

Aktif Eleman Karakterizasyonu Kullanarak Bilgisayar Destekli Mikrodalga Kuvvetlendirici Tasarımı

Filiz GÜNEŞ:, Yavuz CENGİZ, Ilgar ALİYEV

Yıldız Teknik Üniversitesi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Beşiktaş, İSTANBUL
gunes@yildiz.edu.tr

Süleyman Demirel Üniversitesi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Çünür, ISPARTA
ycengiz@mmf.sdu.edu.tr

PROFEN Mühendislik San. Ve Tic. Ltd. Şti.
Famas Plaza A Blok No : 40
Okmeydanı, İSTANBUL
jalibeyli@profen.com

Özet : *Bu çalışmada bir mikrodalga kuvvetlendiricisi tasarımı mikrodalga transistor performans karakterizasyonuna dayandırılmış olarak verilmektedir. Mikrodalga transistor performans Karakterizasyonu uyumlu (Gürültü F , Giriş V_{SWR} V_i , Kazanç G_T) üçlülerinin çalışma koşullarına bağlılığını veren fonksiyonlarla sonlanmaktadır. Buna göre bu fonksiyonlardan optimum performans için uygun kutuplama koşulları V_{DS} , I_{DS} çalışma frekans bandı B ve konfigürasyon biçimi elde edilmektedir. Bu bilgi, kuvvetlendirici tasarımında önemli bir soft bilgisayar hesaplama yöntemi olan Genetik algoritma ile optimizasyonda kullanılmıştır. Çalışmada T uydurma devresi ile birçok örnekler verilmiştir.*

1. Giriş

Aktif mikrodalga eleman Karakterizasyonu ve geniş bantlı mikrodalga kuvvetlendiricisi tasarımı, haberleşme mühendisliğinin en önemli ilgi alanlarından biri olmaya, günümüzde de devam etmektedir. Özellikle, mikrodalga kuvvetlendiricisi tasarımında, sistem performansını optimize edebilmek amacı ile birçok modern nümerik yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde genellikle, bir çalışma bandı boyunca kazanç (G_T) üzerinde yoğunlaşılırken, giriş uyumsuzluğu (V_i), gürültü faktörü (F), çıkış uyumsuzluğu (V_{out}), gibi diğer performans ölçü kriterleri, hesaba alınmaz. Diğer taraftan, 'optimizasyon' prosesi, sistemin performans model parametrelerine, yüksek dereceli nonlineer bağımlı bir prostedir. Aslında, bir optimizasyon prosesinde, aktif eleman fiziksel limitleri ve/ya da F , V_i , G_T performans ölçüleri ara-ilişkileri bilinmeksizin, istenilen F, V_i, G_T değerleri, 'referans' değer takımı olarak verilebilir. Fakat ,bu (F_{req} , V_{ireq} , G_{Treq}) üçlünün uyumsuzluğu nedeni ile, optimizasyon prosesi, sık sık başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. Bu çalışmanın amacı , bu handikapları yenmektir. Kayıpsız ve resiprok uydurma devreleri ile tek transistorlu bir kuvvetlendiricinin F, V_i, G_T performans bileşenleri, devredeki transistorunkine eşittir; bu uydurma devrelerinin kayıpsızlık ve resiprosite özelliklerinin direkt sonucudur. Kuvvetlendiricide birden fazla aktif eleman kullanılma durumunda, F, V_i özellikle ön-kat transistoru (FRII Formülü) ve kazanç (G_T) her iki transistor tarafından tayin edilmektedir. [1] Bu nedenle, bu çalışmada kuvvetlendirici tasarım prosesi, aktif eleman karakterizasyonuna dayandırılmıştır, ki bu karakterizasyon teorisi [Z] ve [S]-parametreleri ile [2] ve [3]'de verilmektedir.

Bu çalışmada ,T- ya da II-tipi uydurma devreleri ile tek transistorlu kuvvetlendirici devreleri ele alınmıştır ve transistorun potansiyel performans karakteristiklerinin ne kadar iyi gerçekleştirilebilir olduğu basit devre yapıları ile araştırılmaktadır. Yöntem daha karmaşık devre yapılarına da uygulanabilir. Buna göre çalışmanın aşamaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- (i) İlk aşama ,transistor kutuplama koşullarını , uyumlu $F(\omega_i), V_i(\omega_i), G_T(\omega_i)$ üçlüsünün ve $Z_L(\omega_i), Z_S(\omega_i)$, $i=1,2,\dots,N$ sonlandırma fonksiyonlarını tayin edebilmek amacı ile potansiyel performans karakteristiklerini elde etmek;
- (ii) İkinci aşama F, V_i, G_T yi kuvvetlendirici devre parametrelerinin - ki bir kısmı optimizasyon değişkenleridir-fonksiyonu olarak ifade etmektir;
- (iii) Üçüncü aşama , optimizasyon prosesindeki ,optimizasyon vektörünü ve objektif (hata) fonksiyonunu tespit etmektir;
- (iv) Son aşama , optimizasyon vektörünü ve neticelenen kuvvetlendirici devresini oluşturabilmek için 'data işleme' tekniği seçip uygulamaktır.

Çalışmamızda genetik data işleme tekniği kullanılmıştır.

2. Potansiyel Performans Karakteristikleri

Bir mikrodalga transistorun potansiyel performans karakteristikleri aşağıdaki üç temel aşamada elde edilmiştir:

- i) İlk aşamada transistorun işaret [S] gürültü [N] parametreleri çalışma koşullarının kutuplama V_{DS}, I_{DS} ; frekans f ; konfigürasyon tipi (CT)- fonksiyon biçiminde bir yapay sinir ağı ile modellenmektedir. Bir yapay sinir ağı bu çalışmada çok kutuplamalı ve konfigürasyonlu işaret-gürültü yapay sinir devresi olarak isimlendirilecektir [4], [5]. Çalışmanın bir kısmında temel olarak 8 saçılma ve 4 gürültü fonksiyonunun 'yapay sinir ağı' tekniği ile yüksek doğruluğa sahip 'yaklaşıklık' yapılmaktadır.
- ii) İkinci aşamada uyumlu performans ($F_{req}, V_{ireq}, G_{Treq}$) üçlülere ve kaynak (Z_{Sreq}) ve yük (Z_{Lreq}) sonlandırılmalarının analiz ve sonucunda tayin edilmeden oluşmaktadır. Çalışmanın bu kısmında transistorun "Performans Karakterisyonu" teorisi kullanılmıştır. Buna göre ikinci bloğun girişi, işaret-gürültü yapay sinir ağı çıkışı olan [S] ve [N] parametreleri ve $F_{req} > F_{min}, V_{ireq} > 1; G_{Tmin} < G_{Treq} < G_{Tmax}$ $i=1 \dots N$ ile serbest giriş değişkenlerdir. Buna karşın ikinci blok transistor çalışma domeninde, aşağıdaki performans üçlüsü ve sonlandırmalarını çıkışında vermektedir.

$$(F_{req}, V_{ireq}, G_{Tmax}) \Leftrightarrow \begin{cases} Z_{Smax} = R_{Smax} + j X_{Smax} \\ Z_{Lmax} = R_{Lmax} + j X_{Lmax} \end{cases}$$

$$(F_{req}, V_{ireq}, G_{Tmin}) \Leftrightarrow \begin{cases} Z_{Smin} = R_{Smin} + j X_{Smin} \\ Z_{Lmin} = R_{Lmin} + j X_{Lmin} \end{cases}$$

$$(F_{req}, V_{ireq}, G_{Treq}) \Leftrightarrow \begin{cases} Z_{Sreq} = R_{Sreq} + j X_{Sreq} \\ Z_{Lreq} = R_{Lreq} + j X_{Lreq} \end{cases}$$
- iii) Çalışmanın son aşamasında bir mikrodalga kuvvetlendiricisi tasarımı amacı ile transistor potansiyel performans karakteristiklerinin elde edilmesi oluşmaktadır. Gerçekte çok sayıda performans karakteristiği elde edilebilmesine karşın, tasarım amaçlı karakteristiklerinden kutuplama koşulları (V_{DS}, I_{DS}), giriş uyumsuzluğu (V_{ireq}), gürültü (F_{req}), kazanç (G_{req}) ve çalışma bandı (B) ya da kısaca optimum performans bilgisi elde edilmelidir [6].

3. Mikrodalga Kuvvetlendirici Devresi

Toplu ya da dağılmış parametrelili elemandan oluşan çok çeşitli konfigürasyonda giriş (IMC) ve çıkış (OMC) uydurma iki-kapılılardan oluşan kuvvetlendiriciler tasarlanabilir. Madem ki probleme sistem teorisi ile yaklaşmaktadır. Metot her bir duruma kolaylıkla uygulanabilir.

Çalışmamızda uydurma devrelerinde iki tip eleman kullanılmaktadır:

- i) Birim Eleman (UE): Elektriksel uzunluğu $\theta = \beta \ell$ ve Z_0 karakteristik empedans ile transmisyon hat parçasıdır;

- ii) Reaktif Eleman: Kısa devre edilmiş transmisyon hat (θ , Z_0) parçası ile gerçekleştirilen kapasitif ya da endüktif eleman

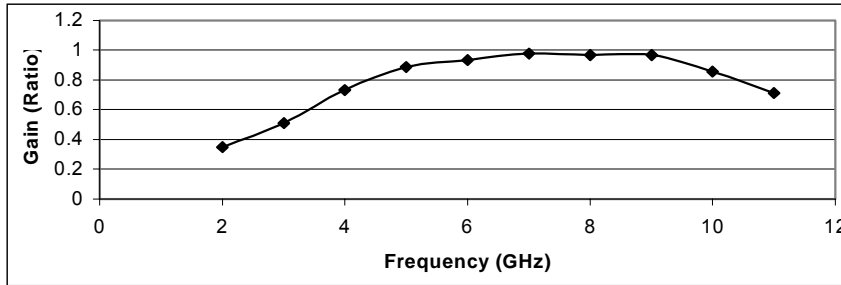
bu iki tip eleman T konfigürasyonunda kullanılmış olup hat uzunlukları ve karakteristik empedansları optimizasyon değişkenleri olarak seçilmiştir : $\Theta = [l_1 l_2 l_3 l_4 l_5 l_6 Z_{o1} Z_{o2} Z_{o3} Z_{o4} Z_{o5} Z_{o6}]^t$

4. Optimizasyon ve Sonuçları

Optimizasyon prosesinin amacı $V_{ireq}(f)$ ve $F_{req}(f)$ sınırlayıcı fonksiyonlara uygun bir $G_{Tmin} < G_{Treq} < G_{Tmax}$ seviyeyi potansiyel bant genişliği boyunca ‘düz’ bir biçimde gerçekleştirmektedir. Burada, bir özellik not edilmelidir: “Performans Karakterizasyonu” teorisinde bütün $G_{Tmin} < G_{Treq} < G_{Tmax}$ kazanç çember yarıları, Koşulsuz Kararlı Çalışma Bölgesinde yer alıp birim Smith çemberini aynı iki noktada kesiştikleri için, verilen çalışma frekansı (f) de $V_{ireq}(f)$ ve $F_{req}(f)$ gerçekleyen kararlı kazanç çözüm takımı oluştururlar [2],[3]. Buna göre minimize edilecek “Hata” (=Objektif) fonksiyonu, sadece transdüser kazanç G_T , giriş VSWR V_i ve gürültü faktörü F içermektedir ve bu ölçü fonksiyonları optimizasyon değişkenleri cinsinden analitik ifade edilmiştir.

Bu çalışmada “Genetik” Soft Bilgisayar yöntemi kullanılmış ve NE32901 transistörü , $I_C=5mA$, $V_c=10V$ kutuplama koşullarında, uyumlu $F_{req}(\omega_i)=0.46dB$, $V_{ireq}(\omega_i)=1.0$, $G_{Treq}(\omega_i)=12dB$ üçlüsü için giriş ve çıkış uydurma devreleri ayrı ayrı tasarlanmıştır. Bu maksatla verilen üçlüyü gerçekleştiren sonlandırma fonksiyonları kullanılmış ve Şekil 1a ve b de sırasıyla, T- konfigürasyonu giriş ve çıkış uydurma devreleri için kazanç-frekans karakteristikleri devre eleman değerleri ile birlikte verilmektedir. Kuvvetlendirici kazanç, giriş yansıma ve gürültü karakteristikleri sırasıyla Şekil2a,b,c de yer almaktadır. NE32901 transistor karakteristiğine göre uyumlu $F_{req}(\omega_i)=0.46 dB$, $V_{ireq}(\omega_i)=1.0$, $G_{Treq}=12dB$ üçlüsü bant genişliği 2GHz ile 11GHz arasındadır. Transistörün bu performans potansiyeli ,genetik data işleme kullanılan bir optimizasyon ile gerçekleştirilmiştir.

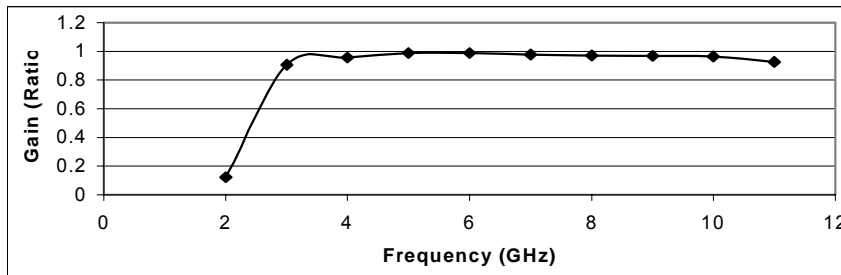
Sonuç olarak bu çalışmada soft bilgisayar hesaplama yöntemleri ile mikrodalga kuvvetlendiricisi optimizasyonu aktif eleman performans karakterizasyonuna dayandırılmıştır. Bu, tasarımcıya aktif elemanın fiziksel limitlerini kazanç, giriş VSWR, gürültü ve bant genişliği ara ilişkileri bilgisini verir ve optimizasyon hedeflerini gerçekler.



Optimizasyon Sonuçları :

$L_1 = 15.886 \text{ cm}$
 $L_2 = 14.009 \text{ cm}$
 $L_3 = 13.378 \text{ cm}$
 $Z_1 = 36.310 \Omega$
 $Z_2 = 180.885 \Omega$
 $Z_3 = 53.041 \Omega$

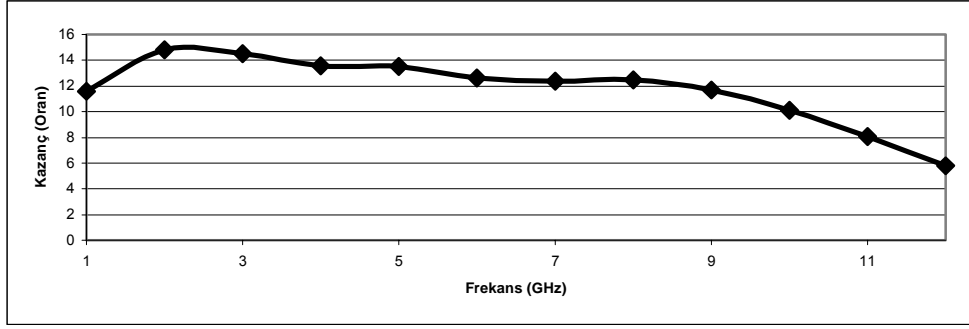
Şekil 1 a – Giriş Uydurma Devresi Eşlenik Kaynak Empedansı İle Sonlandırılmış Olarak Kazanç Karakteristiği



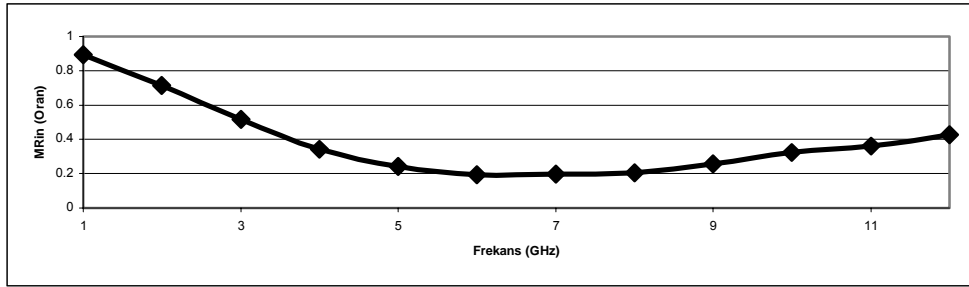
Optimizasyon Sonuçları :

$L1 = 13.711 \text{ cm}$
 $L2 = 0.674 \text{ cm}$
 $L3 = 0.832 \text{ cm}$
 $Z1 = 129.006 \Omega$
 $Z2 = 166.347 \Omega$
 $Z3 = 94.109 \Omega$

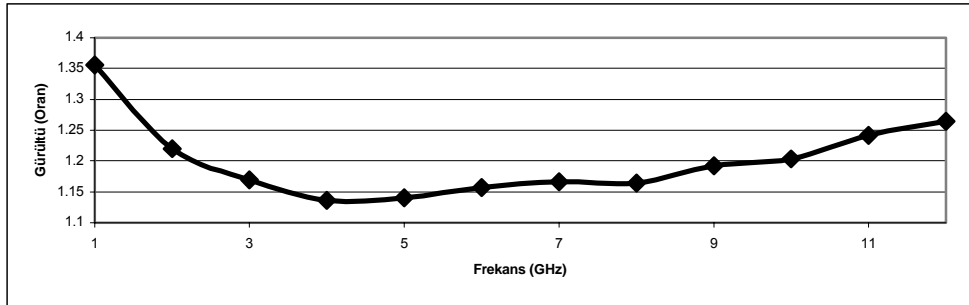
Şekil 1 b – Çıkış Uydurma Devresi Eşlenik Yük Empedansı İle Sonlandırılmış Olarak Kazanç Karakteristiği



Şekil 2 a – Kuvvetlendirici Kazanç Karakteristiği



Şekil 2 b – Kuvvetlendirici Giriş Yansıma Karakteristiği



Şekil 2 c – Kuvvetlendirici Gürültü Karakteristiği

5. Kaynakça

- [1]. Collin R.E., “Foundation for Microwave Engineering” McGraw-Hill, 1992, pp 334-339
- [2]. Güneş F., Güneş M. ve Fidan M., “Performance Characterisation of a Microwave Transistör”, IEEE Proc. Circuits Devices System, 141 (5), 337 – 344, October 1994
- [3]. Güneş F., Çetiner B.A., “Smith Chart Formulation of Performance Characterisation for a Microwave Transistor”, IEEE Proc. Circuits Devices Syst. 145 (6), 419 - 428, December 1998
- [4]. Güneş F., Gürgen F., Torpi H., “Signal-Noise Neural Network Model for Active Microwave Device”, IEE Proc-Circuit Devices and Systems; 143(1): 1-8, 1996
- [5]. Güneş F., Torpi H., Gürgen F., “A multidimensional signal - noise neural model for microwave transistors”, IEE Proc- Circuit Devices and Systems; 145(2): 111-117 ,1998.
- [6]. Tepe C., “Performance Analysis and Modelling of a Microwave Transistor using Artificial Neural Network”, Ph. D. Thesis (in Turkish) submitted to the Science Research Institute of the Yıldız Technical University, July, 2000