

“BASİTLEŞTİRİLMİŞ GERÇEK FREKANS TEKNİĞİ”Nİ KULLANARAK ANTEN BANT GENİŞLİKLERİNİN ARTTIRILMASI: TASARIMLI ÖRNEKLER

Ferhat BEKTAŞER¹

Şevket DEMİRCİ²

Caner ÖZDEMİR³

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Mühendislik Fakültesi,
Mersin Üniversitesi, Çiftlikköy 33343, Mersin

¹e-posta: ferhatbektas@mersin.edu.tr

²e-posta: sdemirci@mersin.edu.tr

³e-posta: cozdemir@mersin.edu.tr

Anahtar Sözcükler: Gerçek Frekans Tekniği, Geniş bant anten tasarımı, LC Eşleme Ağı

ÖZET

Bu çalışmada, LC empedans uyum devresini basitleştirilmiş gerçek frekans tekniği (SRFT) ile tasarlayarak değişik antenlerin bant-genişliklerinin arttırılması için yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Bu sayısal tekniğin en önemli özelliği, antenlerin ve üreteçlerin analitiksel tanımlanmasına gerek duymadan, ölçülen veya benzetilen anten empedans verilerini direk olarak işlemesidir. Burada basitleştirilmiş gerçek frekans tekniği, MATLAB ortamında geliştirilen benzetim yazılımları kullanılarak antenlerin bant genişliğini arttırılması için uyum devresi optimizasyonu yapılmıştır. Anten benzetim yazılımıyla elde edilen frekansa bağlı benzetim radyasyon empedansları, önerilen yöntem ile geniş bantta uyumlandırılmıştır. Örnek olarak sunulan iki değişik anten için elde edilen bant genişlikleri önerilen yöntemin etkinliğini ve başarısını göstermektedir.

I. GİRİŞ

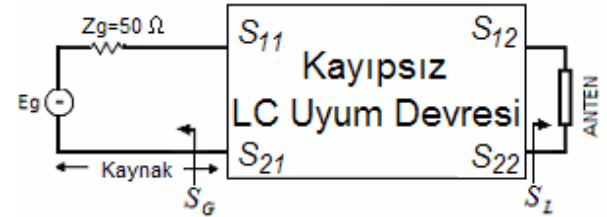
“Basitleştirilmiş Gerçek Frekans Tekniği (SRFT)” Carlin’in 1977’de [1-3] ortaya koyduğu “Gerçek Frekans Tekniği (RFT)”nin genişletilmiş bir biçimidir. Geniş bant uyum sentezi için başka iyi yöntemlerde literatürde değişik yapılar için uygulanmasına rağmen [4-6], SRFT algoritması geniş bant optimum uyum devresi sentezinde etkili bir yöntemdir. Mikroşerit antenler gibi düşük profilli; ancak bant genişlikleri oldukça dar olan antenler; bu olumsuz özelliklerinden dolayı birçok uygulamada kullanılamamaktadır [7].

Bu çalışmada, antenlerin bant genişliğini arttırmaya yönelik çalışmalar MATLAB® [8] ortamında benzetim yazılımları geliştirilerek yapılmıştır. Antenlerin kayıpsız LC uyum devresini tasarlayabilmek için basitleştirilmiş gerçek frekans tekniği (SRFT) incelenmiştir[4, 9]. İki farklı antenden ölçülen empedans değerleri için uyum devresi gerçekleştirilmiştir. Bu teknik ile direk olarak

hesaplanan veya ölçülen veriler işlenir. Sonuç olarak hesaplamalarda belirgin miktarda verimlilik elde edilmiştir. SRFT, (RFT) gerçek frekans tekniğinin tüm avantajlarını korumaktadır. SRFT ile tasarlanan uyum devrelerinin daha basit ve daha iyi kazanç özelliği gösterdiği ortaya çıkmaktadır.

II. BASİTLEŞTİRİLMİŞ GERÇEK FREKANS TEKNİĞİ

Bu teknik frekansa bağlı karmaşık yük empedansı tablosunu, keyfi bir dirençsel kaynağa veya karmaşık frekans noktaları tablosu şeklinde gösterilmiş olan bir kaynağa eşleyen uyum devresini elde etmek için tasarlanmıştır. Şekil 1.’de karmaşık bir anten empedansı ile $Z_g(w) = 50\Omega$ kaynak empedansı ve aradaki uyum devresi gösterilmiştir.



Şekil 1. Bu şekil yük ile kaynak empedansı arasında bir empedans eşleme problemini gösterir.

Uyum devresinin giriş yansımaya katsayısının $S_{11}(s)$ ’i aşağıdaki gösterildiği formda ele alalım:

$$S_{11}(s) = \frac{h(s)}{g(s)} = \frac{h_0 + h_1s + \dots + h_n s^n}{g_0 + g_1s + \dots + g_n s^n} \quad (1)$$

$h(s)$ ve $g(s)$; n. dereceden polinomlardır. n uyum devresindeki reaktif eleman sayısını vermektedir. İki port’lu ağın diğer dağılım parametreleri de $S_{11}(s)$ ’ten Belevitch gösterimi [10] ile aşağıdaki gibi elde edilebilir:

$$S_{21}(s) = S_{12}(s) = \pm \frac{s^k}{g(s)} \quad (2)$$

$$S_{22} = -(-1)^k \frac{h(-s)}{g(s)} \quad (3)$$

Burada k orijinde iletim sıfırının derecesini belirleyen tam sayıdır. Uyum devresi kayıpsız olduğundan, aşağıdaki ifade doğrudur:

$$|S_{11}(s)|^2 + |S_{21}(s)|^2 = 1 \quad (4)$$

$h(s)$ ve $g(s)$ polinomları arasındaki ilişki aşağıdaki gibi yazılabilir[4];

$$g(s)g(-s) = h(s)h(-s) + (-1)^k s^{2k} \quad (5)$$

Eğer $h(s)$ 'in katsayıları bilirse $g(s)$ Hurwitz faktarizasyonundan [4] bulunur. Önerilen yöntemde sayısal adımlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1) Hurwitz polinomu aşağıdakileri izleyerek elde edilir

$$g(s)g(-s) = h(s)h(-s) + (-1)^k s^{2k} = G_0 + G_1 s^2 + \dots + G_n s^{2n} \quad \text{polinomunun elde edilmesi}$$

$$G_0 = h_0^2$$

$$G_1 = h_1^2 + 2h_2 h_0$$

-

$$G_t = h_t^2 + 2 \left(h_{2t} h_0 + \sum_{j=2}^t h_{j-1} h_{2i-j+1} \right)$$

-

$$G_k = G_t \Big|_{t=k} + 1$$

-

$$G_n = h_n^2.$$

2) $g(s)g(-s)$ 'in köklerinin bulunması

3) $g(s)g(-s)$ 'in sol yarı düzlemdeki köklerinin seçilmesi ve $g(s) = g_0 + g_1 s + \dots + g_n s^n$ polinom formuna getirilmesi.

4) $h(s)$ ve $g(s)$ polinomlarından $S_{ij}(s)$ normalize edilmiş saçılma parametrelerinin oluşturulması.

5) Kaynaktan antene transfer güç kazancının $h(s)$ ve $g(s)$ polinomları biçiminde oluşturulması ve karmaşık terimlerin fonksiyonu şeklinde yazılması. Elde edilen transfer güç kazancı (TPG) $T(w)$ aşağıdaki gibidir:

$$\hat{s}_{22}(w) = S_{22} + \frac{S_{21}^2 S_G}{1 - S_{11} S_G}$$

$$T(w) = \frac{\left[1 - |S_G(w)|^2 \right] \left[1 - |S_L(w)|^2 \right] |S_{21}(w)|^2}{\left| 1 - S_{11}(w) S_G(w) \right|^2 \left| 1 - \hat{s}_{22}(w) S_L(w) \right|^2} \quad (6)$$

$$= \frac{\left[1 - |S_G(w)|^2 \right] \left[1 - |S_L(w)|^2 \right] |w^{2k}|}{\left| g(jw) - h(jw) S_G - (-1)^k S_G S_L g(-jw) + (-1)^k S_L h(-jw) \right|^2}$$

$h(s)$ 'nin katsayıları bulunduğunda, transfer güç kazancını optimize etmek için en düşük kareler metodu (LSM) kullanılır ve h_i 'nin (h_i , $i=0\dots n$) optimize edilmiş katsayıları bulunur. Hata fonksiyonu δ şeklinde gösterilir.

$$\delta = \sum_{i=1}^m (T(w_i) - T_0(w_i))^2 \quad (7)$$

$T_0(w_i)$ w_i 'de istenilen kazançtır. $T(w_i)$, h_i 'nin katsayılarına göre denkem (6)'dan hesaplanan transfer güç kazancı ve m de orta banttaki örnekleme frekans sayısıdır. Böylece düzeltme artışı Δh_i 'yi bulmak için hata fonksiyonu δ minimize edilebilir ve h_i katsayıları her yenilemede gözden geçirilir[11].

III. ANTEN UYUM AĞI TASARIMI

Burada tasarlanan SRFT tabanlı MATLAB programı, belirli bir frekans bant aralığında ölçülmüş anten empedans değerleri ile dirençsel ($Z_0=50\Omega$ iletim hattı) ya da frekansa bağımlı kaynak empedansı arasında uyum devresi tasarlayarak antenin bant genişliğini arttırmaktadır. Antenlerin bant genişliğini arttırmaya yönelik tasarım işlevi aşağıda özetlenmiştir: Antenden ölçülen empedans değerleri ile kaynak iletim hattı empedans değeri; Z_0 algoritmaya girilir. Daha sonra istenilen transfer güç kazancı T_0 ile LC uyum devremizin elemanlı sayısı; n girilir. Burada program n eleman sayısını; n . dereceden h polinomuna rasgele katsayılar atayarak başlangıç girişi olarak kullanır. Bu uygulamada n eleman sayısını ve eşleme ağının tipi (düşük geçiren, bant geçiren, yüksek geçiren) n ve k 'nın farklı değerleri için program tarafından belirlenmektedir.

Program için gerekli giriş değerleri aşağıda verilmiştir:

- 1- İstenilen frekans bant aralığında örnekleme frekanslardan ölçülen veya hesaplanan anten ve kaynak empedansları programa girilir.
- 2- İstenilen transfer güç kazancı T_0 değeri 0 ile 1 arasında seçilir. Anten uyumlanması için T_0 genelde 0.9-1 aralığında alınması makuldür.
- 3- n eleman sayısı girildikten sonra; algoritma h ilk değer polinomunun derecesini ve katsayılarını kendisi atayacaktır.

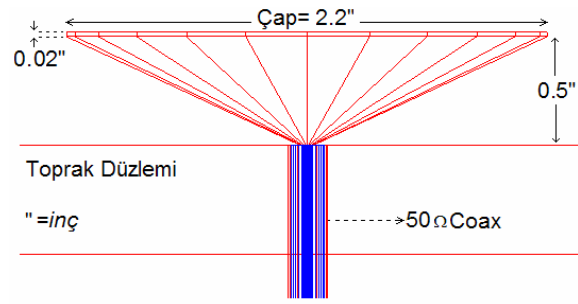
Programa gerekli giriş değerleri verildikten sonra program çıkışından en düşük kareler metodu kullanılarak TPG optimize edilir. $h(s)$ ve $g(s)$ polinomlarının değerleri belirlendikten sonra $Z = (1 + S_{11}) / (1 - S_{11})$ elde edilir. Böylelikle elde edilen empedans değeri Z sürekli kesirlere ayırma yöntemiyle LC uyum devresi şeklinde sentezlenir. LC

uyum devresi sentezi için MATLAB da aşağıda Cauer-I form'unda sentez programcığı tasarlanmıştır.

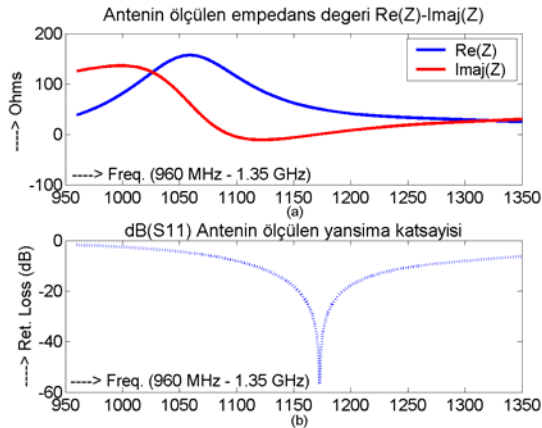
$$Z_{LC} = sL_1 + \frac{1}{sC_1 + \frac{1}{sL_2 + \dots}} \quad (8)$$

IV. NÜMERİK TASARIM ÖRNEKLERİ

SRFT tekniğinin geçerliliğini iki farklı sayısal anten örneği kullanılarak MATLAB ortamında test ettik. Bu çalışmada; belirli frekans aralığında çalışan antenlerden alınan empedans değerlerinin bant genişliğini arttırmaya yönelik çalışmalar sunulmuştur. İlk örnek olarak; Şekil-2. de profili görülen ve elektromagnetik benzetimi "High Frequency Structure Simulator (HFSS)" [12] tarafından gerçekleştirilen **Konik Anten** ele alınmıştır. Şekil 3(a)'da antenin; 960-1350MHz frekans bant aralığında radyasyon empedansı eğrisi ve Şekil 3(b)'de de antenin geri dönüş kaybı gösterilmiştir. Algoritmamızdaki istenilen giriş kazanç değerimizi $To=0.945$ 'e ayarladıktan sonra tasarlanan transfer güç kazancı; *TPG* desibel cinsinden Şekil 4.'de gösterilmiştir.

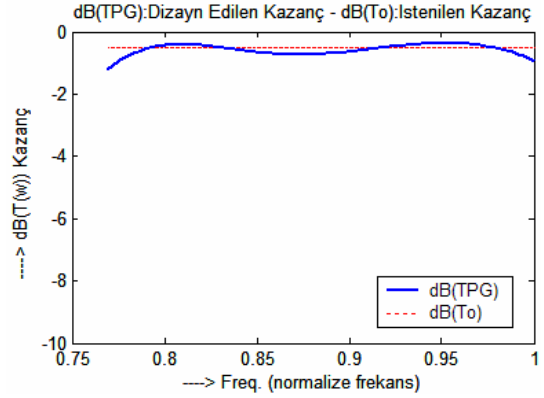


Şekil 2. "konik anten"

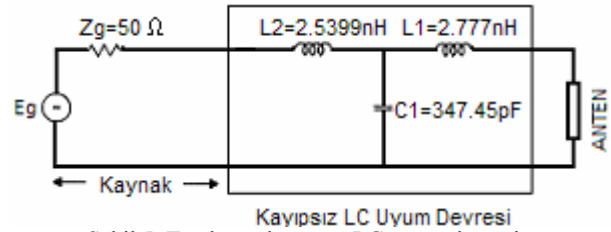


Şekil 3. Konik antenden ölçülen (a) Radyasyon empedansı (b) Yansımaya katsayısı (S_{11})

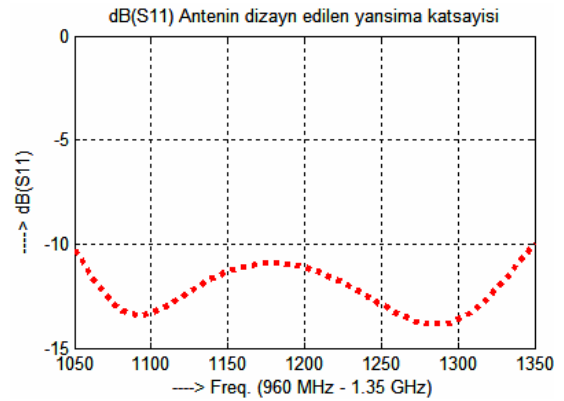
Önerilen algoritmanın uygulanması sonunda bant genişliği artırılmış olan anten için sentezlenen LC uyum devresi Şekil 5.'de gösterilmiştir. LC uyum devreli antenden elde edilen yansımaya katsayısı Şekil 6.'da verilmiştir. Algoritmamız sayesinde söz konusu antenin frekans bant genişliği %12'den %25'e arttırılmıştır.



Şekil 4. Tasarlanan TPG'nin desibel kazanç eğrisi.

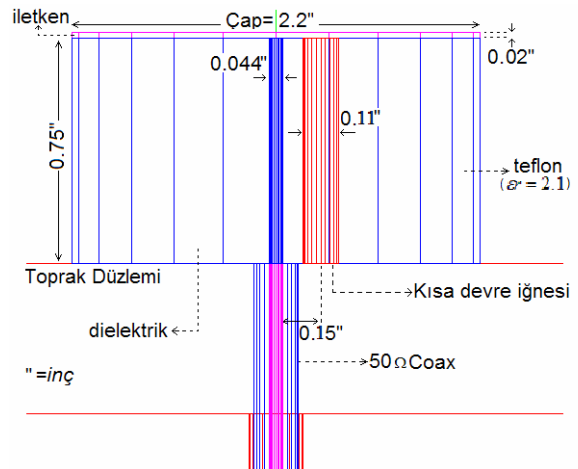


Şekil 5. Tasarlanan kayıpsız LC uyum devresi



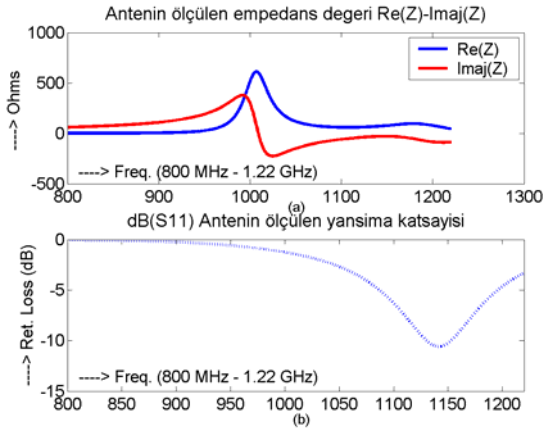
Şekil 6. LC uyum devresi tasarlandıktan sonra antenden ölçülen yansımaya katsayısı eğrisi.

İkinci örnekte 0.8-1.22 GHz frekans bant aralığındaki (Şekil 7.) **Monopol Anten** HFSS'de benzetilmiştir..

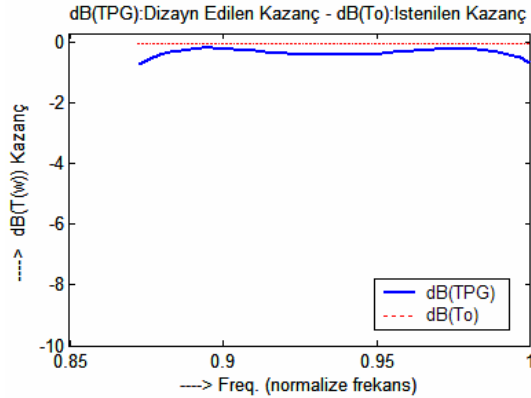


Şekil 7. "Kısa-devre iğneli; disk ve dielektrik yüklemeli monopol anten"

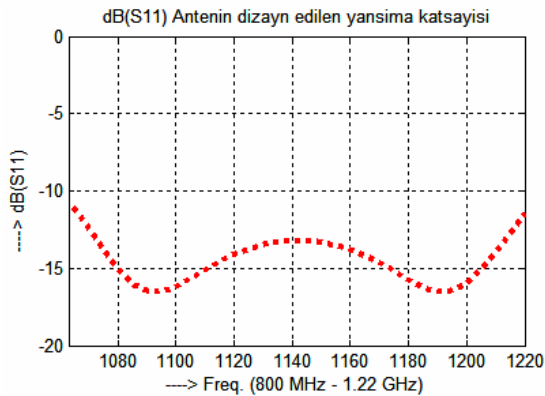
Şekil 8(a) da antenin radyasyon empedansı eğrisi, Şekil 8(b) de antenin geri dönüş kaybı gösterilmiştir. $To=0.995$ 'e ayarlandıktan sonra; tasarlanan transfer güç kazancı desibel cinsinden Şekil 9.'da gösterilmiştir. Şekil 10.'da LC uyum devresi sentezlenmiş antenin yansıma katsayısı gösterilmiştir. LC uyum devresi de Şekil-11.'de sunulmuştur. Bu örnekte de; önerilen empedans uyum algoritması sayesinde ele alınan antenin frekans bant genişliği %2'den %10.7'ye artırılmıştır.



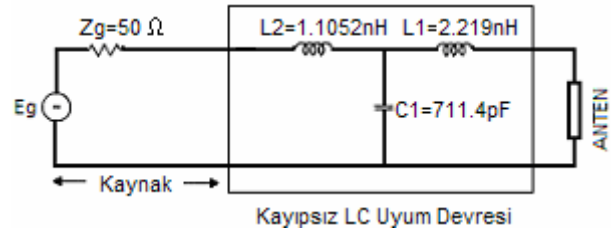
Şekil 8. Monopol antenden ölçülen (a) Radyasyon empedansı (b) Yansıma katsayısı (S_{11})



Şekil 9. Tasarlanan TPG'nin desibel kazanç eğrisi.



Şekil 10. LC uyum devresi tasarlandıktan sonra antenden ölçülen yansıma katsayısı eğrisi.



Şekil 11. Tasarlanan kayıpsız LC uyum devresi

V. SONUÇ

Bu bildiriye basitleştirilmiş gerçek frekans tekniği (SRFT) tabanlı, anten bant genişliklerinin arttırmaya yönelik uyum devresi tasarlayan bir algoritma sunulmuştur. SRFT tekniği yardımıyla; bilgisayar ortamında geliştirilen benzetim programı sayesinde; herhangi bir antenin herhangi bir frekans bandında uyumlandırma devresi tasarlanabilmektedir. Tasarlanan kayıpsız LC uyum devresi sayesinde; anten bant genişlikleri önemli derecede artırılabilir. Önerilen yöntemin etkinliğinin test edilmesi amacıyla birbirinde farklı 2 farklı anten ele alınmıştır. Algoritmamı uyguladıktan sonra, antenlerin bant genişliklerinin önemli derecede artırılması yöntemimizin etkinliğini ve başarısını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] H. J. Carlin, "A new approach to gain-bandwidth problems," IEEE TRANS. CIRCUITS SYST., vol. 24, no. 4, pp. 170-175, April 1977.
- [2] H. J. Carlin and J. J. Korniak, "A new method of broadband matching equalization applied to microwave amplifiers," IEEE TRANS. MICROWAVE THEORY TECH., vol. 27, no. 5, pp. 401-405, May 1981.
- [3] Yi-Sheng Zhu, Wai-Kai Chen "Computer - Aided Design of Communication Network" World Scientific, Danvers, MA, 2000.
- [4] B. S. Yarman, and H. J. Carlin, "A simplified "real frequency" technique applied to broad-band multistage microwave amplifiers," IEEE TRANS. MICROWAVE THEORY TECH., vol. 30, no. 12, pp. 2216-2222, Dec. 1982.
- [5] Carlin, J. And Amstutz, P., "On Optimum Broad-Band Matching," IEEE-CAS, Vol.28, 5, May 1981.
- [6] Cuthbert, T., "Broadband Impedance Matching Methods, RF Design", August 1994.
- [7] D. M. Pozar, "Microstrip antennas", PROC. IEE, vol. 80, no. 1, pp. 79-91, Jan., 1992.
- [8] User reference for MATLAB, ver 7.0.0.19920, May 2004.
- [9] A.R.Van de Capelle, and Bart. K.J. C. Nauwelaers, "Broadband Microstrip Antenna Design with the Simplified real frequency technique", IEEE TRANS. ON ANTENNA AND PROPAGATION, vol. 42 no.2 February 1994.
- [10] V. Belevitch, "Elementary application of the scattering formalism to network design," IRE TRANS. CIRCUIT THEORY, vol. 3, June 1956.
- [11] B.S. Yarman, "Modern approaches to broadband matching problems," IEEE PROCEEDINGS, vol. 132, Pt. H, 2, pp. 87-92, April, 1985
- [12] User reference for Agilent HFSS (High Frequency Structure Simulator), ver. 5.5, Dec. 1999.