

MİKROŞERİT DÜZLEMSEL DİZİ ANTENLERDE EMPEDANS BANT GENİŞLİĞİNİN NEGATİF KAPASİTANS KULLANILARAK ARTTIRILMASI

Adnan KAYA¹

Yeşim YÜKSEL²

^{1,2}Elektronik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Mühendislik Fakültesi

Dokuz Eylül Üniversitesi

Izmir, 35160, Türkiye

¹e-posta: kaya@eee.deu.edu.tr

²e-posta: yuksel@eee.deu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Negatif kapasitans, Aktif mikroşerit anten, Düzlemsel anten

ABSTRACT

In this study, a novel technique for bandwidth enhancement of a microstrip antenna with active negative capacitor matching network is presented. In this work, new design for the microstrip array antennas has been proposed and implemented and described method for variation of impedance of active microstrip rectangular array antenna. The antenna considered here is operated 2.5 GHz. The impedance bandwidth of the antenna changed by using the reactive loading. Bandwidth of the antenna is enhanced approximately 213 MHz by using the negative capacitance that is larger than that of a passive resonant array antenna. The simulation results show that compensation network can improve the bandwidth from 6 % to 8.52 %.

1. GİRİŞ

Mikroşerit antenler birçok özelliğe (hafiflik, ucuzluk v.b.) sahiptirler fakat bir çok sistemde dar bant genişlikleri nedeniyle düşünülmemektedirler. Bunların yerine 15-50% bant genişliklerinde çalışabilen dipol antenler yada horn antenler tercih edilmektedir. Mikroşerit antenlerde bant genişliğini arttıracak bir çok eleman araştırılmıştır: örneğin elektriksel olarak kalın elemanlar, çok katlı elemanlar, çoklu-rezonatör elemanları gibi [1]. Tüm bu bant genişletici elemanlar radyasyon yapısı boyutlarındaki kompleksliğide arttırmaktadır. Çoğunlukla bant genişliği karakteristiği artarken radyasyon parametreleri zayıflamaktadır. Bu durumda mikroşerit antenlerde bant genişliğini arttırmak için geniş bant empedans uyumlaştırma metodu önerilmektedir [2]. Bu teknikte radyasyon (pattern ve yönlendiricilik) elemanları etkilenmektedir. Aslında giriş empedansının frekansla değişiminin kompanzasyonu için, kompanzasyon elemanı olarak reaktif bir uyumlandırma sistemi önerilmektedir. Poes ve Van de Capelle pasif

düzlemsel uyumlandırma sistemleri üzerine çalışmışlar ve 10-12% bant genişliği elde etmişlerdir [3]. Benzer teknikleri Paschen [4] de uygulamış ve 25% den daha fazla bant genişliği elde etmiştir. Genellikle, empedans uyumlandırma metodu klasik bir metod olmakla birlikte oldukça başarılı bir metod dur. Burada empedans değişimlerinin bant limitleme faktörü olarak baskın olduğu açıktır. Mikroşerit antenlerde empedans uyumlaştırma elemanı olarak aktif komponentlerin önerildiği çalışmalarda literatürde mevcuttur [5,6]. Yayılım patterni bant genişliği içerisinde çok az değişmektedir[1].

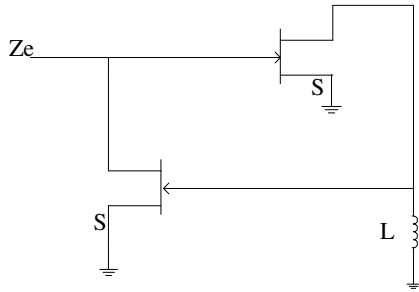
Son bir kaç yıldır, mikrodalga entegre devreler (MIC's) ve Monolitik devreler (MMICs) bir çok sistem uygulamasında büyük avantajlar sağlamaktadır. Sistem performansını geliştirmedeki başarıları, daha güvenilir olmaları ve düşük maliyetleri sebebiyle RF sistemlerde çokça kullanılmaktadır. Bu avantajları nedeniyle anten portlarının önüne bu tip Rf devreler yerleştirilerek entegre antenler elde edilmektedir. Bu tür antenlere örnek olarak yükselteçli ve osilatör tipi antenler verilebilir. Bu tür çalışmalarda anten dizaynı ve entegre edilecek devre ile kombinasyonlardaki etkilerde önem kazanmaktadır[6,7].

Aktif antenlerde geleneksel 50 ohm giriş çıkış portları yerine aktif mikrodalga devreleri önerilmektedir. Bu çalışmada bantı geliştirmek için negatif kapasitans devresi MMIC devresi olarak önerilmiştir. Bu tip aktif antenlerde anten performansı daha da gelişmektedir çünkü filtreleme, rezonans gibi devre fonksiyonları da sisteme eklenmektedir. Aktif devrelerde FET'ler, Gunn diyotlar gibi 3 terminalli elemanlar kullanılmaktadır. Aktif elemanların pasif radyasyon yapan elemanlara entegrasyonu ile uyumlu bağlantı katsayısında (mutual coupling) ve gürlütle faktöründe de iyileşme gibi avantajlar elde edilmektedir. Bu

avantajlar anten performansını geliştirmekte ve aktif antenleri son zamanlarda daha popüler yapmaktadır. Aktif anten çalışması yapan Svıtaç ve arkadaşları FET kullanarak yükselteç tasarlamışlar, uyumlandırma özelliğini de katarak sisteme entegre ederek % 7 bant genişliği elde etmişlerdir [6]. Bunların dışında bir çok bant arttırma tekniği uygulanmıştır. Bu çalışmada MMIC devresi olarak besleme hattına, 2 FET ve bir endüktif elemandan oluşan negatif kapasitans devresi eklenerek aktif bir anten yapısı önerilmektedir.

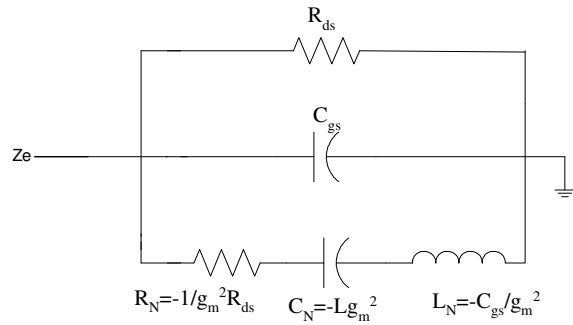
2. AKTİF ANTEN TASARIMI

Devre için, iki ortak kaynaklı FET negatif empedans üretecek şekilde endüktif bir yük (L) bağlanmıştır (Şekil-1). Negatif kapasitans devresinde $V_{DS}=8V$, $I_{DS}=35mA$ çalışma şartlarında, $C_{gs}=0.64pF$, $g_m=54mS$, $C_{gd}=0.023pF$, $C_{ds}=0.096pF$, $R_i=4.8$, $R_s=1.3$, $R_{ds}=538$ parametrik değerlerine sahip Fujitsu FSX017X GaAs FET elemanı kullanılarak yapılmıştır.

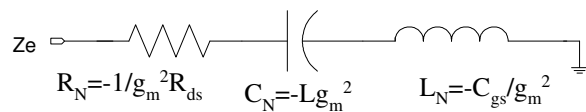


Şekil 1. Negatif kapasitans devresinin prensip şeması

Bu kompanzasyon devresinin eşdeğeri paralel bir RLC devresidir. Eşdeğer model oluşturulurken FET in sadece transconductance, gm, gate-source kapasitesi ,Cgs, elemanlarından oluştuğu düşünülmüştür. Devrede iki FET de aynı karakteristiğe sahiptir [9].



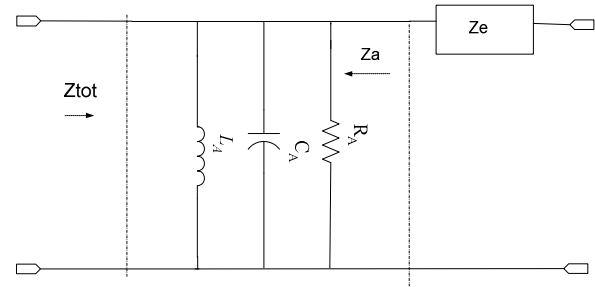
Şekil 2. Negatif kapasitans eşdeğer devresi



Şekil 3. Basitleştirilmiş negatif kapasitans eşdeğer devresi

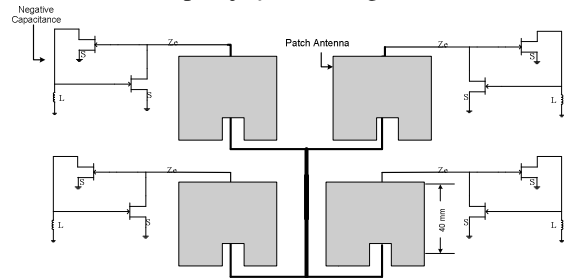
Şekil-3 deki değerler kullanılarak eşlenik devre elemanları $R_N=-0.6374$ Ohm, $L_N=-0.219$ nH, $C_N=-9.477$ pF olarak hesaplanır.

Bu çalışmada yeni bir uyumlandırma metodu elemanı olarak negatif kapasitans üreten Şekil-1 deki devre önerilmektedir. Bu aktif negatif kapasitansın çekici özellikleri (i) kayıpsız olması (ii) geniş mikrodalga frekans bandı içinde çalışabilmesi (iii) MMIC (monolithic microwave integrated circuit) devre olarak kolaylıkla gerçekleştirilebilir olmasıdır.



Şekil 4. Negatif kapasitans ve mikroşerit rezonatör kısımlarının bölümler halinde birleştirilmiş durumunu gösteren eşdeğer devre

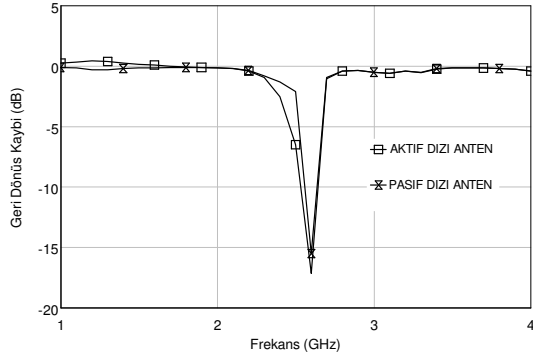
Şekil-4 deki R_A radyasyon direncini, L_A ve C_A da anten rezonans devresinin endüktif ve kapasitif parçalarını göstermektedir. Z_a sadece pasif mikroşerit antenin empedansı Z_{tot} da antenin toplam empedansıdır. Önerilen devre topoloji Şekil-5'de görülmektedir.



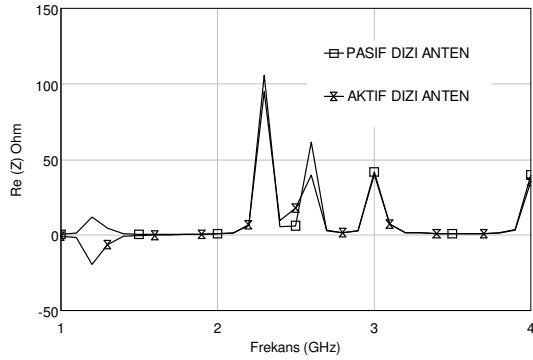
Şekil 5. Önerilen devre şekli

SİMÜLASYON SONUÇLARI

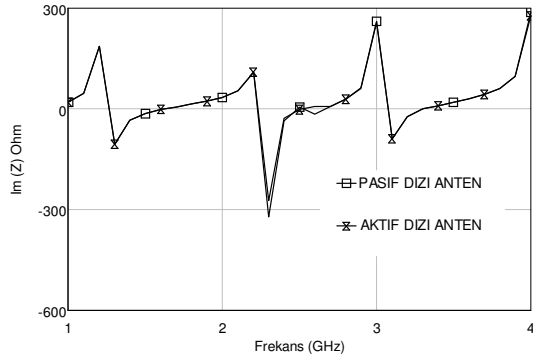
Referans anten ve aktif anten performans sonuçları Microwave Office simülasyon programı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçları Şekil 2 de gösterilmektedir. Referans ve Aktif antenler için geri dönüş karakteristiği $|S_{11}|$ Şekil 6 (a) da gösterilmektedir. Referans antene göre aktif antende 2.5 GHz için -15.45 dB den -17.12 dB ye düşerek daha iyi bir sonuç elde edilmekte ve bant genişliği de artmaktadır. Şekilden de görüldüğü gibi rezonans frekansında daha dip noktalar elde edilmektedir. Bant genişliği ve geri dönüş kaybı parametreleri için simülasyon sonuçları Tablo-1 de gösterilmiştir.



(a)



(b)

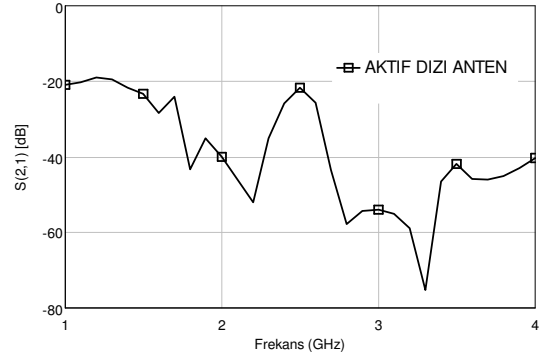


(c)

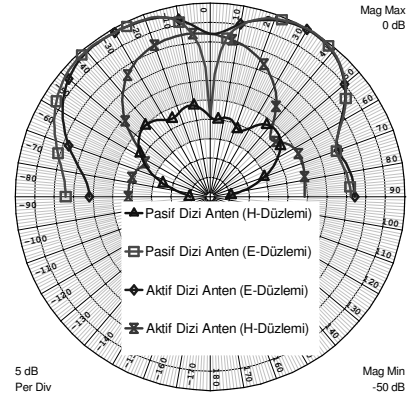
Şekil 6. Aktif ve pasif antenler için simülasyon sonuçları: (a) Geri dönüş kaybının frekansla değişimi (b) Empedansın sanal kısmının frekansla değişimi (c) Empedansın gerçel kısmının frekansla değişimi

Tablo 1. Referans ve Aktif anten için performans karşılaştırılması

Performans Parametreleri	Referans Anten	Aktif Anten
Bant genişliği	150 MHz	213 MHz
Yüzde bant genişliği	6%	8.52 %
S_{11} dip noktası	-15.45 dB	-17.12dB

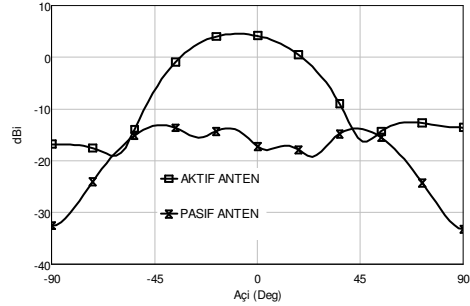


Şekil 7. Aktif antenin port izolasyon karakteristiği



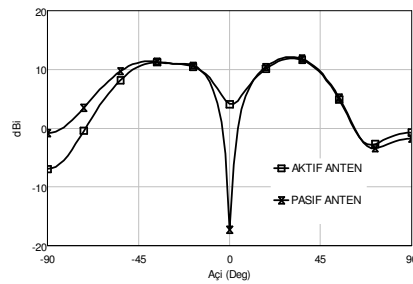
Şekil 8. Yayılm patterni

E düzleminde maksimum kazanç 11.5 dBi dir (Şekil 10).



Şekil 9. 2.5 GHz de H düzleminde yayılım patterni

H düzleminde anten sistemi negatif kapasitansla yüklü durumda iken kazancın oldukça arttığı görülmektedir.



Şekil 10. 2.5 GHz de E düzleminde yayılım patterni

3. SONUÇ

Bu makalede negatif kapasitans devresi kullanarak geniş bantlı radyasyon yapan aktif mikroşerit anten yapılabileceği gösterilmiştir. Performans sonuçları Moment yöntemini kullanan Microwave Office simülasyon programı ile elde edilmiştir. Uyumlandırma sonucunda empedans değişimiyle bant genişliğinin %5.76 den %8.19 a değiştiği görülmektedir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi aktif negatif kapasitans devresi kullanarak yapılan uyumlandırma ile literatürdeki diğer bazı tekniklere göre daha fazla bant genişliği elde edilebileceği açıktır. Aktif verici alıcı antenlerde bu konfigürasyonun yayılım patterninde de olumlu değişikliklere neden olduğundan ve sistemin performansını arttırdığından literatürdeki diğer tekniklere göre daha avantajlı olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] D.M. Pozar, "Microstrip Antennas," PROC. IEEE, vol. 80, no. 1, pp.79-81, January 1985.
- [2] R.M. Fano, "Theoretical limitations on broadband matching of arbitrary impedances," *J. of the Franklin Institute*, vol. 249, pp.57-83 and 139-154, Jan.-Feb.1950.
- [3] H.F. Pues and A.R. Van de Capelle, "An impedance matching technique for increasing the bantwidth of microstrip antennas" IEEE TRANS. ANTENNAS AND PROPAGATION, vol.AP-37, pp.1345-1354, Nov.1989.
- [4] D.A. Paschen, "Practical examples of integral broadband matching of microstrip antenna elements," PROCEEDINGS OF THE 1986 ANTENNA APPLICATIONS SYMP., pp.199-217, 1986.
- [5] H. An, B. Nauwelaers, and A.Van de Capelle, "Broadband active microstrip array elements," ELECTRONICS LETTERS, vol. 27, pp. 2378-2379, Dec. 1991.
- [6] A.J. Svitak, D.M. Pozar, and R.W. Jackson, "Optically fed aperture coupled microstrip patch antennas," IEEE TRANS. ANTENNAS AND PROPAGATION, vol. 40, pp.85-90, Jan.1992.
- [7] S. Fong, H.F. Pues and M.J. Withers, "Wideband multilayer coaxial fed microstrip antenna element," ELECTRONICS LETTERS, vol.21, pp.497-499, 1985.
- [8] E. Rajo Iglesias, Segovia-Vargas, J. L. Vazquez-Roy, V. Gonzalez-Posadas, and C. Martin Pascual "Bantwidth Enhancement in Noncentered Stacked Patches" MICROWAVE AND OPTICAL TECHNOLOGY LETTERS, vol. 31, no. 1, Oct. 2001.
- [9] K.Svilen,D.Bruno,GautierJ." Using a Negative Capacitance to Increase the Tuning Range of a Varactor diyote inMMIC Technology" IEEE MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, vol. 49, no.12, Dec. 2001.