

# YARIKLI DALGA KILAVUZU ANTEN DİZİLERİNDE ANTEN ELEMANI MODELLEMESİ

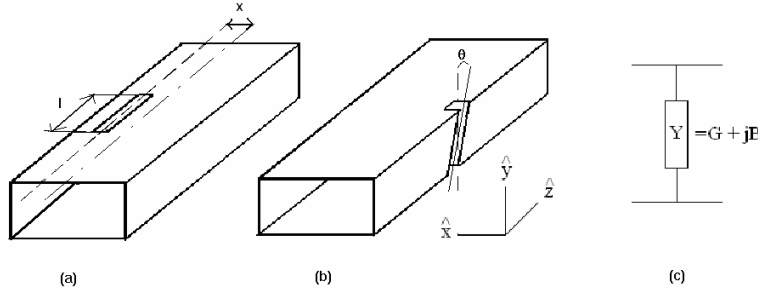
Can Barış Top, Mehmet Erim İnal, Altuncan Hızal\*  
ASELSAN A.Ş  
Mikrodalga ve Sistem Teknolojileri Grubu  
Yenimahalle, Ankara  
cbtop@aselsan.com.tr, inal@aselsan.com.tr,

\*Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
İnönü Bulvarı, Ankara  
hızal@metu.edu..tr

**Özet:** Yarıklı dalga kılavuzu dizi (YDKD) antenlerde düşük yan huzmeli doğrusal anten sentezlenmesi için dalga kılavuzuna açılan bir yarığın dalga kılavuzu üzerindeki pozisyonu ve uzunluğuna göre ışınım admitansının modellenmesi gerekmektedir. Bu makalede WR90 dalga kılavuzunun geniş kenarına uzunlamasına ve dar kenarına eğik açılan yarıklar için modelleme yöntemleri anlatılmış, anlatılan yöntemlerle yapılan modellemeler ile sentezlenen ve gerçekleştirilen YDKD antenlerin uzak alan ışınım örüntüleri sunulmuştur.

## 1. Giriş

Yarıklı dalga kılavuzu anten dizilerinin anten elemanı, dipolün Babinet eşleniği olan dalga kılavuzunun geniş ya da dar kenarına açılan ince uzun yarıklardır (bkz. Şekil 1). Dalga kılavuzunun üzerine, yüzey akımlarının akış yönünü değiştirecek şekilde uzun ve dar bir yarık açıldığında, bir miktar enerji dalga kılavuzundan dışarı yayılır. Yayılan enerjinin miktarı yarığın uzunluğuna ve pozisyonuna göre değişmektedir. Anten elemanı olarak kullanılan yarıklar genellikle dalga kılavuzunun geniş kenarına uzunlamasına, ve dar kenarına eğimli açılan yarıklardır. Yarıklar yaklaşık yarım dalga boyu uzunluğunda iken rezonansa uğramakta ve en çok enerji bu durumda dışarı yayılmaktadır. Geniş kenara eğimli açılan yarıklar ise, diğer YDKDleri beslemek için kullanılır.



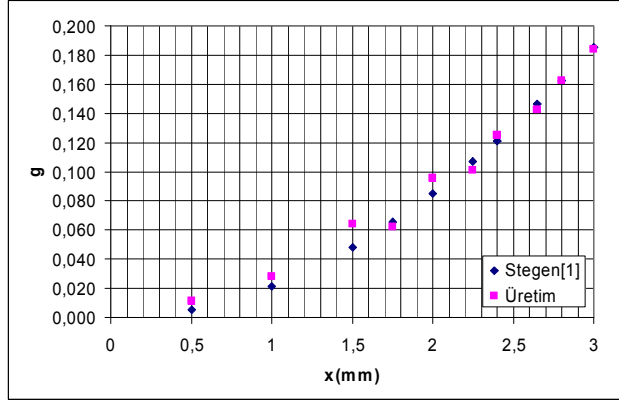
Şekil 1.(a) Geniş kenara açılan yarık geometrisi (b) Dar kenara açılan yarık geometrisi (c) Yarığın eş değer devre modeli

## 2. Geniş Kenara Açılan Yarıkların Modellenmesi

Dalga kılavuzunun geniş kenarına uzunlamasına açılan yarıklar dalga kılavuzunun her iki tarafında eşit saçınımına neden olduğu için şönt bir admitansla modellenmektedir[1]. Yarığın üzerindeki elektrik alan dağılımı x-ekseni doğrultusundadır. Yarığın ışınım admitansı, bulunduğu bölgede yönünü değiştirdiği net yüzey akımı miktarı ile doğru orantılıdır. Dalga kılavuzunun tam ortasına açılan yarık ışınım yapmamakta, dalga kılavuzunun ortasından uzaklaştıkça daha çok yüzey akımını keseceği için ışınım admitansı artmaktadır. Ancak belli bir uzaklıktan sonra şönt model bozulmaktadır. Doğrusal bir YDKD anten sentezlerken merkezden farklı uzaklıklardaki (ofsetlerdeki) yarıkların admitanslarının, rezonant uzunluklarının (admitansın zahiri kısmının sıfırlandığı uzunluk), ve bu rezonant uzunluktan uzaklaştıkça admitanslarının reel ve imajiner kısımlarının ne kadar değiştiği bilinmelidir[2]. Bunun için yapılması gereken farklı ofset ve uzunluklardaki yarıkların admitanslarını bulmak, ve bu admitanslardan sentez için gerekli olan veriyi çıkartmaktır. Buna yarık modellemesi denmektedir. Yarık

modellemesi sonucu elde edilen veriler polinoma oturtularak tasarım denklemlerinde kullanılmaktadır. Yarık modellemesi nümerik veya deneysel yollarla yapılabilir. Bu makalede Ansoft HFSS benzetim programı ile ve deneysel olarak yapılmıştır.

WR90 dalga kılavuzunda X-bant'ta empirik olarak Stegen tarafından yapılan bir modelleme mevcuttur[3]. Bu modellemedeki rezonant uzunlukta bir yarığın admitansın ofsete göre değişim karakteristiği, üretilen parçaların ölçülmesi ile ekar edilmiş; böylece ölçüm yönteminin sağlaması gerçekleştirilmiştir.  $4\lambda_g$  uzunluğunda bir dalga kılavuzunun ortasına farklı ofsetlerde rezonant uzunlukta (rezonant uzunluk stegen eğrilerinden elde edilmiştir) yarıklar açılmıştır. Bu parçaların s-parametreleri ölçülerek yarıkların admitansları hesaplanmıştır. Hesaplanan admitanslar literatürdeki veriler ile karşılaştırılmıştır (bkz. Şekil2).



Şekil 2. Yarık Admitansının Ofsete bağlı değişimi

### 3. Ölçülen S-parametrelerinden Admitans Hesaplama Yöntemi

Üretilen parçaların S-parametreleri HP8510C Devre Analizörü ile ölçülmüştür. Ölçüm yapılırken, bağlantı noktalarından kaynaklanan yansımaları hesaba katmamak için "time domain gating" yöntemi kullanılmıştır. Referans araya girme kaybı (S21) ölçümü için aynı uzunlukta ( $4\lambda_g$ ) üzerinde yarık olmayan bir dalga kılavuzu gerekmektedir. Her bir yarığın S-parametre ölçümleri referans S21 ölçümüne göre normalize edilmiş; böylece ölçüm düzlemi yarıkların olduğu dalga kılavuzunun ortasına çekilmiştir. Admitans değerleri ölçülen S-parametrelerinden hesaplanmıştır.

$$S11_{norm} = S11 / S11_{ref} \quad (1)$$

$$S21_{norm} = S21 / S21_{ref} \quad (2)$$

$$Y1 = -2 \cdot S11_{norm} / (1 + S11_{norm}) \quad (3)$$

$$Y2 = 2 / S21_{norm} - 2 \quad (4)$$

### 4. Dar Kenara Açılan Yarıkların Modellenmesi

Dalga kılavuzunun dar kenarına açılan yarıkların admitansı eğimleri arttıkça artmaktadır. Yarığın üzerindeki elektrik alan yarığın uzun kenarın dik, ( $90^\circ - \theta$ ) doğrultusundadır. Uzunlukları, rezonansta dalga kılavuzunun dar kenarından büyük olduğu için geniş kenara taşmaktadır. Bu yüzden analizi daha zordur. Tek yarığın modellenmesi bir önceki bölümde anlatılan şekilde farklı yarıkların açılı ve uzunlukları için HFSS ile ve deneysel olarak yapılmış, yarıklar arası etkileşim ise asimtotik 90 derece Green fonksiyonu ile [4]te verilen yöntemle hesaplanmıştır. Bu şekilde 35 db dağılımlı bir dizi anten önce HFSS benzetiminden elde edilen verilerle, daha sonra empirik ölçümlerden elde edilen verilerle sentezlenmiş, ancak istenen yan lob seviyesini sağlayamamıştır. Buna alternatif olarak artan iletkenlik yöntemi ile yarıkların, karşılıklı etkileşim altında, admitansları ve rezonant uzunlukları bulunmuş, bu sonuçlar ile sentezlenen antende daha düşük yan huzme seviyesi elde edilebilmiştir.

#### Artan İletkenlik Yöntemi

Bu yöntem, yarıklar arası etkileşimin analitik ya da nümerik yollarla hesaplanamadığı durumlarda kullanılmaktadır. Doğrusal antende kullanılacak eleman sayısı (N), ve elemanlar arası uzaklık (d) belirlendikten sonra modelleme bütün elemanlarla yapılır. Dalga kılavuzundaki bütün elemanlar aynı açı ve uzunlukta. N yarıklı dalga kılavuzunun S-parametreleri ölçülür ve yarıkların toplam admitansı hesaplanır. Daha sonra N-1

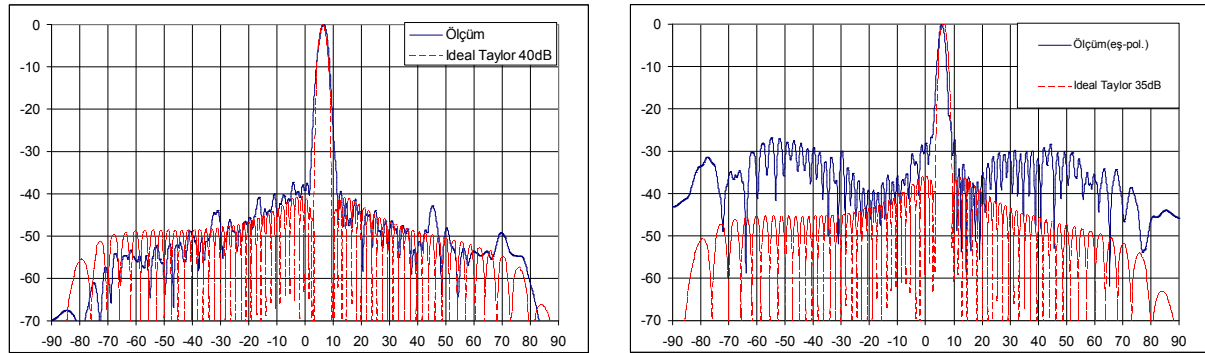
yarıklı dalga kılavuzunun S-parametreleri ölçülür ve yarıkların toplam admitansı hesaplanır. N ve N-1 elemanlı antenlerin admitansları birbirinden çıkarılarak bir elemanın aktif admitansına ulaşılmış olur.

Bu yöntemin en büyük dezavantajı, sentezlenen antende bütün yarıklar aynı açı ve uzunlukta olmadığında karşılıklı etkileşimlerde bir miktar hata yapılmasıdır. Ancak, eleman sayısı genellikle fazla ve ardışık yarıkların açıları birbirine yakın olduğundan, bu yöntem kullanılabilir. Modelleme HFSS yazılımı ile yapılmıştır. Bu yöntemle 40 dB Taylor dağılımı kullanılarak tasarlanan bir antenin ilk yan huzme seviyesi 35dB elde edilmiştir. Bu yöntemin bir başka dezavantajı eleman sayısı ve elemanlar arası uzaklığa göre modellemenin tekrar edilmesi gerektiğidir. Bunun yanında, farklı açı ve uzunluklarda bir çok doğrusal anten dizisi üretilmesi gereği mevcuttur.

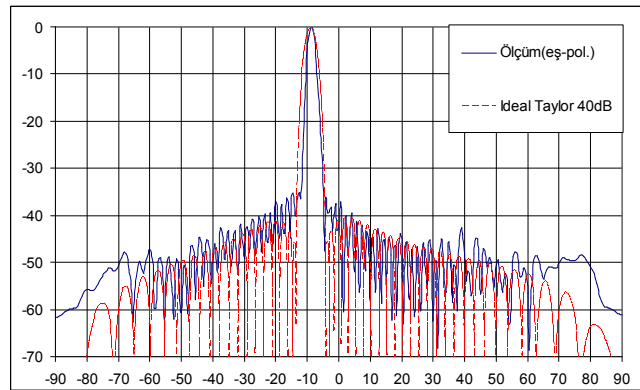
Admitans değeri S-parametresi ölçümlerinden doğrudan hesaplanabilmektedir[5].

## 5. Ölçüm Sonuçları

Sentezlenen ve gerçekleştirilen 42 elemanlı geniş kenar YDKD, 42 elemanlı dar kenar YDKD, ve 60 elemanlı dar kenar YDKD antenlerin merkez frekanstaki ölçümleri ASELSAN düzlemsel yakın alan anten ölçüm sisteminde yapılmıştır.



Şekil 3. Geniş kenar 42 elemanlı YDKD antenin ölçülen ışınım örüntüsü(solda).  
Dar kenar 42 elemanlı antenin ölçülen ışınım örüntüsü(sağda).



Şekil 4. Artan iletkenlik yöntemi ile modellenen dar kenar 60 elemanlı YDKD antenin ölçülen ışınım örüntüsü

## Kaynaklar

- [1] Stevenson, A. F., "Theory of Slots in Rectangular Waveguides," J. Appl. Phys., Ocak 1948, vol 19, s.24-38.
- [2] Elliott, R S., "An Improved Design Procedure for Small Arrays of Shunt Slots," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Ocak 1983, Vol 31.No.1 s.48-53.
- [3] Elliott, R S., Antenna Theory and Design. Prentice-Hall, 1981, s.408.
- [4] Jan, C-G., Hsu, P. ve Wu, R-B., "Corner Effects on the Mutual Impedance Between Edge Slots," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Nisan 1993, Vol 41.No.4 s.488-492.
- [5] Han, K.J., Jongkuk, P. ve Na, H-K., "An Efficient Evaluation of Slot Admittance for Design of Non-resonant Waveguide Edge Slot Array," IEEE AP-S Uluslararası Sempozyumu 2004, 20-25 Haz. 2004, Vol 3, s.3269-3272.