

E-DÜZLEM SEKTÖREL BOYNUZ ANTEN GÜÇ BÖLÜCÜ

Mustafa Seçmen, Şimşek Demir, Altuncan Hızal, Kenan Çağlar*, Eyüp Tongel*

Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü
Balgat, Ankara

msecmen@metu.edu.tr, simsek@metu.edu.tr, hizal@metu.edu.tr

*ASELSAN A. Ş.

Yenimahalle, Ankara

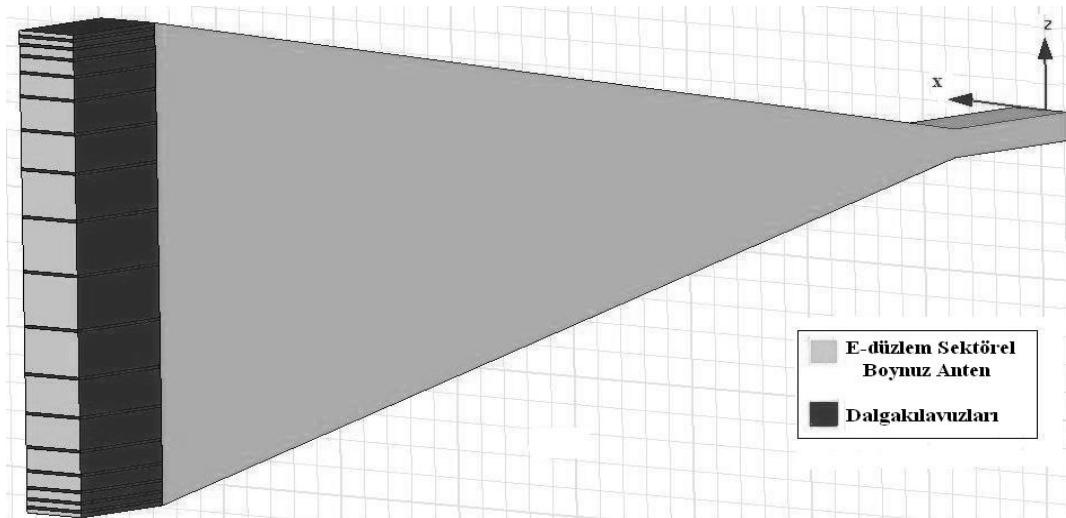
caglar@aselsan.com.tr, tongel@aselsan.com.tr

Özet: Bu bildiri anten uygulamaları için bir E-düzlem sektörel boynuz anten güç bölücüyü sunmaktadır. Güç bölünmesi boynuz antenin açıklığındaki sektörlerin (dalgakılavuzlarının) alanları ile doğru orantılı olarak gerçekleştirilmektedir. Bildiride 30 dB Taylor dağılımına sahip bir X Bant anten uygulaması için güç bölücü tasarlanmıştır. Tasarım, HFSS v9.2 ile yapılan simülasyonlar ve devre analizörü ile yapılan ölçümler ile incelenmiştir. Ölçüm ve simülasyon sonuçları teorik sonuçlarla uyum göstermiştir ve toplam güç dalga kılavuzlarına istenilen oranlarda dağılmıştır. Elde edilen sonuçlarda dalga kılavuzlarının duvar kalınlıklarından kaynaklanan çalışma bandı boyunca güç bölünme oranlarında yaklaşık 1 dB civarında bir dalgalanma gözlemlenmiştir. Yapılan simülasyonlar ile duvar kalınlıklarını azaltarak dalgalanmaların ihmal edilebilir seviyelere düşürülebildiği görülmüştür.

1. Giriş

Anten uygulamalarında yüksek kazanç ve dar hüzmeye genişliği elde etmek için anten dizileri kullanılır. İstenilen hüzmeye genişliği ve yan hüzmeye seviyesi için elemanların uyarılma genlikleri Taylor dağılımı gibi anten dizisinin sonlarına doğru azalan dağılımlar göstermelidir [1]-[2]. Tasarım niteliklerini sağlamak amacıyla gelen güç anten elemanlarına hesaplanan oranlarda bölünmelidir. Yüksek güç veya dalga kılavuzu uygulamalarında, dalga kılavuzu güç bölücülerini genelde tercih edilir [3]-[4]. Fakat bu bölücülerde tasarımın genelde karmaşık olmasının yanında çalışma bandında aynı anda istenen güç dağılım oranları ve düşük geri dönüş kaybı elde etme konusunda da zorluklar yaşanmaktadır.

Bu bildiride nispeten daha az karmaşık bir tasarımı olan, düşük geri dönüş kaybına sahip ve istenilen güç oranlarında dağılım yapan bir boynuz anten güç bölücüsü tasarlanmıştır. Şekil 1'den de görüldüğü gibi bölücü tasarımı, bir E-düzlem sektörel boynuz antenin ucuna genişlikleri aynı, boyları istenilen güç oranında ayarlanmış çeşitli dalga kılavuzları konularak yapılmaktadır.



Şekil 1. Tasarlanan güç bölücüsünün simülasyon görünümü.

Tasarımda bölücünün toplam geri dönüş kaybı yaklaşık olarak tasarlanan antenin geri dönüş kaybına eşit olduğundan bu kayıp kolayca çalışma bandı artırılarak -20 dB veya -25 dB gibi istenen değerlere ayarlanabilir. E-düzlem sektörel boynuz anten tek mod içerecek şekilde tasarlandığından Şekil 1 düşünüldüğünde sadece z doğrultusunda E alanı olan baskın mod TE₁₀ modunun alanları anten boyunca ilerleyecektir. Bu yüzden H alanı

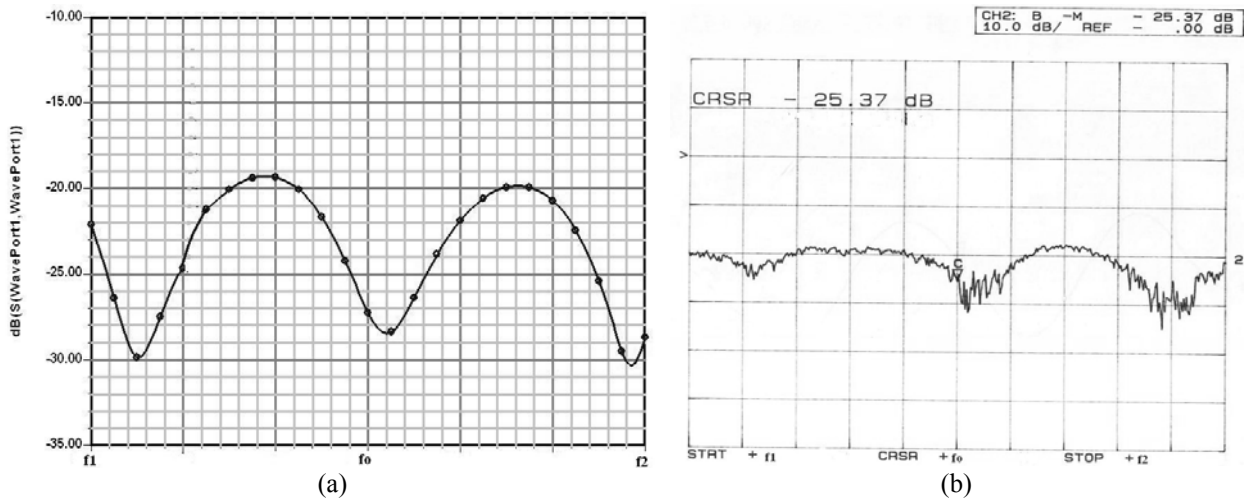
doğrultusunda (x doğrultusunda) uzanan dalga kılavuzu duvarları, önemli bir yansımaya ve geri dönüş kaybına neden olmayacaklardır. Sonuç olarak geri dönüş kaybı düşük iyi bir anten tasarımı ile bölücünün geri dönüş kaybı problemi halledilebilir. Bunun yanında anten açıklığında güç yoğunluğu, z doğrultusunda düzgün dağılım, x doğrultusunda ise anten ve dalga kılavuzlarında aynı sinüsel bir dağılım gösterir. Bu yüzden bir dalga kılavuzuna dağıtılan güç oranı, dalga kılavuzunun z yönündeki boyutunun antenin z yönündeki uzunluğuna oranı veya eşdeğer olarak denklem (1)'deki oran ile belirlenir.

$$\alpha = \frac{A_{dalga\ kılavuzu}}{A_{anten}} \quad (1)$$

Bildiride 18 elemanlı bir dalga kılavuzu anten dizisine güç dağılımını sağlayan yüksek güç uygulamalarına uygun bir güç bölücü yapısı tasarlanmıştır. Bölücüdeki anten ve dalga kılavuzu boyutları, 30 dB Taylor dağılımına sahip bir uygulama için seçilmiştir. Tasarımı doğrulamak için yapı HFSS v9.2 ile simüle edilmiştir. Ayrıca yapı üretilip HP 8757C skaler devre analizörü ile ölçülmüştür. Simülasyon ve ölçüm ile ilgili sonuçlar bir sonraki kısımda verilecektir.

2. Tasarım, Simülasyon ve Ölçüm Sonuçları

Bölücü yapısında öncelikle açıklık boyutları 172 mm ve 22.86 mm olan bir E-düzlem sektörel boynuz anten ve standart WR-90 besleme dalga kılavuzu tasarlanıp gerçekleştirildi. Dalga kılavuzlarının z yönündeki boyutları, 18 elemanlı X Bant 30 dB Taylor dağılımı içeren bir anten dizisinin elemanlarının uyarılma genliklerine göre hesaplandı ve 1 mm duvar kalınlıklarını ihmal ederek Şekil 1'de yukarıdan aşağıya olacak şekilde yaklaşık sırasıyla 1.5, 2, 3, 5, 7.5, 11, 13, 16 ve 18.5 mm (diğer dokuzu simetrik) olarak bulundu. Dalga kılavuzlarının hesaplanması ile tüm güç bölücü tasarımı üretilip ölçüldü. Simülasyon ve ölçüm sonuçlarına göre güç bölücünün geri dönüş kaybı Şekil 2(a) ve (b)'de görülmektedir.



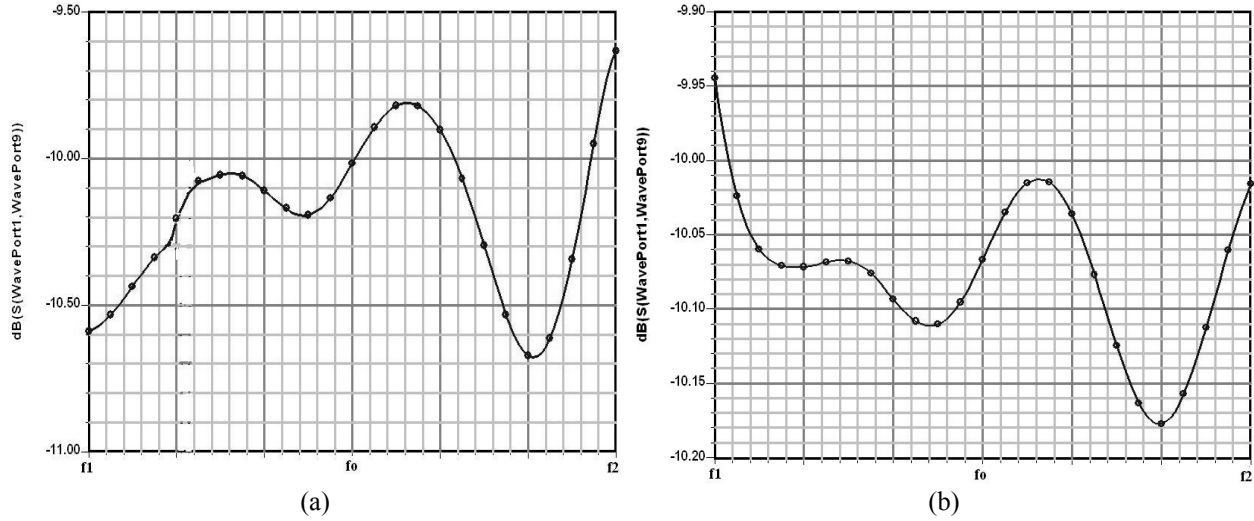
Şekil 2. Bölücü yapının geri dönüş kaybı (a) Simülasyon (b) Ölçüm.

Sonuçlardan da görüldüğü üzere bölücünün geri dönüş kaybı merkez frekansta, f_0 , yaklaşık -25 dB olup, 400-500 MHz'lik bir bant boyunca -20 dB'in altındadır ki bu seviyeler çoklu bir güç bölücü için oldukça iyi sayılır. Güç bölünme oranları ile ilgili merkez frekansta çeşitli dalga kılavuzları için elde edilmiş teorik, simülasyon ve ölçüm sonuçlarına ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Tablodaki dalga kılavuzu 1 Şekil 1'de en üstteki dalga kılavuzunu, dalga kılavuzu 18 ise en alttaki dalga kılavuzunu temsil etmektedir.

Tablo I. Tasarımdaki çeşitli dalga kılavuzlarının merkez frekanstaki güç bölünme oranlarına ait teorik, simülasyon ve ölçüm sonuçları.

Dalgakılavuzu	Teorik (dB)	Simülasyon (dB)	Ölçüm (dB)
1	-20.96	-20.58	-20.65
2	-20.07	-19.40	-19.55
5	-13.36	-13.45	-13.96
9	-9.17	-9.44	-9.58
11	-9.58	-9.90	-9.85
18	-20.96	-20.52	-20.38

Sonuçlardan da görüldüğü üzere tasarım için elde edilmiş simülasyon ve ölçüm sonuçları teorik sonuçlarla uyumaktadır. Bununla beraber hem simülasyon hem ölçüm sonuçlarında yaklaşık 400-500 MHz'lik bant içerisinde frekans ile güç bölünme oranlarındaki değişimlerin 1 dB civarı olduğu görülmüş ve bu değişim seviyelerinin anten dizisinin çalışma bandında performansını olumsuz etkileyebileceği sonucuna varılmıştır. Bu değişimlerin kaynağının dalga kılavuzlarının duvar kalınlıkları olduğu düşünülerek bu seviyeleri düşürmek amacıyla dalga kılavuzu duvar kalınlıklarını azaltmaya yönelik bir çalışma yapıldı. Bölücü için yapılan simülasyonlar, dalga kılavuzu kalınlıklarının 0.5 ve 0.25 mm olduğu durumlar için tekrarlandı. Yapılan simülasyonlar sonucu bu değişim seviyelerinin 0.5 mm kalınlık için 0.5 dB civarına, 0.25 mm kalınlık için 0.2 dB civarlarına kadar düştüğü gözlemlendi. Örnek olarak, dalgakılavuzu 8'in 1 mm ve 0.25 mm duvar kalınlıkları durumları için elde edilmiş güç dağılım oranlarına ait simülasyon sonuçları sırasıyla Şekil 3(a) ve (b)'de verilmiştir.



Şekil 3. (a) 1 mm ve **(b)** 0.25 mm duvar kalınlıkları için dalgakılavuzu 8'in güç dağılım oranlarına ait simülasyon sonuçları.

Bahsedilen güç bölücünün değişik bir versiyonu olarak kıvrımlı E-düzlem sektörel boynuz anten kullanan başka bir güç bölücü tasarımı da incelendi. Yukarıda bahsedilen ve normal E-düzlem sektörel boynuz anten kullanan yapıda z yönündeki E alan dağılımı düzgün olduğundan özellikle uçlardaki dalga kılavuzlarının z yönündeki boyutları oldukça küçüktür. Bu küçük boyutlar üretim problemleri yaratabilir ve üretimden kaynaklanan hatalar da bölücü performansını etkileyebilir. Fakat, bu değişik versiyonda anten açıklığındaki E alanın kıvrımlı antenden kaynaklanan z yönünde de bir sinüsel değişimi (merkezde yüksek, kenarlarda düşük) vardır. Kenarlarda E alanının bir önceki duruma göre düşük olması, aynı miktarda güce sahip olması için uçlardaki dalga kılavuzlarının toplam alanının artırılması anlamına gelir. Böylece uçlardaki dalga kılavuzlarının z boyutları diğer dalga kılavuzlarına yakın olur ki bu durum pratik olarak bölücüyü daha rahat üretilebilir hale getirir. Bu versiyonun bu avantajına rağmen, normal antene göre kıvrımlı antenin tasarımının zor olması ve antenden bant boyunca -20 dB gibi düşük geri dönüş kaybı elde etmenin zor olması gibi dezavantajları vardır. Bu versiyon ile ilgili detaylı bilgi gelecek çalışmalarda verilecektir.

3. Vargı

Bu bildiride E-düzlem sektörel boynuz anten kullanan yeni bir yüksek güç dalga kılavuzu güç bölücü tanıtılmıştır. Bu bölücüyü kullanan bir 18'e bölücü tasarlanıp 30 dB Taylor dağılımı uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yapı simülasyon ve ölçüm sonuçları ile desteklenmiştir. Düşük geri dönüş kaybı elde edilerek sonuçların teorik sonuçlara yakın olduğu görülmüştür. Ayrıca sonuçlarda kalın dalga kılavuzu duvarlarından dolayı güç bölünme oranlarında bant boyunca 1 dB'lik değişimler görülmüştür. Simülasyonlar ile daha ince duvarlı yapılar kullanılarak bu değişimlerin azaltılabileceği gözlemlenmiştir. Bunun dışında bu güç bölücünün üretime daha elverişli ve daha uygun dalga kılavuzu boyutlarına sahip başka bir versiyonundan bahsedilmiştir.

Kaynaklar

- [1]. Taylor T. T., "Design of Line-Source Antennas for Narrow Beamwidth and Low Side-Lobes," IRE Transaction on Antennas and Propagation, Vol. AP-3, No. 1, s.16-28, Ocak 1955.
- [2]. Balanis C. A., Antenna Theory: Analysis and Design. John Wiley & Sons Inc., ABD, 1997.
- [3]. Arndt F., Ahrens I., Papziner U., Wiechmann U. ve Wilkeit R., "Optimized E-Plane T-Junction Series Power Dividers," IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-35, No. 11, s.1052-1059, Kasım 1987.
- [4]. Takeda F., Ishida O. ve Isoda Y., "Waveguide Power Divider Using Metallic Septum with Resistive Coupling Slot," IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, s.527-528, 1982.