

Yüksek Güce Dayanan Geniş Bantlı Konik Log-Spiral Anten

Ümit İRGİN
ASELSAN Elektronik Sav. San. A.Ş.
Ankara
uirgin@aselsan.com.tr

Özet: Konik Log Spiral Antenlerin (KLSA), elektriksel performansı (giriş empedansı, polarizasyon ve ısıma örüntüleri) frekanstan bağımsız olduğu için, haberleşme, elektromanyetik uyumluluk ölçümü gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu makalede, KLSA'ların tasarım parametreleri ve bu parametrelerin elektriksel performansa etkileri incelenecektir. Elde edilen verilerle UHF bandında çalışan yüksek güce dayanıklı KLSA anteninin tasarım parametreleri verilecektir.

1. Giriş

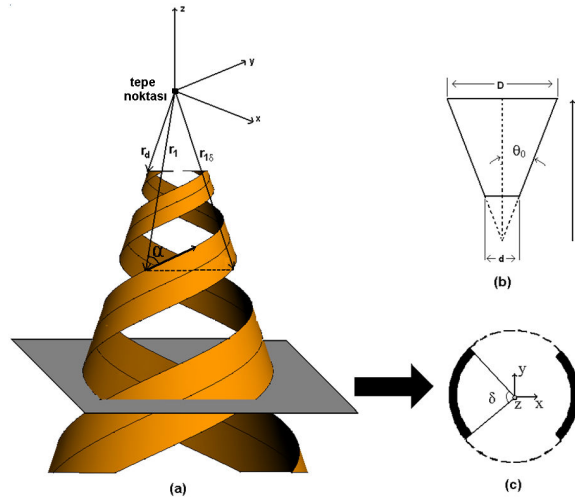
Planar (düzlemsel) ve konik eşaçılı spiral antenlerin geniş bir frekans bandı boyunca, frekanstan bağımsız, kazanç, polarizasyon ve giriş empedansları vardır [1]. Bu antenler, haberleşme, radar ve elektromanyetik uyumluluk alanlarında sıklıkla kullanılmaktadırlar. Konik eşaçılı spiral antenler yüksek kazanç sağlayabildikleri için GPS anteni olarak da kullanılmaktadır [2].

Bir antenin frekanstan bağımsız giriş empedansa, kazanç ve polarizasyona sahip olması için, anten şeklinin tamamen açılarla ifade edilebilmesi gerekmektedir. Fakat bu şartın sağlanabilmesi için ideal antenin sonsuz uzunlukta olması gerekmektedir. Pratikte ise antenin boyutları çalışma frekanslarına göre sınırlandırılır. Düzlemsel eşaçılı spiral anten için anten kolunun uzunluğu, çalışma frekansının alt sınırında, en büyük spiral çapı bir-dalga boyundan ($1\lambda_{\max}$) büyük olacak şekilde tasarlanmalıdır [3]. Konik eşaçılı spiral anten, aynı uzunlukta iki eşaçılı spiral kollun konik yüzeye sarılmasıyla elde edilir. Bu şekilde, konik spiral anten düzlemsel spiral anten gibi frekanstan bağımsız anten karakteristiğine sahip olmasının yanında, koni ucuna doğru ışıma yaptığından tek loblu anten ışıma örüntüsüne de sahiptir.

Dyson [4], konik log spiral antenin bir frekansta ışıma yaparken, anten üzerinde ışımanın yoğun olarak gerçekleştiği ve ışımaya ana katkıyı sağlayan bölgeyi “aktif bölge” olarak adlandırmıştır. Aktif bölge, bir frekansta antenin bir bölgesinde sınırlı olup frekans değiştiğinde, anten üzerinde yer değiştirmektedir. Fakat dalga boyu olarak düşünüldüğünde, aktif bölge anten üzerinde, spiral çevresi yaklaşık bir dalga boyu olduğu yere karşılık gelmektedir, böylece antenin elektriksel uzunluğu sabit kalırken anten performansı frekanstan bağımsız olarak çalışabilmektedir.

2. Anten Geometrisi

Şekil 1’de iki kollu konik log spiral antenin geometrisi görülmektedir. Anten, sivri ucu kırılmış bir koninin yan yüzeyine iki metal şeridin sarılması ile elde edilmektedir.



Şekil 1 a) İki-kollu, konik log spiral anten geometrisi. (b) koninin yandan görünümü (c) alınan kesitin üstten görünümü

Konik Log Spiral Anten (KLSA) geometrisi üç açıyla ifade edilebilir; (yarım) koni tepe açısı θ_0 ; kıvrılma açısı, α ve metal kolların açısal genişliği, δ . Yarım koni açısı, θ_0 , koninin bir yüzeyi ile simetri eksenini arasındaki açıdır. θ_0 açısı küçük olduğu zaman, KLSA'dan ışıma, yoğun olarak koninin sivri ucuna doğrudur. θ_0 , 90° olduğu zaman KLSA, standart düzlemsel spiral antene dönüşür ve $(\pm z)$ yönünde iki tarafa ışıma yapar. Kıvrılma açısı, α , spiral kolu ile koninin sivri noktasından çıkan radyal çizgi arasındaki açıdır. δ açısı, kolların genişliği ile ilgili olup Şekil 1-c'deki gibi antenden kesit alındığında, oluşan çember kesitin, yay açısıdır. Antenin diğer fiziksel parametreleri, koninin üst ve alt tabanlarının çapları, d ve D 'dir.

İki kollu KLSA'nın kolları matematiksel olarak, başlangıç noktası koninin sivri ucu olan radyal uzaklık, r ile ifade edilebilir. Şekil-1'de belirtildiği gibi, r_1 koni tepe noktasından ilk kolun dış sınırına kadar, $r_{1\delta}$ koni tepe noktasından ilk kolun aynı radyal mesafedeki iç sınırına kadarki radyal mesafedir. Matematiksel olarak;

$$r_1(\phi) = r_d e^{b|\phi|}, |\phi| \geq 0 \quad (1)$$

$$r_{1\delta}(\phi) = r_d e^{b(|\phi|-\delta)}, |\phi| \geq \delta \quad (2)$$

$$b = \frac{\sin \theta_0}{\tan \alpha}, \quad r_d = \frac{d}{2 \sin \theta_0} \quad (3)$$

Fakat ϕ için, $\phi \leq 2\pi$ gibi bir sınırlama KLSA için geçerli değildir, çünkü iki fonksiyon da periyodik fonksiyonlar değildirler. Kollar z eksenine göre simetriklerdir. Antenin ikinci kolu ilk kolun sınırlarını 180° döndürerek elde edilebilir. İkinci kolun matematiksel ifadesi;

$$r_2(\phi) = r_d e^{b(|\phi|-\pi)}, |\phi| \geq \pi \quad (4)$$

$$r_{2\delta}(\phi) = r_d e^{b(|\phi|-\delta-\pi)}, |\phi| \geq \delta + \pi \quad (5)$$

3. Anten Tasarımı

Antenin geometrisi, antenin kazanç, empedans ve polarizasyon gibi elektriksel özelliklerini belirlemektedir. Dyson [4] ve daha sonra bu konu üzerine çalışan araştırmacılar [1] tarafından, KLSA'ları karakterize etmek ve tasarım parametreleri oluşturmak için, çok sayıda deney yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, şu sonuçları elde edilmiştir;

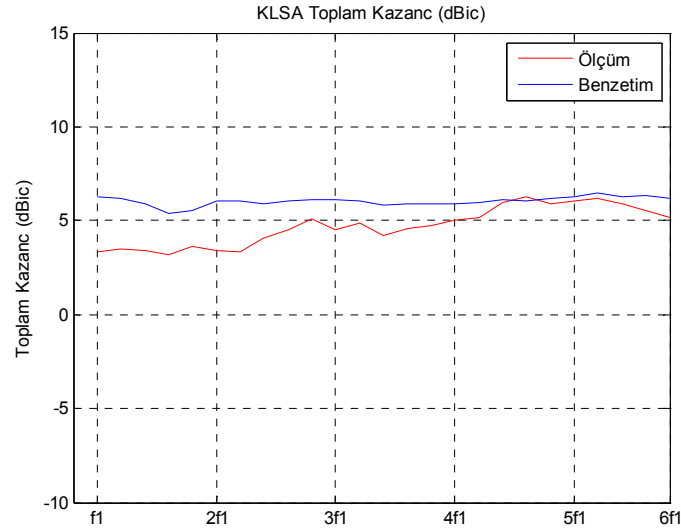
- Kıvrılma açısı, α artırıldığında (sarımlar sıklaştırıldığında), ve koni tepe açısı azaltıldığında huzme genişliği azalmakta ve yönlülük artmaktadır.
- Kıvrılma açısı, α azaltıldığında, aktif bölge koni tepesine doğru hareket etmektedir. Aktif bölge yukarıdaki birkaç sarım içinde kaldığı için, yönlülük azalmakta ve örüntü simetrisi bozulmaya başlamaktadır.
- KLSA eksenel oranı (axial ratio) 0dB'ye yakın tutmak için aktif bölgenin bir çember içinde kalması gerekmektedir. Fakat kıvrılma açısı, α azaltıldığında, aktif bölge helis yapısı yani düzlemsel bir çember yerine, üçüncü bir boyutta, $+z$ yönünde de daralarak ilerler. Bu simetriyi bozduğu için, eksenel oran düşmeye başlar.

Bu bilgiler ışığında UHF bandında, 6:1 frekans çalışma bandında, 200W üzerinde sürekli (CW) RF güce dayanabilen Konik Log Spiral Anten (KLSA) tasarlanmıştır. Üretilen anten prototipinin fiziksel yapısı, Şekil-2'de gösterilmektedir. Anten geometrisi boyunca, kıvrılma açısı, α sabit tutulmak yerine koni ucuna doğru artırılmıştır. Kıvrılma açısı artırıldığında, koni üzerindeki sarım yoğunluğu da artmaktadır. Bu durumda aktif ışıma alanını arttırmakta ve yönlülük (dolayısıyla kazanç) artmaktadır. Frekansa göre, anten kazancının ölçüm ve benzetim sonuçları Şekil-3'te verilmiştir. Benzetim sonuçlarında, anten kazancı hesaplamalarında, IEEE "anten kazancı" tanımı gereği, iletim hattı-anten VSWR uyumsuzluğu kazanca dâhil değildir. Fakat ölçüm düzeneğinde (gerçeklemede), ölçülen kazanç içerisinde VSWR uyumsuzluğu da anten kazancına dâhildir (Gerçekleştirilmiş Anten Kazancı).



Şekil 2 Tasarlanan Konik Log Spiral antenin fiziksel görüntüsü

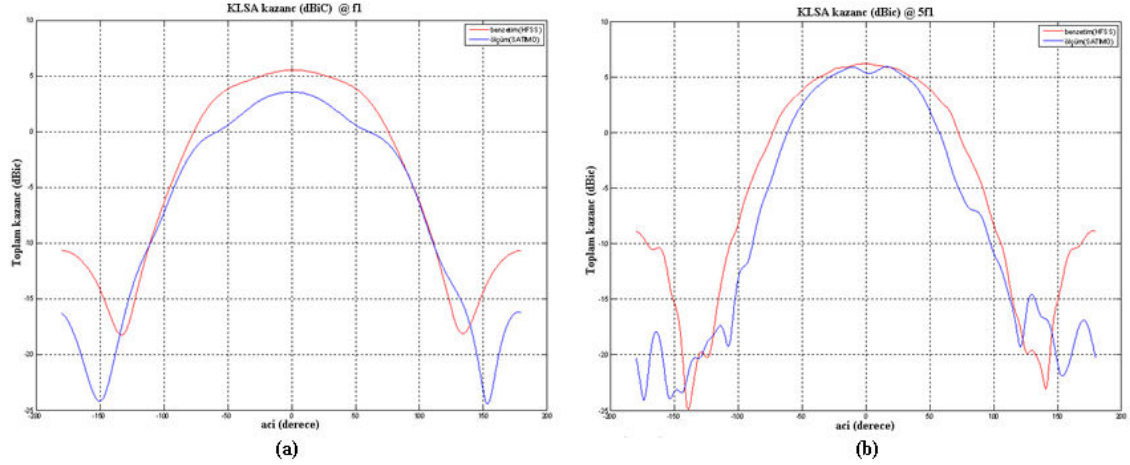
Üretilen antendeki VSWR uyumsuzluğu, antenin beslemesinden ileri gelmektedir. Anten, literatürde “sonsuz balun” [4] olarak nitelendirilen yöntemiyle beslenmektedir. Bu yöntemde, iletim hattının dış yüzeyi koninin en alt kısmından itibaren anten kolları üzerine, anten kolu boyunca lehimlenerek koninin sivri ucuna doğru ilerler; koni ucunda iletim hattının canlı ucu diğer kola lehimlenir. İletim hattının anten kolu üzerinde bulunması ana huzmede asimetri (huzme kayması)’na neden olabileceğinden, diğer anten koluna da anten kolu uzunluğunda, iletim hattı (dış yüzeyi) lehimlenir (Bu iletim hattının canlı ucu hiçbir yere bağlanmaz).



Şekil 3 Frekansa göre anten kazancı (dBic) (Benzetim ve ölçüm sonuçları)

Sonsuz balun yapısı, anten yüzeyine entegre edilmiş 1:1 bal-un yapısı olarak düşünülebilir. 50 Ohmluk iletim hattında dengesiz (unbalanced) taşınan RF anten besleme noktasında, antene dengeli (balanced) olarak iletilir. Anten yapısı, Babinet prensibine [5] uygun kendini bütünleyici bir yapı olduğundan, anten giriş empedansının teorik olarak (iki boyutlu düzlemler için) 188 Ohm olması gerekmektedir. Antenin koni üzerine sarılmış olması ve koni malzemesinin dielektrik sabitinin, ϵ_r , 1’den büyük bir değerde olması sebebiyle, anten giriş empedansı 120 Ohm civarındadır. Bu yüzden balun ile birlikte anten network analizöre bağlandığında, analizörde 2.4 VSWR okunmaktadır.

Anten empedans uyumsuzluğu ve RF iletim hattının kaybı, kazancı düşürmektedir. RF kablo kayıpları bandın üst frekanslarında artmaktadır, fakat anten kıvrılma açısı koni ucuna doğru arttığı için çalışma frekans bandının üst kısımlarında aktif ışıma bölgesi artmaktadır. Aktif ışıma bölgesinin artması yönlülüğü arttırmakta şekil-3’te görüldüğü üzere 4f1 ve 6f1 frekansları arasında kalan bantta ölçülen kazanç değeri benzetim sonuçlarıyla tutarlı olarak ilerlemektedir.



Şekil 4 f1 ve 6f1 frekanslarında anten ışıma örüntüleri

Çalışma bandının alt kısımlarında, anten kazancının artması için, koninin alt kısımlarına sarılan anten kollarının kıvrılma açıları büyük değerlerde olmalıdır. Ancak, büyük kıvrılma açısı, sarım sayısının artmasına neden olacağından balun yapısında bulunan RF iletim hattının uzunluğu, dolayısıyla iletim kayıpları da artacaktır.

Anten örüntüleri, çalışma bandının uç frekanslarında (f1 ve 6f1) şekil-4'te belirtilmiştir. Anten ışıma örüntüleri benzetim sonuçlarıyla örtüşmektedir, fakat alt batta empedans uyumsuzluğunun fazla olması nedeniyle benzetim sonuçları ile arasında, bütün açılar için, sabit 2-3 dB'lik fark vardır.

Antenin Yüksek RF güce dayanıklılığını belirleyen, en önemli husus, çalışma bandındaki en üst frekansta, antenin zarar görmeden dayanabildiği azami RF sürekli (CW) güçtür. Frekans arttıkça kayıp artmakta ve fiziksel olarak ışıma bölgesi koni ucuna doğru çıkmaktadır. İletim kayıplarının ısıya dönüşmesi ve antene iletilen gücün konik tepede küçük bir alan üzerinde ışıması; yüksek güçlü anten tasarımı, çalışma üst bant seçimini en kritik parametre haline getirmiştir. Üretilen anten, 6f1 çalışma frekansında ortam dış sıcaklığı 25°C iken, güneş altında 30 dakika boyunca hiçbir fiziksel veya elektriksel performans bozulma olmadan 200 W sürekli (CW) RF güçte çalışabilmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada yüksek RF güce dayanıklı, geniş bantlı Konik log spiral anten tasarımı anlatılmaktadır. Kullanılan geniş bant çalışmayı sağlayan balun besleme yapısının neden olduğu empedans uyumsuzluğu anten kazancına olan etkisi, anten tasarım parametrelerinden, kıvrılma açısının optimize edilmesi ile azaltılmıştır. Tasarlanan anten üretilmiş ve istenen güç isterlerini sağladığı gözlemlenmiştir.

Kaynaklar

- [1]. T. W. Hertel and G. S. Smith, "Analysis and design of two-arm conical spiral antennas", IEEE Trans. Electromagn. Compat., Vol. 44, No. 1, pp. 25-37, Feb. 2002.
- [2]. T. W. Hertel and G. S. Smith, "On the dispersive properties of the conical spiral antenna and its use for pulsed radiation", IEEE Trans. Antennas. Propagat., Vol. 51, No. 7, pp. 1426-1433, July 2003.
- [3]. Stutzman, W.L. "Antenna Theory and Design" John Wiley & Sons, 1981.
- [4]. J. D. Dyson, "The characteristics and design of the conical log-spiral antenna", IRE Trans. Antennas Propagat., Vol. AP-13, pp. 488-499, July 1965
- [5]. C.A. Balanis, "Antenna Theory, Analysis and Design" New York: Wiley, 1982