

X-BAND 20 YOLLU, EŞ FAZLI, GENLİK DAĞILIMLI, KAYIPSIZ GÜÇ BÖLÜCÜSÜNÜN MİKROŞERİT TEKNOLOJİSİ İLE TASARIM

Eker T.¹, İnal M. E.¹, Demir Ş².

1 ASELSAN, Mikrodalga Sistem Teknolojileri Grubu, Ankara

2 Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Müh. Böl., Ankara

İletişim adresi: Aselsan A.Ş. MST/EDM-REH

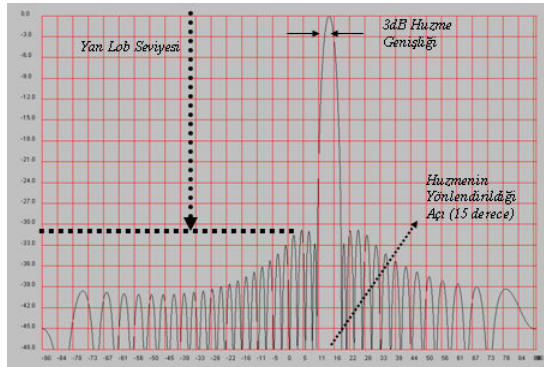
Mehmet Akif Ersoy Mah. 16. Cadde No:16 Yenimahalle Ankara.

taylane@aselsan.com.tr, inal@aselsan.com.tr, simsek@eee.metu.edu.tr

Özet: Düşük yan huzme gereksinimi olan faz dizili antenlerin besleme yapılarında genlik dağılımı kullanılmaktadır. X-Band'ta çalışan, faz dizili anten uzak alan ışınım örüntüsü gereklerini karşılayabilecek bir güç bölücüsü/birleştiricisi mikroşerit teknolojisi ile tasarlanmıştır. Tasarlanan yapı ile, port çıkışlarında düşük yan huzme seviyesini ($< -35\text{dB}$) sağlayabilecek eş fazlı genlik dağılımı elde edilmiştir. Ayrıca yapıda, geleneksel "Wilkinson" tipi bölücülerde portlar arası izolasyon değerini iyileştirmek amacı ile kullanılan kayıplı elemanlar bulunmamaktadır. Bu makalede, tasarım gerekleri, tasarım adımları ve tasarım kısıtları verilmiştir; bununla birlikte, kayıpsız genlik dağılımlı bölücünün güç birleştirme verimliliği performans analizi, kullanım senaryoları (unequal besleme, uniform besleme) çerçevesinde, geleneksel "Wilkinson" tipi düzgün bölücü (unequal besleme durumunda) performansı ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

1. Giriş

Faz Dizili bir sistemin en önemli özelliği ana huzmenin istenilen bir sektöre yönlendirilebilmesidir. Bu işlem mekanik olarak yapılabildiği gibi, elektronik olarak da yapılabilir. Dizinin ana huzmesinin baktığı açısız sektör, anten elemanları arasındaki göreceli faz dağılımı ile değiştirilebilir. Bu işlemin adı huzme yönlendirmedir. Huzme yönlendirme işlemi tek boyutta yapılabileceği gibi iki boyutta da yapılabilir (yanca, yükseliş) [1]. Bununla birlikte her bir anten elemanının genlik seviyesi değiştirilerek anten yan huzme seviyeleri kontrol edilebilmektedir. Şekil 1'de belli başlı anten parametreleri verilmiştir. Dizi teorisi konusunda daha ayrıntılı bilgi [3]'te yer almaktadır.



Şekil 1: Önemli Anten Parametreleri

2. Genlik Dağılımlı Güç Bölücü

Genlik dağılımlı güç bölücü, oluşturulacak anten dizisinde yan huzme seviyesinin 35 dB olması amacı ile X-bant'ta, %10 bant genişliğinde tasarlanmıştır. Yapının aynı zamanda eş fazlı çıkışları da sağlaması planlanmıştır. 35 dB'lik yan huzme seviyesini sağlayacak genlik katsayıları Taylor fonksiyonları kullanılarak bulunmuştur [1], [2], [3], [4].

Huzme Oluşturma Devre yapısında 3 önemli nokta üzerinde durulmuştur: Mimari, Teknoloji, Tasarım Adımları.

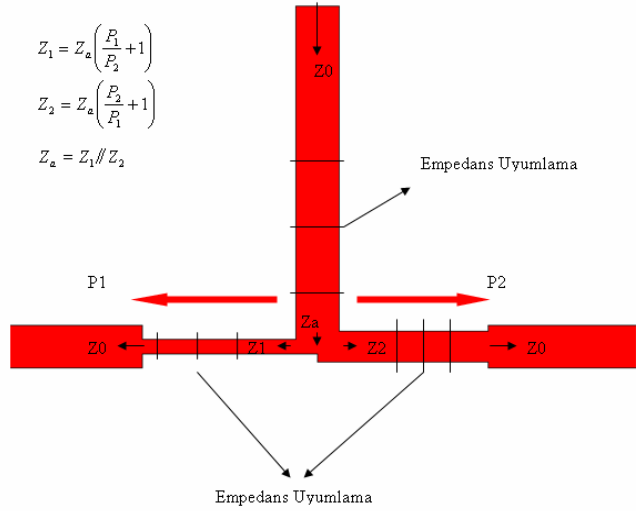
Besleme Mimarsisi ve Yerleşim Mimarsisi: Bu çalışmada kolektif besleme yapısı üzerinden hareket edilmiştir [1]. Besleme devresinde güç bölücü T-kavşakları temel olarak ele alınmıştır ve bu kavşakları birbirine bağlayan ara hatlarla birlikte tasarım amaçlarına ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu yapıda (ve diğer besleme mimarilerinde de) herhangi bir çıkış koluna gelen güç, yapıdaki herhangi bir T kavşağından etkilenir. Bu yüzden tasarım yapılırken, alttan üste doğru çalışılması daha etkili olacaktır. Ayrıca, T kavşakları arasındaki ara bağlantılar yapının fiziksel (her bir çıkış arası uzaklık) ve araya girme fazını etkilemektedir. Ayrıca tuğla (brick) tipi yerleşim mimarsisi seçilmiştir [1].

Teknoloji: Bu çalışmada, mikro şerit teknolojisi kullanılarak Huzme Oluşturma Devresi tasarlanmıştır. Mikro şerit taban malzemesi olarak da R/T DUROID 6002 seçilmiştir. Bu seçimde öncelikle bu malzemenin ısıl ve mekanik özellikleri göz önüne alınmıştır [5]. Bununla birlikte bu malzemede üretilecek olan mikro şerit hatların empedans değerlerine karşılık gelen hat genişlikleri, T kavşaklarına ve dönemeçlere çok uygundur. Tüm bu nedenlerle bu malzeme göz önüne alınarak tasarım yapılmıştır.

Tasarım Adımları: Tasarımda temel olarak T kavşakları göz önüne alınmıştır. T kavşakları mikrodalgada en önemli devamsız yapı olarak bilinmektedir ve birçok mikrodalga yapısında kullanılmaktadır. Bununla birlikte T kavşakları, gücü dengesiz bölmek için kullanılmışlardır. Şekil 2’de de bu görülmektedir.

T kavşakları kullanımında, her iki kola giden gücün ayarlanmasında, kavşağın uzanan kollarında kullanılan mikro-şeritler etkilidir (uyulmama işlemi bu kollarla yapılır). Güç bölünmesinde ise temel olarak Ohm kanuna göre hareket edilmektedir. Bunlarla birlikte mikrodalga’nın bir diğer önemli devamsız yapısı olan basamaklar da, T kavşaklarının tasarımına dâhil edilir.

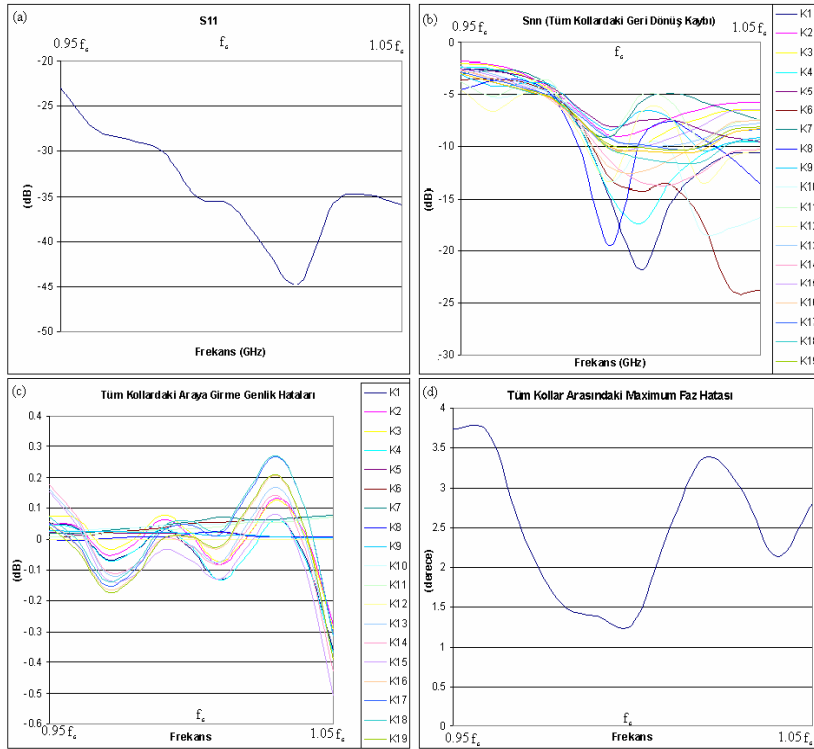
Tasarlanan T kavşakları, birbirlerine Z_0 empedanslı hatlar ile bağlanmışlardır. Bu bağlantılarda karşılaşılan diğer tip devamsız yapı ise bükülme noktalarıdır. Mikro-şerit bükümlerinde meydana gelecek kapasitif etkileri azaltmak için [6] ve [7]’de belirtilen oluklar kullanılmıştır. Tasarlanan yapıda, %54 lük oluk yapısı kullanılmıştır.



Şekil 2: T Kavşağı Yapısı

Teorik Sonuçlar

Tüm bu etkiler göz önünde bulundurularak teorik tasarım yapılmıştır. Elde edilen S-parametreleri Şekil 3’te sunulmuştur. Buna göre teorik olarak ortak kolda 25 dB’den daha iyi geri dönüş kaybı varken, çıkış kollarındaki geri dönüş kayıpları düşük değerlerdedir. Kollar arası genlik dengesizliği +/-0.25 dB arasındadır, faz dengesizliği ise +/- 1,75° arasındadır. Kollar arası yalıtım ise, tasarım kısıtlarından dolayı düşük değerlerde olmaktadır.

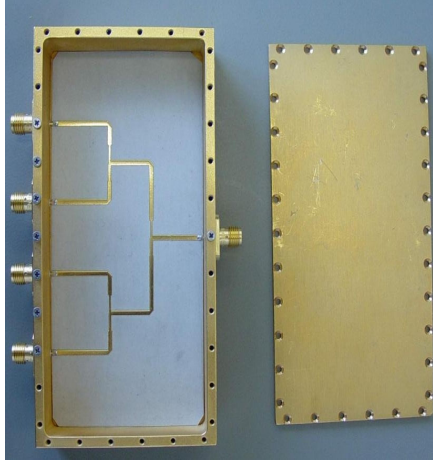


Şekil 3: Teorik Sonuçlar, a) S11, b) Çıkış Kollarındaki Geri Dönüş Kayıpları, c) Genlik Hataları, d) Toplam Faz Hatası

Şekil 4’te, ölçüm sonuçları ise Şekil 5’te verilmiştir.

Gerçekleme

Gerçekleme amacıyla, tasarlanan bölücü yapısındaki 4 yollu genlik dağılımlı bölücülerden birisi üretilmiştir. Elde edilen genlik ve faz dengesizlikleri beklenen değerlerden (genlik hatası < 0.25 dB, [faz hatası] < 1.7°) daha fazla olmuştur (genlik hatası < 0.35 dB, [faz hatası] < 2.5°). Bunun sebebinin, konektör geçişlerinde karşılaşılan uyulmama sorununun T-kavşakların empedans oranını değiştirmesi olduğu belirlenmiştir. Çıkış kollarındaki geri dönüş kaybı beklendiği gibi yüksek çıkarken, ortak koldaki geriye dönüş kaybı 20 dB den daha iyi sonuçlanmıştır. Tasarım aşamasında, eşeksensli konektör / mikro şerit geçişlerindeki rezonant yapıların etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun yanında, Eisenhart tipi konektörler de bu geçiş için kullanılabilirler [6],[8]. Gerçeklenen 4 yollu bölücü



Şekil 4. Gerçeklenen 4 yollu bölücü

Şekil 3'te görülen düşük seviyedeki çıkış kollarındaki geri dönüş kayıpları ve kollar arası yalıtım değerlerini iyileştirmek amacıyla, güç bölücü çıkışlarına 0.5 dB, 1dB, 2dB, 3dB değerlerinde zayıflatıcılar konulmuş ve verimlilik analizi tekrar edilmiştir. Buna göre elde edilen verimlilik değerleri, sırasıyla, %56, %49, %37.8, %29.5 olarak hesaplanmıştır. Zayıflatıcılardan gelen kayıplar verimlilik hesabından çıkartıldığında, güç bölücünün güç birleştirme verimliliği sırası ile %62.8, %61.7, %60, %59 olarak hesaplanmıştır.

Tüm bunlara paralel olarak, 16 yollu, ideal, tüm düzgün bölücülerinde 0,2 dB iletken kaybı olan, Wilkinson tipi düzgün güç bölücüye eşit güçte ve aynı fazlardaki güç dalgaları istenen genlik dağılımını sağlayan zayıflatıcılar üzerinden verildiğinde güç birleştirme verimi % 31 olarak hesaplanmıştır. Bu değer genlik dağılımlı güç bölücünün çıkış uçlarına uyumlama ve yalıtım amaçlı 3dB zayıflatıcı takıldığı durumdaki güç birleştirme verimliliği değerine yakındır. Ancak her iki tip güç bölücünün güç birleştirme verimliliği mukayese edildiğinde genlik dağılımlı yapının daha üstün olduğu görülmektedir. Ancak, bu tip huzme oluşturma devrelerinde genlik dağılımı donanım ile sabitleştirildiğinden, adaptif huzme oluşturma yeteneği kısıtlanmaktadır.

Kaynaklar

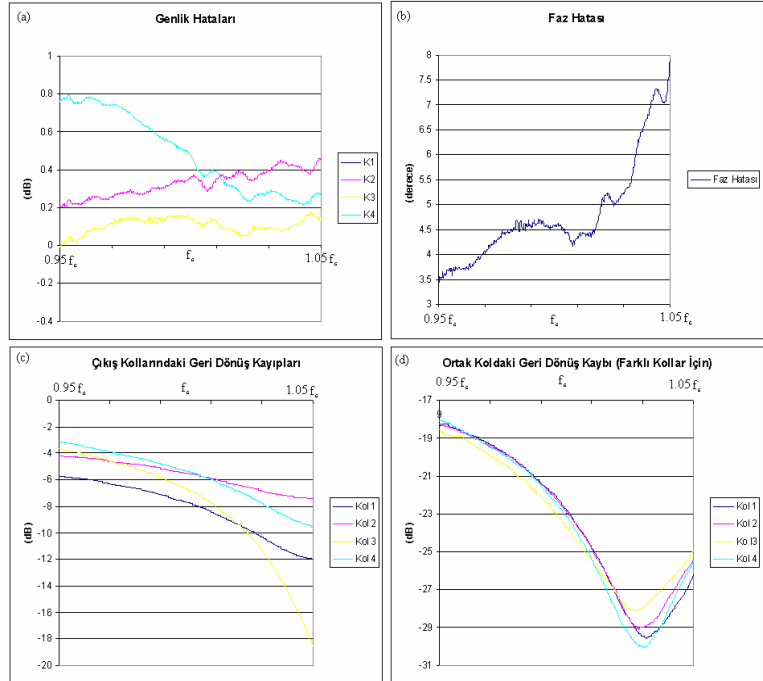
- [1] Fourikis N., "Phased Array-Based Systems and Applications", John Wiley & Sons, Inc., 1997, New York.
- [2] Balanis C., "Antenna Theory, Analysis and Design", Wiley & Sons, Inc., 1997, New York.
- [3] Mailloux R. J., "Phased Array Antenna Handbook", Artech House, 1994, Norwood.
- [4] Mahafza B. R., "Radar Systems Analysis and Design Using Matlab", Chapman and Hall / CRC, 2000.
- [5] Site
- [6] Gupta K. C., Ramesh G., Bahl I., Bhartia P., "Microstrip Lines and Slotlines", Artech House, 1996, Norwood.
- [7] Douville, R. J. P., and D. J. James, "Experimental Study of Symmetric Microstrip Bends and Their Compensation", IEEE Trans. On Microwave Theory Tech., Vol. MTT-26, 1978, pp.175-182.
- [8] Daniel G. Swanson, Wolfgang J. R. Hoefer, "Microwave Circuit Modeling Using Electromagnetic Field Simulation", Artech House, 2003.

3. Performans Analizi

Çalışmanın bu kısmında, farklı tipte huzme oluşturma devrelerinin (analog huzme oluşturma ve genlik dağılımlı huzme oluşturma devreleri) bir takım senaryolar dâhilinde güç birleştirme verimlilikleri üzerinde çalışılmıştır. Çalışmanın bu kısmında performans ölçütü olan güç birleştirme verimliliği ile birlikte huzme oluşturma devreleri ve senaryolarından da bahsedilecektir.

Güç Birleştirme Verimliliği [1] 'de bahsedildiği gibi alınmaktadır.

Genlik dağılımlı güç bölücüye eşit güçte ve aynı fazlarda güç dalgaları verildiği durumda elde edilen verimlilik %65 olmaktadır. Tasarlanmış olan genlik dağılımlı güç bölücüye, üzerindeki genlik dağılımını sağlayacak biçimde sinyal kaynaklarından güç dalgası verildiğinde ise elde edilen verimlilik % 72 olmaktadır. Ancak, kullanım senaryosu içinde, güç bölücünün maruz kalacağı seviyeler eşit olduğu için, verimlilik seviyesi % 72'den %65'e düşmektedir.



Şekil 5. Ölçüm Sonuçları, a) Genlik Hataları, b)Toplu Faz Hatası, c) Çıkış Kollarındaki Geri Dönüş Kayıpları, d) S11