

Uzay Uygulamaları için Geliştirilen Geniş Bantlı Kompakt Ku-Bant OMT Tasarımı ve Üretimi

Damla Duygu GEÇEN, Tamer KESKİN

Radar, Elektronik Harp Sistemleri Sektör Başkanlığı
ASELSAN A.Ş
ANKARA
ddtekbas@aselsan.com.tr, tamerk@aselsan.com.tr,

Özet: Uzay uygulamalarında dual-polarize anten sistemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Dual-polarize sistemlerde her iki polarizasyonun aynı anda kullanılabilmesi için dik-mod ayırıcı (OMT) yapılar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bir uzay uygulaması için tasarlanan, Ku frekans bandında çalışan geniş bantlı OMT tasarımında izlenen yöntem ve üretim yaklaşımı anlatılmaktadır.

Abstract: Dual-polarized antenna systems are widely used in space applications. Orthomode transducers are used in dual-polarized systems in order to utilize both polarization components simultaneously. In this paper, the design and manufacturing methods of a wideband OMT that is designed for a space application to operate in Ku-band are presented.

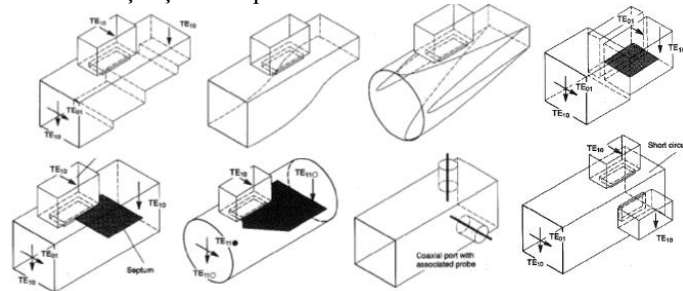
1. Giriş

Uzay uygulamalarında dual-polarize anten sistemleri oldukça sık kullanılmaktadır. Gerek dairesel dual-polarize sistemler gerekse lineer dual-polarize sistemler, mevcut uydularda kullanılmaktadır. Dual-polarize sistemlerde her iki polarizasyonun aynı anda kullanılabilmesine imkan sağlamak için birbirine dik iki modu birbirinden ayırmak için OMT (ortho-mode transducer) (dik-mod ayırıcı) adı verilen yapılar kullanılmaktadır. Dik-mod ayırıcılar iki dik polarizasyonun olduğu bir ortak port ve dik polarizasyonların ayrı ayrı var olduğu (dikey/yatay) iki besleme portunun bulunduğu yapılardır.

Bu çalışmada literatürde geçen OMT çeşitleri kısaca anlatılıp uzay uygulaması için tasarlanan, Ku frekans bandında çalışan geniş bantlı OMT tasarımında izlenen yöntem ve üretim yaklaşımı anlatılmaktadır. Üretilen OMT'nin benzetim ve ölçüm sonuçları karşılaştırılmalı olarak sunulmaktadır.

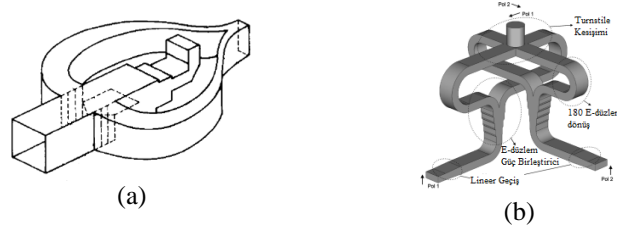
2. Dik-Mod Ayırıcı (OMT) Çeşitleri

Dik-mod ayırıcılar en üst seviyede dar-bantlı ve geniş-bantlı olarak ikiye ayrılabilir. Dar-bantlı tasarımlar da kendi içerisinde incelerek dallanan (taper/branching), septum ile dallanan (septum/branching), boylamasına dallanan OMT ve kısa devre ile sonlandırılmış dalga kılavuzu yapılar olarak sınıflandırılabilir [1]. Dar bantlı tasarımlarla ancak %10-20 bant genişliğine ulaşılabilir. Dar bantlı OMT çeşitlerinden bazı örnekler Şekil 1'de verilmektedir. Dar bantlı çalışan bu tip OMT'lere literatürde asimetric OMT de denilmektedir.



Şekil 1. Dar Bantlı OMT Örnekleri [1]

Geniş bantlı OMT tasarımları, simetrik tasarımlar olarak da adlandırılmaktadır. Simetrik kolların birleşmesiyle dik modların ayrılması sağlanmaktadır. Kolların kesişimine süresizlik sağlayacak bir yansıtıcı yapı konularak çalışma frekansına göre ayarlama yapılmaktadır. Geniş bantlı OMT tasarımlarının en bilinen iki örneği olan Boifot ve Turnstile OMT örnekleri Şekil 2'de verilmektedir. Boifot OMT ile %30-35 bant genişliği sağlanabilmektedir [2]; Turnstile OMT ile ise %40-50 bant genişlikleri elde edilebilmektedir [3,4].



Şekil 2. Geniş Bantlı Simetrik OMT Örnekleri: (a) Boifot OMT [2], (b) Turnstile OMT [3]

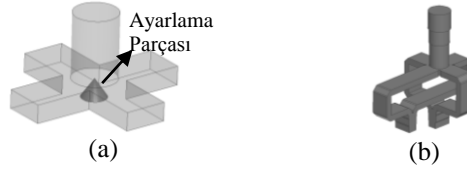
3. Turnstile OMT Tasarımı

Çalışma kapsamında, uydu uygulaması için Ku bantta yaklaşık %45 bant genişliği içerisinde dual-bant çalışan bir dik-mod ayırıcı tasarlanmıştır. Bant genişliği yüksek olduğu için Turnstile OMT tipi uygun bulunmuş ve değişik Turnstile OMT tasarımları incelenerek uygulamaya yönelik OMT tasarımı için detaylı bir çalışma yapılmıştır.

Tasarımda ilk aşama olarak Şekil 2.b'de görülen Turnstile kesişimi tasarlanmıştır. Sonrasında E-düzlem dönüşler, güç birleştirici ve lineer geçiş ayrı ayrı tasarlanarak en son tasarlanan yapılar birleştirilip nihai OMT elde edilmiştir.

Turnstile kesişimi tasarımı için kesişim bölgesine Şekil 2.a'da örneği gösterilen bir ayarlama parçası yerleştirilmektedir. Ayarlama parçaları için literatürde dikdörtgenler prizması, küre, koni, silindir, vb. çok çeşitli geometrik tasarımlar kullanılmıştır ve bu tasarımlardan bazıları [5]'te detaylı olarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar ve literatürdeki diğer makaleler incelenmiş, aday tasarımlar için kaba benzetimler yapılmış ve en uygun yapı tespit edilmiştir. Geometri seçimi sonrasında istenen ortak port yansıma kaybı performansını (S11) elde etmek için eniyileme çalışmaları yapılmıştır (Şekil 3.a).

Turnstile kesişimi tasarımından sonra dönüşler, güç birleştirici ve kesit uyumlama parçaları kompakt bir yapı elde edilecek şekilde tasarlanmış ve yapı bir araya getirilmiştir (Şekil 3b). Yapı bir araya getirilirken güç birleştirici ile birleştirilen kolların faz eşlenik olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Tasarım aşamasında kolların uzunlukları eşit olacak şekilde tasarlanmasına rağmen bant içinde rezonanslar gözlemlenmiş ve bunu çözmek için uzunluklar değiştirilerek rezonanslar giderilmiştir. Nihai yapı ile son bir kez eniyileme yapılmış ve parametreler üzerinde yapılan ufak değişikliklerle en iyi performansa ulaşılmıştır. Benzetim sonuçları ölçümlerle karşılaştırmalı olarak makalenin 5.bölümünde sunulacaktır.



Şekil 3. Tasarlanan OMT EM Modeli: (a) Turnstile Kesişimi, (b) Nihai Turnstile OMT

4. Turnstile OMT Üretim Yaklaşımı

OMT'nin üretilebilir olması için 3 ana parçaya bölünmesi kararlaştırılmıştır (Şekil 4.a). Bölünme OMT'den ayrılan 4 hat belli bir mesafe OMT kesişim bölgesinden uzaklaştıktan sonra yapılmıştır. Daha sonra parçalar ayrı ayrı olarak sert lehimleme yöntemi ile üretilmiştir. İlk olarak sert lehimleme parçaları üretildikten sonra bu parçalar sert lehimleme ile birleştirilip tekrar mekanik işleme sokulmuş ve böylece parçalar son geometrisine ulaşmıştır. Son olarak, üretilen parçalar ise vidalar ile birleştirilmiştir. Bu üretim yaklaşımı ile hacim olarak 11cmX8cmX11cm'lik bir hacim içerisinde sığabilen, oldukça kompakt bir tasarım elde edilmiştir.

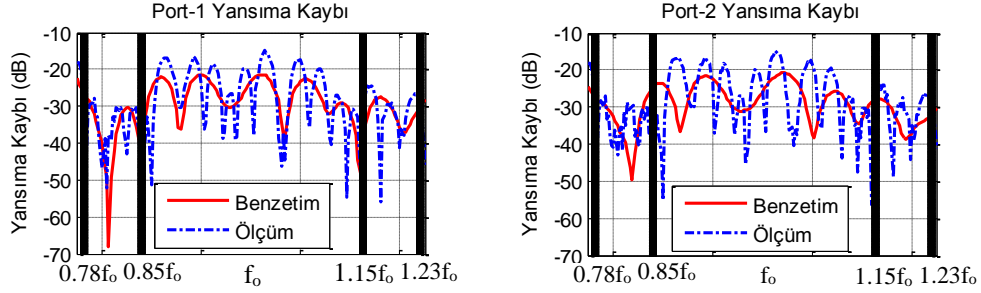


Şekil 4. (a) Turnstile OMT Katı Modeli, (b) Üretilen Turnstile OMT

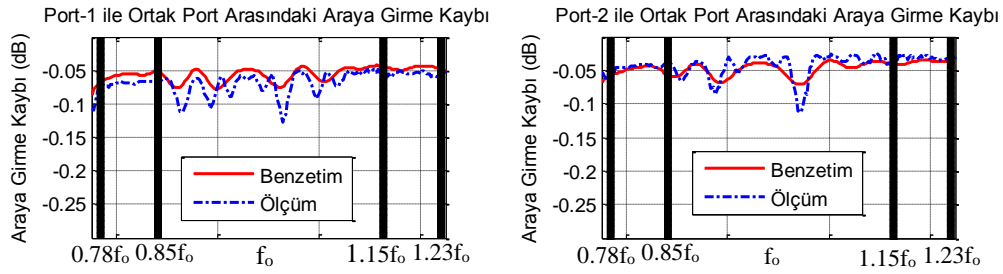
5. Benzetim ve Ölçümler

OMT tasarımında benzetimler ve parametrik çalışmalar için HFSS[6] yazılımı kullanılmıştır. Üretilen OMT'nin S-parametresi ölçümleri network analizör ile 2 özdeş OMT'nin ortak portundan (arka-arkaya) bağlanarak kurulan düzenek ile yapılmıştır. Her iki dikdörtgen arayüzlü portun (port 1 & 2) da yansıma kaybı performansı

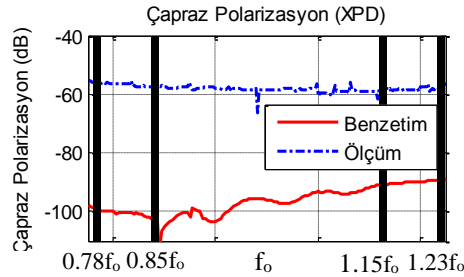
Şekil 5'te verilmiş ve bu sonuçlara göre yansıma kaybının OMT'nin hedeflenen dual bant aralıklarında her iki port için de 25 dB'den iyi olduğu gözlemlenmiştir. Benzetim sonuçları incelendiğinde, %45'lik ($0.78f_0 - 1.23f_0$) içerisinde yansıma kaybının 20 dB'den iyi olduğu görülmektedir. Ayrıca OMT'nin araya girme kaybı ve çapraz polarizasyon performansı da Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir. Araya girme kaybı grafiği incelendiğinde; yatay ve dikey polarizasyonların araya girme kayıplarının birbirine oldukça benzer olduğu ve bant boyunca 0.1 dB'nin altında olduğu gözlemlenmiştir. Çapraz polarizasyon performansı incelendiğinde ise, yatay ve dikey polarizasyonlar arası çapraz polarizasyonun bant boyunca 55 dB'den iyi olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5. OMT Yansıma Kaybı Grafikleri



Şekil 6. OMT Araya Girme Kaybı Grafikleri



Şekil 7. OMT Çapraz Polarizasyon Performansı

6. Sonuç

Bildiride, uzay uygulaması için geliştirilen Ku-bantta yaklaşık %45 bant genişliği içerisinde dual-bant çalışan kompakt Turnstile tipi dik-mod ayırıcı tasarımı ve üretim yaklaşımı anlatılmıştır. Benzetim ve ölçüm sonuçları karşılaştırılarak hedeflenen bantlar içerisinde benzetim ve ölçüm sonuçlarının oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

- [1]. Uher J., Bornemann J. ve Rosenberg U., "Waveguide Components for Antenna Feed Systems: Theory and CAD", Artech House, 1993.
- [2]. Boifot A.M., Lier E. ve Schaug-Petersen T., "Simple and Broadband Orthomode Transducer", IEE Proc., cilt 137, no.6, Aralık 1990.
- [3]. Navarrini A. ve Plambeck R. L., "A Turnstile Junction Waveguide Orthomode Transducer", IEEE Trans. On Microwave Theory and Techniques, cilt 54, no.1, Ocak 2006.
- [4]. Park S., Lee H. ve Kim Y., "A Turnstile Junction Waveguide Orthomode Transducer for the Simultaneous Dual Polarization Radar", IEEE, 2009.
- [5]. Ignacio Izquierdo Martinez, "Design of Wideband Orthomode Transducers Based on the Turnstile Junction for Satellite Communications", Doktora Tezi, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, İspanya, Kasım 2008.
- [6]. Ansoft HFSS®, "<http://www.ansoft.com/products/hf/hfss/>".