

# Ka-Bant Dairesel Polarize Yönsüz Çembersel Yarıklı Dalga Kılavuzu Dizi Anten

Can Barış Top, Doğanay Doğan, Akın Dalkılıç

Radar, Elektronik Harp ve İstihbarat Sistemleri Grubu

ASELSAN A.Ş

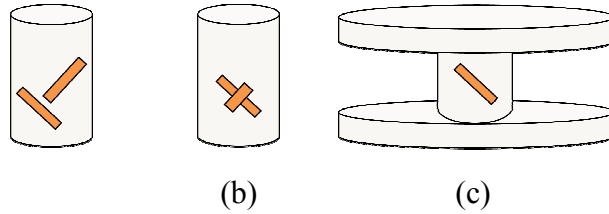
ANKARA

[cbtop@aselsan.com.tr](mailto:cbtop@aselsan.com.tr), [ddogan@aselsan.com.tr](mailto:ddogan@aselsan.com.tr), [adalkilic@aselsan.com.tr](mailto:adalkilic@aselsan.com.tr)

**Özet:** Ka Bant'ta daireysel polarizasyon yayın yapan yönsüz, düşük kayıplı çembersel bir dalga kılavuzu dizi anten geliştirilmiştir. Dairesel dalga kılavuzunun çevresine eğik açılan yarıklar, paralel plaka bölgesine yayın yaparak daireysel polarizasyonda ışıma sağlamaktadır. Yükseliş huzmesi  $-10^{\circ}/+30^{\circ}$  kapsama sağlayacak şekilde yönlendirilmiştir. Benzetim sonuçları ile uyumlu ölçüm sonuçları elde edilmiştir.

## 1. Giriş

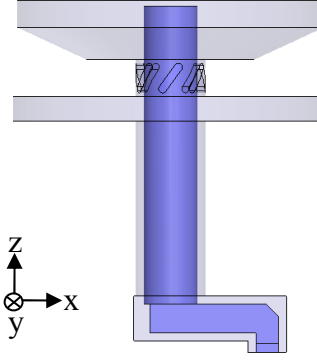
İletişim uygulamalarında polarizasyon uyumsuzluğunu ve çoklu yol etkisini azaltarak iletişim güvenilirliğini artırmak amacı ile daireysel polarizasyonlu antenler kullanılmaktadır. Yönsüz antenlerde daireysel polarizasyon elde edilebilmesi için parazitik elemanlı veya polarizörlü monopol [1,2], daireysel dalga kılavuzu beslemeli konik reflektör [3] tipi antenler kullanılabilir. Ancak bu tip antenlerde dielektrik kaybı özellikle yüksek frekans uygulamalarında anten verimini düşürmektedir. Bu nedenle yüksek çalışma frekanslarında dalga kılavuzu tipi antenler düşük kayıplı olmalarından dolayı tercih edilmektedir. Dairesel dalga kılavuzunda  $TE_{11}$  modlarını uyararak çapraz yarıklarla [4] veya  $TM_{01}$  modu ile uyarıp dalga kılavuzu üzerine çembersel yarık dizisi açılarak daireysel polarize yönsüz antenler elde edilebilmektedir [5, 6]. Dalga kılavuzunun çevresine çapraz yarıklar açılarak paralel plaka bölgesine yayın yapmasını sağlamak yolu ile de daireysel polarizasyon elde edilebilmektedir. Ka frekans bandında bu tip bir anten tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu tip antenin avantajı paralel plaka bölgesinin geometrisi değiştirilerek yükseliş ekseninde huzmenin belli bir ölçüde kontrol edilmesi (daraltılması ve/veya yönlendirilmesi), dizi elemanının tek yarık olması nedeni ile tasarım ve üretim aşmalarının daha kolay olması olarak sıralanabilir.



**Şekil 1.** Dairesel dalga kılavuzundan beslenen daireysel polarize yayın yapan yarık dizi tipleri. (a): Yarık çiftlerinin 90 derece faz farkı ile beslenmesi, (b) Rezonant olmayan eş merkezli çapraz yarık çiftine 90 derece faz farkı verilmesi, (c): Eğimli yarıkların paralel plaka bölgesine ışıma yapması

## 2. Antenin Yapısı

Antenin yapısı Şekil 2'de gösterilmiştir. Antenin giriş kısmı dikdörtgen dalga kılavuzundan daireysel dalga kılavuzuna geçiş sağlamaktadır. Dairesel dalga kılavuzunda  $TM_{01}$  modu uyarılmıştır. Bu mod yarıkların eş genlik ve faz ile uyarılmasını sağlamaktadır.  $TE_{10}$  modunda çalışan dikdörtgen dalga kılavuzundan  $TM_{01}$  daireysel dalga kılavuzunun dik bir geçişle uyarımı dar bir frekans bandında istenen mod saflığını sağlamaktadır [7]. Ancak bu uygulamada bant genişliği %1 olduğundan yapının basit olması amacıyla bu tip bir geçiş tercih edilmiştir. Dairesel dalga kılavuzu kısa devre ile sonlanmaktadır.



**Şekil 2.** Dairesel polarize yönsüz dalga kılavuzu yarıklı dizi anten yapısı

İlk aşamada dikdörtgen-dairesel dalga kılavuzu geçiş kısmı dairese dalga kılavuzunda  $TM_{01}$  modunun saf bir şekilde uyarılacağı şekilde tasarlanmıştır. Dairesel dalga kılavuzu çapı belirlendikten sonra yarık sayısı (N) dairese dalga kılavuzu çapına göre, yanca eksenini anten kazanç örüntüsünde en az dalgalanma yaratacak şekilde  $N=7$  olarak seçilmiştir. Dairesel dalga kılavuzu üzerinde çembersel bir dizi oluşturacak şekilde birbirine eş açı, uzunluk ve genişlikte yarıklar açılmıştır. Yarıklar ile kısa devre arasında yaklaşık çeyrek kılavuzlanmış dalga boyu mesafe bulunmaktadır. Yarıkların uzunluğu, yarıkların ışıma direncinin en yüksek olacağı şekilde (yaklaşık yarım dalga boyu) seçilmiştir. Yarıkların açısı paralel plaka bölgesinde elektrik alanın yatay ve dikey bileşeninin eş genlikte uyarılmasını sağlamaktadır.

Yarıklar paralel plaka bölgesine ışıma yapmaktadır. Bu bölgede yarıklardan yayılan elektromanyetik alanın dikey bileşeni TEM modunda, yatay bileşeni  $TE_1$  modunda ilerlemektedir. Yatay ve dikey bileşenlerin dalga boyu aşağıdaki denklemler ile ifade edilebilir:

$$\lambda_{yatay} = 2\pi / \sqrt{\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 - \left(\frac{\pi}{a}\right)^2} \quad (1)$$

$$\lambda_{dikey} = 2\pi / \sqrt{\omega^2 \mu_0 \epsilon_0} \quad (2)$$

$a$ : paralel plakalar arası mesafe,  $\omega$ : frekans (radian/s),  $\mu_0$ : serbest uzay manyetik geçirgenliği, ve  $\epsilon_0$ : serbest uzay elektrik geçirgenliği.

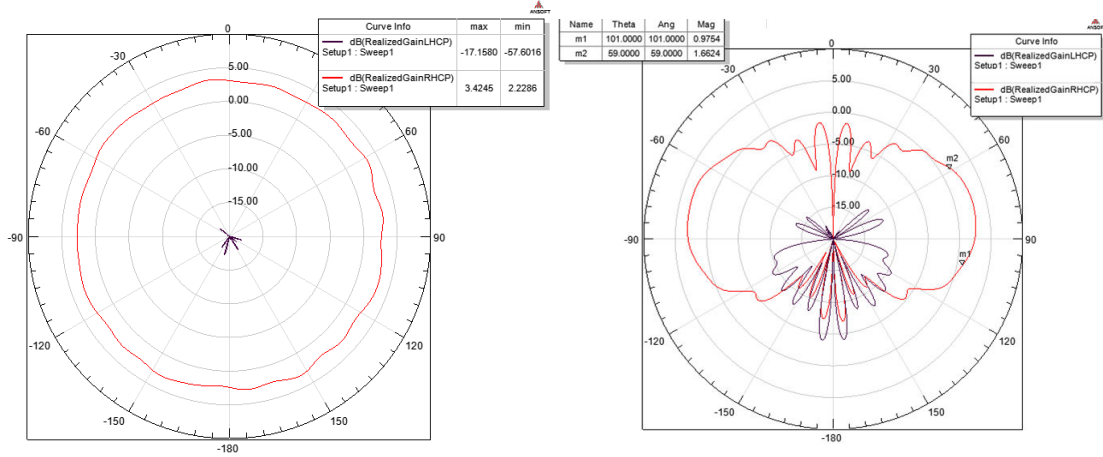
Yatay ve dikey elektrik alan bileşenlerin genliğinin eşit olduğu durumda plakalar arası mesafe sabit ise dairese polarizasyonun sağlanması aşağıdaki denklemin sağlanması gerekmektedir:

$$\left| \frac{2\pi}{\lambda_{yatay}} - \frac{2\pi}{\lambda_{dikey}} \right| a = n \frac{\pi}{2}, n: \text{tek sayı} \quad (3)$$

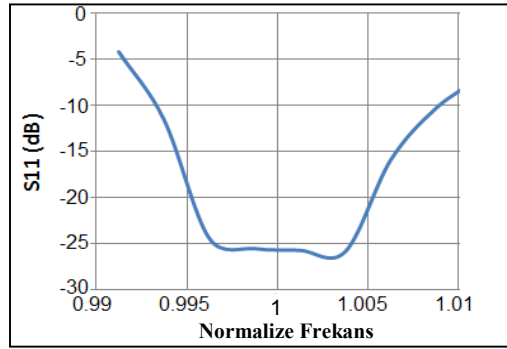
Bu uygulamada yükselişte  $10^\circ/+30^\circ$  kapsama sağlanması için paralel plaka bölgesinin uç kısmına  $25^\circ$  eğim verilmiştir. Yarıkların açısı, paralel plaka arası mesafe, eğimli bölgenin uzunluğu 3 boyutlu elektromanyetik benzetim progtamı ile (Ansoft HFSS) optimize edilmiştir.

### 3. Benzetim Sonuçları

Antenin benzetim sonucu elde edilen merkez frekans yanca ve yükseliş eksenini örüntüleri Şekil 3'te verilmiştir. Benzetim sonuçlarına göre anten kazancı 2.62 dB, 3 dB huzme genişliği  $65^\circ$ 'dir.  $-10^\circ/+30^\circ$  yükseliş sektöründe kazanç 1 dB'den yüksektir. Yanca ekseninde kazanç dalgalanması  $\pm 0.75$  dB'dir. Çapraz polarizasyon tüm kapsama sektöründe -15 dB'den daha düşüktür. Antenin çalışma bant genişliği içinde (%) geri dönüş kaybı 20 dB den daha iyidir (Bkz. Şekil 4).



**Şekil 3.** Antenin Yanca (solda) ve yükseliş (sağda) eş ve çapraz polarizasyon kazanç örüntüleri (Benzetim)



**Şekil 4.** Antenin  $S_{11}$  parametresi (Benzetim)

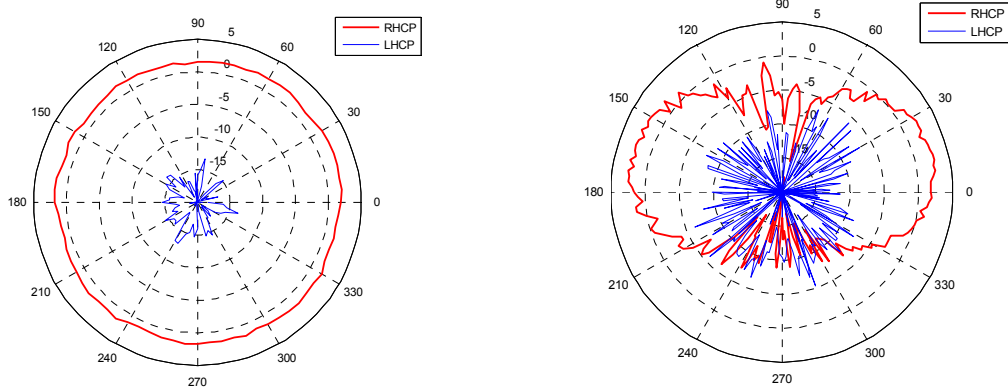
#### 4. Ölçüm Sonuçları

Antenin üretimi Aselsan'da hassas bilgisayar kontrollü freze tezgahında (CNC) gerçekleştirilmiştir (Bkz. Şekil 5). Antenin ışıma örüntü ölçümleri Aselsan Yankısız Uzak Alan Anten Ölçüm Sistemi'nde gerçekleştirilmiştir (Bkz. Şekil 6).

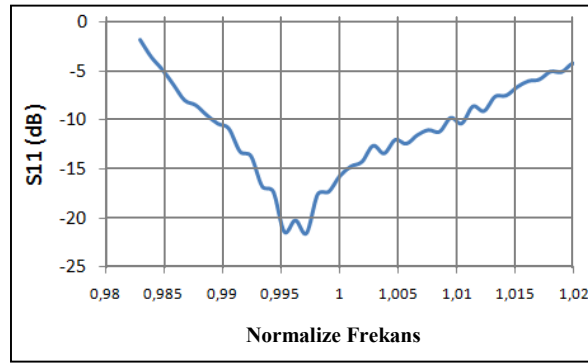


**Şekil 5.** Dairesel polarize yönsüz dalga kılavuzu yarıklı dizi anten

Ölçüm sonuçları benzetim sonuçları ile oldukça uyumludur. Ölçüm sonuçlarına göre anten kazancı 2.21 dB, 3 dB huzme genişliği 60°'dir.  $-10^{\circ}/+30^{\circ}$  yükseliş sektöründe kazanç 0.3 dB'den yüksektir. Yanca ekseninde kazanç dalgalanması  $\pm 0.58$  dB'dir. Çapraz polarizasyon tüm kapsama sektöründe -11.3 dB'den daha düşüktür. Antenin çalışma bant genişliği içinde (%1) geri dönüş kaybı 12 dB den daha iyidir (Bkz. Şekil 7).



Şekil 6. Antenin Yanca (solda) ve yükseliş (sağda) eş ve çapraz polarizasyon kazanç örüntüleri (Ölçüm)



Şekil 7. Antenin  $S_{11}$  parametresi (Ölçüm)

## 5. Sonuç

Ka bandta çalışan yükseliş ekseninde huzme kontrolü sağlayan yönsüz dairesel polarize bir anten geliştirilmiştir. Anten yapısı tamamen dalga kılavuzu olduğundan düşük kayıplıdır. Benzetim sonucuna göre antenin kayıp seviyesi 0.1 dB'den düşüktür. Anten üretilmiş ve test edilmiştir. Ölçüm sonuçları simülasyonlar ile benzerlik göstermektedir. Antenin  $S_{11}$  bandı benzetime göre % 0.4 kayık çıkmıştır. Antene üretim sonrası ayar mekanizmaları konarak bu kaymanın düzeltilebileceği değerlendirilmektedir.

## 5. Kaynaklar

- [1] K. Sakaguchi and N. Hasebe, "A circularly polarized omnidirectional Antenna," Eighth Int. Conf. Antennas and Propag., pp.477-480 vol.1, 1993.
- [2] J. M. Fernández, J. L. Masa-Campos and M. Sierra-Pérez, "Circularly polarized omnidirectional millimeter wave monopole with parasitic strip elements," J. Microwave and Optical Technology Letters, vol. 49, pp. 664-668, March 2007.
- [3] P. K. Verma, R. Kumar, and M. Singh, "Design of a shaped omni directional circular waveguide antenna," Applied Electromagnetics Conference (AEMC), 2009, vol., no., pp.1-3, 14-16 Dec. 2009.
- [4] Galindo, V.; Green, K.; "A near-isotropic circularly polarized antenna for space vehicles," IEEE Trans. Antennas and Propag., vol.13, no.6, pp. 872- 877, Nov 1965.
- [5] J. L. Masa-Campos, J. M. Fernandez, M. Sierra-Perez and J. L. Fernandez-Jambrina, "Omnidirectional circularly polarized slot antenna fed by a cylindrical waveguide in millimeter band," Microwave Opt. Technol. Lett., vol. 49, no. 3, pp. 638-642, 2007
- [6] Yadong Xu; Chengli Ruan, "A Novel Design of Circularly Polarized Omni-directional Antenna for Ka Band," *Millimeter Waves, 2008. GSMM 2008. Global Symposium on*, vol., no., pp.378-379, 21-24 April 2008.
- [7] G. L. Ragan, Microwave Transmission Circuits, First Ed., McGraw-Hill Book Company, 1948.