve operasyon frekansı f civarındaki Δf bandı için R,L,C ve bağımlı kaynak elemanlarının kullanıldığı bir “Eşdeğer Devre” ile temsil edilerek hesaplanır. Eşdeğer devredeki eleman değerleri (CT, V_{DS} , I_{DS} , f) çalışma koşullarındaki “İşaret” ve “Gürültü” parametrelerine karşılık düşer.

Son yıllarda geliştirilmiş “Soft” bilgisayar hesaplama yöntemleri ile Transistor Eşdeğer Devresinin Δf çalışma bandı, transistorun çalışma bandı B’ye genişletilmiştir [1][2][3][4]. Bu çalışmaların temeli eşdeğer devre eleman değerlerini, “Data” olarak verilen İşaret (Y-, S- gibi) ve Gürültü N parametrelerini hedef değerler alıp, optimize etmektir. Son yıllarda mikrodalga transistoru için geliştirilen “Data” temelli alternatif bir modelleme de, “Kara-kutu” modellemesidir. Bu modellemede, aktif elemanın çalışma koşulları CT, V_{DS} , I_{DS} , f birer giriş değişkeni olarak ele alınmış, buna karşın kara-kutuda kullanılan bir “Soft” bilgisayar yöntemi ile hesaplanan çıkışları da “İşaret” ve “Gürültü” parametreleridir. Bir mikrodalga transistoru için işaret parametreleri genellikle Saçılma parametreleri S- olup, gürültü parametreleri N- ile belli bir CT, V_{DS} , I_{DS} seti için ω -domeninde birer vektör ile ifade edilebilir:

$$\left[S^{(k)} \right] = \left[\begin{array}{ccc} |S_{11}^{(k)}| & \varphi_{11}^{(k)} & |S_{12}^{(k)}| \\ \varphi_{12}^{(k)} & |S_{21}^{(k)}| & \varphi_{21}^{(k)} \\ |S_{22}^{(k)}| & \varphi_{22}^{(k)} & |S_{21}^{(k)}| \end{array} \right] \quad (1)$$

$$\left[N^{(k)} \right] = \left[\begin{array}{ccc} F_{\min}^{(k)} & \Gamma_{\min}^{(k)} & \varphi_{\min}^{(k)} \\ & & R_N^{(k)} \end{array} \right] \quad (2)$$

2. Problemin Tanımı

Bir mikrodalga transistorun giriş değişkenleri olarak çalışma parametreleri (CT, V_{DS}, I_{DS}, f) ve çıkış değişkenleri olarak işaret [S] ve gürültü [N] parametrelerini içeren kara kutu modeli Şekil 1’de gösterilmiştir. Çalışma domeninde belirlenen bir (CT, V_{DS}, I_{DS}) koşulu için yapının frekansa bağlı data set çiftleri aşağıdaki formda gösterilebilir:

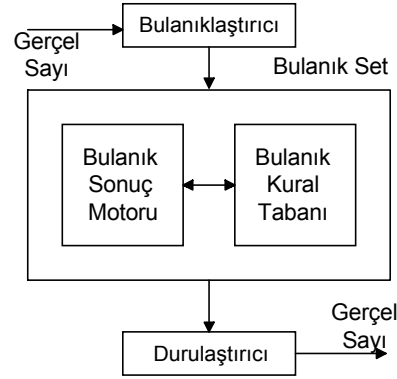
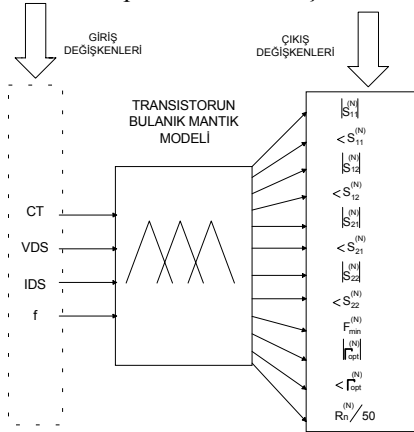
$$\begin{bmatrix} \mathbf{f}_1 & S_1^{(1)} & S_2^{(1)} & \dots & S_p^{(1)} & N_1^{(1)} & N_2^{(1)} & \dots & N_q^{(1)} \\ \mathbf{f}_2 & S_1^{(2)} & S_2^{(2)} & \dots & S_p^{(2)} & N_1^{(2)} & N_2^{(2)} & \dots & N_q^{(2)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{f}_n & S_1^{(n)} & S_2^{(n)} & \dots & S_p^{(n)} & N_1^{(n)} & N_2^{(n)} & \dots & N_q^{(n)} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Burada indis n , verilen (CT, V_{DS} , I_{DS} , f) setindeki örnek sayısı, $S^{(k)}$ ve $N^{(k)}$ sırasıyla verilen frekanstaki işaret ve gürültü parametreleri vektörleridir.

Soft modeli tasarlamak amacıyla, modeli kurmak ve doğruluğunu elde etmek için giriş ve çıkış data çiftleri eğitim data çiftleri ve test data çiftleri isimli iki kısma ayrılmıştır. Modellemede kullanılan tüm data çiftleri, kullanılan aktif elemanın üretici firma katalog datasından elde edilmiştir. Bu data çiftlerinin genel formu aşağıdaki şekilde gibidir:

$$\begin{aligned} & (\mathbf{x}_1^{(1)}, \mathbf{x}_2^{(1)}, \dots, \mathbf{x}_p^{(1)}; \mathbf{y}_1^{(1)}, \mathbf{y}_2^{(1)}, \dots, \mathbf{y}_q^{(1)}), \\ & (\mathbf{x}_1^{(2)}, \mathbf{x}_2^{(2)}, \dots, \mathbf{x}_p^{(2)}; \mathbf{y}_1^{(2)}, \mathbf{y}_2^{(2)}, \dots, \mathbf{y}_q^{(2)}), \\ & \dots \\ & (\mathbf{x}_1^{(n)}, \mathbf{x}_2^{(n)}, \dots, \mathbf{x}_p^{(n)}; \mathbf{y}_1^{(n)}, \mathbf{y}_2^{(n)}, \dots, \mathbf{y}_q^{(n)}) \end{aligned} \quad (4)$$

Burada, p çalışma parametreleri \mathbf{x}_j , $j=1..p$ giriş olarak; q işaret [S] ve gürültü [N] parametreleri \mathbf{y}_j , $j=1..q$ çıkış değişkeni olarak toplam n adet data çifti vardır.



Şekil 1. Mikrodalga transistörünün bulanık mantık modeli Şekil 2. Bulanık mantık sistemi genel blok diyagramı

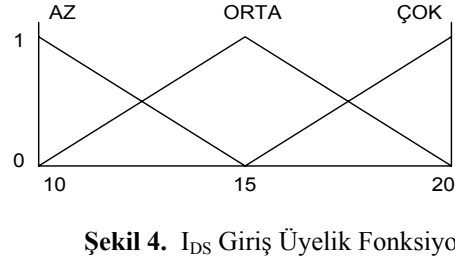
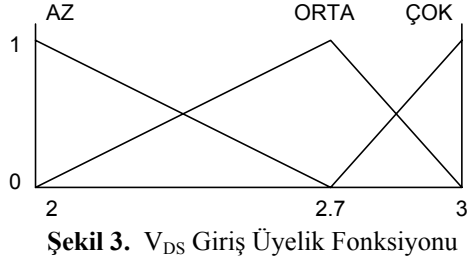
3 Bulanık Mantık Sistemi

Bilindiği gibi “Bulanık Mantık” teorisi, Lütfi A. Zadeh’in 1965 yılında yayınladığı klasik makalesi [5] ile tanıtılmasından sonra sadece 2 olasılığı $-1;0$ olan Aristo mantığının yerine kullanılmaya başlanmış ve bir çok ilginç uygulamalar yapılmıştır. Bulanık mantık tabanlı bir denetleyici genel olarak üç kısımdan oluşur. Bunlar sırasıyla; *bulanıklaştırıcı*, *bulanık karar verme (Bulanık kural tabanı+Bulanık sonuç motoru)* ve *durulaştırıcıdır*. Bulanık denetleyiciye gönderilen ve gerçek değerlere sahip olan iki giriş işareti (frekans ve I_{DS}), ilk aşamada *bulanıklaştırıcı* tarafından bulanık sayılara dönüştürülür. Daha sonra bu bulanık sayılar *kural atama tablosu* tarafından denetim işaretindeki değişimi temsil eden bulanık sayıyı belirlemek amacıyla kullanılırlar ve *bulanık karar verme* işlemi sonucunda bir sayı elde edilir. Son aşamada ise, denetim işaretindeki değişimi temsil eden bulanık sayı *durulaştırıcı* tarafından gerçek sayıya dönüştürülür (Şekil 2).

Durulaştırma ve kuralların uygulanması sırasında her bir bulanık sayı grubunda farklı adetlerde bulanık küme kullanılarak bulanık değişkenler sözel olarak temsil edilmişlerdir. Bulanık işlemlerin yapılıp bulanık kararların verildiği birimin temel elemanları bulanık kurallardır. Bu bulanık kurallar eldeki bulanık verilerden yeni bulanık sonuçlara varılmasını sağlarlar. Kullanılan bulanık kurallardan bir örnek (5) numaralı denkleme verilmektedir. Herhangi bir örnekleme anında elde edilen frekans, V_{DS} ve I_{DS} ’nin gerçek değerleri, bulanık kümelerde sahip oldukları üyelik derecelerine bağlı olarak bulanık sayılara dönüştürülürler. Dönüştürme işlemi *bulanıklaştırıcı* tarafından yapılır. Frekans, V_{DS} ve I_{DS} hangi bulanık kümede sıfırdan farklı üyelik derecesine sahipse o kümenin ya da kümelerin temsil ettiği sözel terimler ile ifade edilirler. Frekans, V_{DS} ve I_{DS} ’nin kümelerde üyelik derecesine sahip olma durumları göz önüne alınarak kurallar elde edilmiştir. Bu kurallar aslında frekans, V_{DS} ve I_{DS} ’nin bulanık kümelerdeki üyelik durumlarına göre İşaret ve Gürültü parametrelerinin hangi bulanık

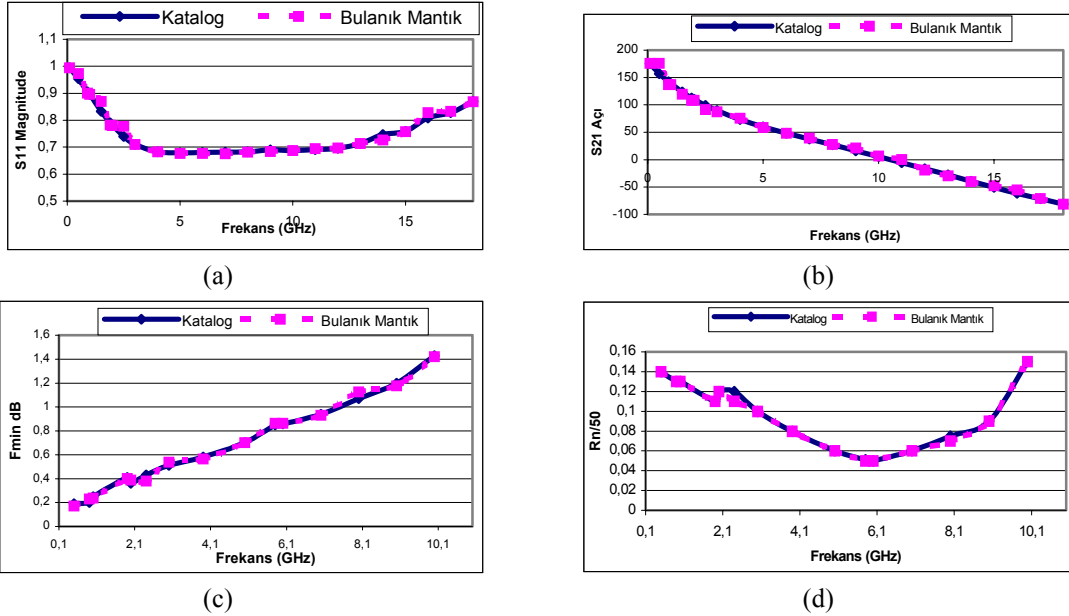
kümeye üyeliğe sahip olması gerektiğini göstermektedir. Üyelik fonksiyonlarına örnek olarak Şekil 3 ve 4'te sırasıyla, V_{DS} ve I_{DS} giriş üyelik fonksiyonları verilmiştir.

$$\text{IF } f \equiv CA \ \& \ I_{DS} \equiv O \ \& \ V_{DS} \equiv \checkmark \ \text{THEN } S_{11} \text{ Mag} \equiv CF \ \& \ S_{11} \text{ Angle} \equiv C \ \& \ S_{12} \text{ Mag} \equiv CA \dots \quad (5)$$



3. Sonuçlar

Çalışmada "Agilent" firmasına ait ATF-551M4 transistörü modellenmiştir. Aktif elemanın V_{DS} 2-3V, I_{DS} 10-20mA ve 0.1-18 GHz frekans aralığında İşaret parametreleri ile aynı gerilim ve akım değişimleri için de fakat 0.5-8 GHz band genişliği içerisinde gürültü parametreleri Bulanık Mantık Sistemi yardımıyla başarılı bir şekilde modellenmiştir. Bulanık mantık model sonuçları, Şekil 5 a,b,c,d'de tipik İşaret ve Gürültü parametrelerinin farklı kutuplama koşulları altında, frekansa bağlı değişimleri, üretici firma datası ile kıyaslamalı olarak verilmektedir.



Şekil 5. (a) $V_{ds}=2V$, $I_{ds}=10mA$ için S_{11} Genlik değişimi, (b) $V_{ds}=2,7V$, $I_{ds}=15mA$ için S_{21} Açığı değişimi, (c) $V_{ds}=2V$, $I_{ds}=20mA$ için F_{min} dB değişimi, (d) $V_{ds}=2V$, $I_{ds}=10mA$ için $R_n/50$ değişimi

Kaynaklar

- [1] Z.R.Hu , Z.M Yang, V.F. Fusco, J.A. C. Stewart, "Unified small-signal-noise model for active microwave devices" IEE Proc.-G ,Vol.140, No 1,February 1993 pp.55-60.
- [2] F. Lin , G.Kompa, "FET Model Parameter Extraction Based on Optimization with Multiplane Data-Fitting and Bidirectional Search-A New Concept" IEEE Trans.on Microwave Theory and Techniques ,Vol.42, No 7,July 1994 pp.1114-1121.
- [3] J. P Roux , L. Escotte, R Plana,J Graffeuil,S. L. Delage, H. Blanck, "Small -Signal and Noise Model Extraction Technique for Heterojunction Bipolar Transistor at Microwave Frequencies" IEEE Trans.on Microwave Theory and Techniques ,Vol.43, No 2,February 1995 pp.293-298.
- [4] K. Shirakawa , H. Oikawa, T. Shimura, Y. Kawasaki ,Y. Ohashi, T.Saito, Y. Daido, "An Approach to Determining an Equivalent Circuit for HEMT'S" IEEE Trans.on Microwave Theory and Techniques ,Vol.43, No 3, March 1995 pp.499-503.
- [5] L. A.Zadeh, "Fuzzy Sets ", Information and Control , Vol.8, 338-353, 1965.