

Füze-Üstü Telemetri Uygulamaları için Geliştirilen Şerit Hat Beslemeli Yarık Antenlerden Oluşan Silindirik Dizinin Tasarımı ve Analizi

Mustafa ÖZCAN^{1,2}, Özlem AYDIN ÇİVİ²

¹ ROKETSAN A.Ş.
Elmadağ, ANKARA
muozcan@roketan.com.tr

² Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
ODTÜ, ANKARA
ozlem@metu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada füze-üstü telemetri uygulamalarında kullanmak amacıyla yeni bir konformal yarık anten dizisi tasarlanmış, üretilmiş ve ölçülmüştür. Dizi T-şeklindeki şerit hat yapısı ile beslenen yarık anten elemanlarından oluşmaktadır. Geri dönüş kaybı ve bantgenişliği gibi tasarım parametrelerinin en iyi değerlerini elde etmek amacıyla birim eleman ve dizi için parametrik hesaplamalar yapılmıştır. Tasarım sürecinin tamamlanmasından sonra konformal ve düzlemsel antene ait üretim ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması amacıyla anten dizisi üretilmiş ve ölçülmüştür. Simüle edilen ve üretilen antenin birbirleri ile uyumlu oldukları karşılaştırma sonucunda açık bir şekilde görülmüştür.

Anahtar Kelimeler— konformal yarık anten, şerit hat yapısı, parametrik simulasyon

Abstract: In this study, a novel conformal slot antenna array is designed, produced and fabricated to be used for on-board telemetry applications. The array consists of slot antenna elements fed by T-shaped stripline structure. In order to obtain best values of design parameters such as return loss and bandwidth, some parametric calculations are performed for the single element and array. Antenna array is fabricated and measured after the design phase to compare conformal and planar antenna results with the simulations. Measured return loss and radiation patterns are in good agreement with the simulated ones.

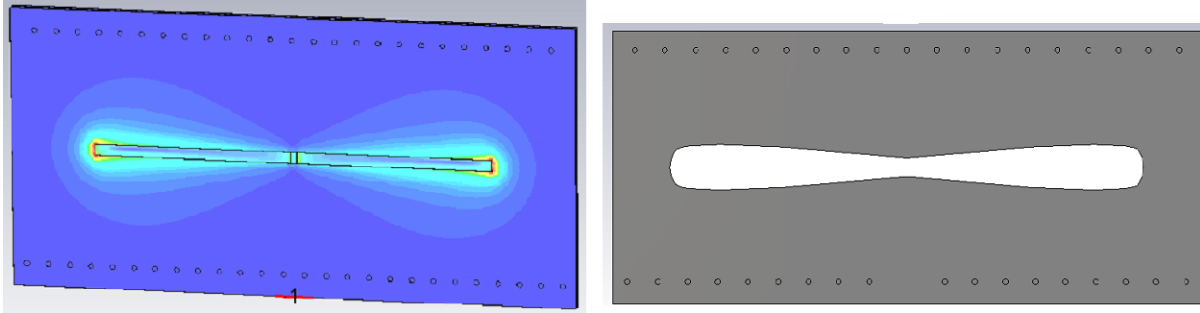
Keywords— conformal slot antenna, stripline structure, parametric simulation

1. Giriş

Literatürde telemetri sistemleri gibi aviyonik uygulamalarda kullanmak amacıyla çeşitli anten yapıları bulunmaktadır. Metalik toprak plakası ve düşük kesit alanından dolayı en uygun adaylardan birisi mikroşerit yama antenlerdir, [1-2]. Mikroşerit yama antenler dar bant genişliğine (yaklaşık %1-2) sahiptirler ve besleme hatları ile yama kesimleri aynı düzlemde olduğundan dolayı uzak alan örüntülerinde besleme hatlarının sebep olduğu parazitik bir etki meydana gelmektedir [3]. Ayrıca, antenin metalik bir yüzeye yerleştirilmesi durumunda mikroşerit yama antenlerin dielektrik yüzeyi ile sistemin metal yüzeyi arasında bir uyumsuzluk oluşmaktadır. Bu tür durumlarda şerit hat beslemeli yarık antenler tercih edilebilir. Örneğin bu antenlerin besleme kısımları iki dielektrik ve toprak tabakası arasında kaldığından ışına örüntüsünde herhangi bir parazitik etki görülmez. Ayrıca, yarık geometrisine bağlı olarak daha yüksek bant genişliği elde edilebilir [4].

Bu çalışmada füze üstü telemetri uygulamasında kullanılması amacıyla şerit hat beslemeli silindirik yarık antenler tasarlanmış, üretilmiş ve ölçülmüştür. Antenin 2250 MHz merkez frekansında 50 MHz bantgenişliğine sahip olması, her yöne eş yayılım yapması ve ışına örüntüsündeki salınımın ± 3 dB'den fazla olmaması hedeflenmiştir. Tasarım aşamasında elektromanyetik simülasyonlar CST programı ile yapılmıştır [5]. İlk olarak şerit hat ile beslenen dikdörtgen şekilli yarık anten tasarlanmıştır. Fakat ölçüm sonuçlarına göre antenin bant genişliğinin istenileni sağlamadığı görülmüş ve dikdörtgen şeklinde olan yarık geometrisi Şekil 1 (a)'da görülen yüzey akımlarının dağılım geometrisiyle de uyumlu olacak şekilde değiştirilmiştir. Güncellenen geometri Şekil 1 (b)'de verilmiştir. Simülasyon sonuçları yarık şekli değiştirilmiş olmasına rağmen anten bant genişliğinin ihtiyaç duyulan gereksinimi ucu ucuna sağlayabildiğini göstermiştir. Bu yüzden antenin çalışma frekansı yakınında

başka bir rezonans noktası oluşturarak bant genişliğinin artırılması amaçlanmış ve anten besleme yapısına var olan şerit hatta dik olacak şekilde yeni bir şerit hat eklenmiştir [6]. Ayrıca alttaşın içerisinde şerit hat yapısının sebep olduğu istenmeyen TEM modlarının yayılmasını engellemek amacıyla yarık geometrisinin çevresine iletken çubuklar yerleştirilmiştir. Bu iletken çubuklar alt ve üst toprak plakaları arasında elektriksel iletkenliği de sağlamaktadır. Fakat bu çubukların yarık geometrisine çok yakın olması durumunda antenin bant genişliğini değiştirdiği ve antenin rezonans yapısında ani değişikliklere sebep olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte çubukların yarık yapısından çok uzakta olması durumunda da TEM modunda güç kaybının meydana geldiği ve anten verimliliğinde de düşmenin olduğu gözlenmiştir [3]. Bu sebeple iletken çubukların optimum yerini belirleyebilmek ve antenin kullanılacağı uygulamanın S_{11} , bant genişliği, uzak alan örüntüsü gibi gereksinimlerini sağlayabilmek amacıyla parametrik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

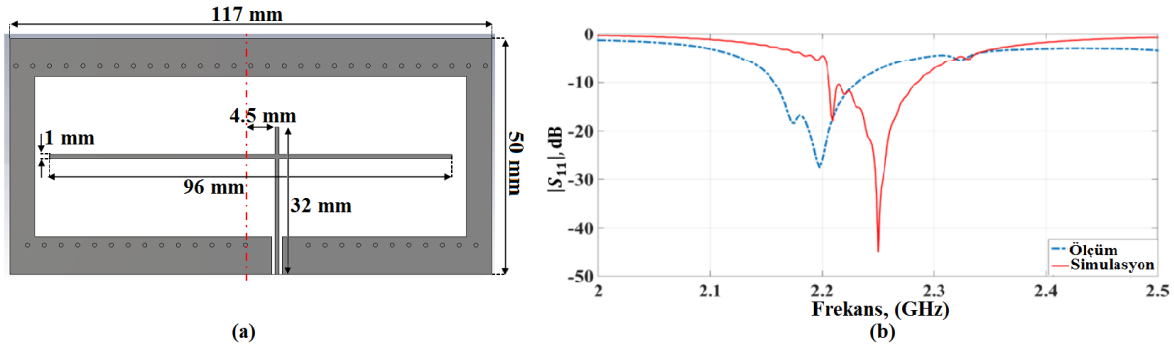


Şekil 1 Yarık geometrisi etrafındaki yüzey akımı dağılımı (a), güncellenen yarık geometrisi (b)

2. Şerit Hat Beslemeli Yuvarlatılmış Papyon Yarık Anten Tasarımı, Üretimi ve Ölçümü

Anten füze-üstü telemetri uygulamasının ihtiyaçları gözönüne alınarak tasarlanmıştır, bu sebeple üzerine sarılacağı yapının silindirik geometrisinden dolayı dielektrik alttaş olarak esnek bir malzeme olan Rogers Duroid 3003 seçilmiştir. Aynı zamanda uygulamada kullanılacak elektronik sisteminin veri boyutundan dolayı bant genişliğinin minimum 50 MHz olması hedeflenmiştir. Bununla birlikte antenin yerleştirileceği silindirik metalik yapı ile anten arasında herhangi bir uyumsuzluk olmaması amacıyla antenin alt ve üst yüzeyleri metalik plakalardan oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca füzenin her pozisyonunda dahi yayının sorunsuzca alınabilmesinin garantilenmesi amacıyla antenin uzak alan örüntüsünün füzenin ana eksenine dik olan azimut düzleminde ([7]'de verilen yapının dönme düzlemi) her yöne eş yayılım yapacak şekilde olmasına dikkat edilmiştir.

Bu gereksinimleri karşılamak amacıyla yuvarlatılmış papyon yarık anten için Şekil 2 (a)'da gösterilen T şeklinde yeni bir şerit hat besleme devresi tasarlanmıştır. Sonrasında anten simülasyon sonuçlarını gerçeklemek amacıyla Rogers Duroid 3003 alttaş kullanılarak üretilmiş ve ölçülmüştür. Bu kapsamda elde edilen antene ait S_{11} simülasyon ve üretim sonucu Şekil 2 (b)'de verilmiştir.

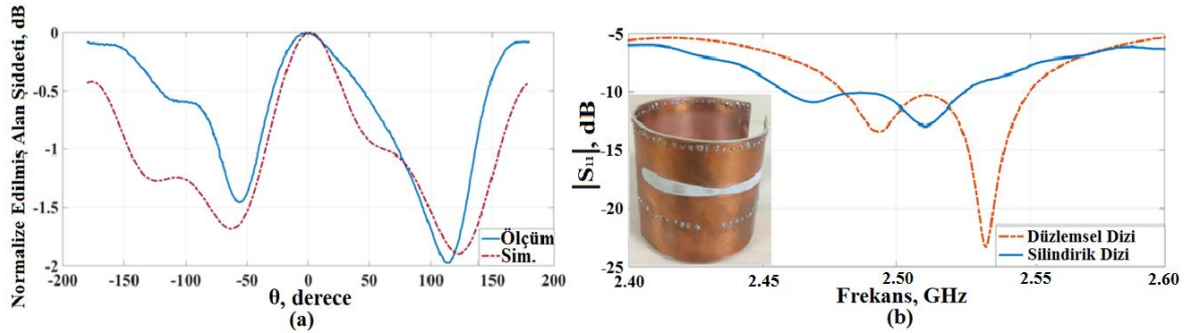


Şekil 2 Antenin şerit hat katmanının geometrisi (a) Antene ait S_{11} ve bant genişliği (b)

Simüle edilen ve ölçülen antenlere ait çalışma frekansları arasında 60MHz'e yakın bir fark olduğu Şekil 2 (b)'den görülmektedir. Anten katmanlarının birleştirilmesi sırasında kullanılan baskı makinası içerisinde bulunan ve üzerine uygulanan ısı ile eriyerek iki katmanın sağlam bir şekilde birleştirilmesini sağlayan dielektrik filmin sonuçlar arasındaki bu farkın en önemli nedenlerindedir. Simülasyonlarda bu dielektrik filmin de modellenmesi ile ölçüm sonuçlarının simülasyon sonuçlarıyla daha iyi uyuşacağı düşünülmektedir. Bu dielektrik filmin

elektiriksel özellikleri bilinmediği için simülasyonlara katılmamıştır. TEM modlarını engellemek için yerleştirilen iletken çubuklar üretim aşamasında kimyasal delik içi kaplama yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Fakat delik içi kaplama sürecinde tam olarak iletkenle kaplanmayan delikler bu işlem sonrasında lehimlenerek iletken hale getirilmiştir. El yardımıyla gerçekleştirilen bu işleminde çalışma frekansları arasındaki farkta etkili olduğu düşünülmektedir.

Üretilen antene ait ölçüm sonuçlarının ufak farklılıklara rağmen gereksinimleri sağladığını göstermesinden sonra birden fazla birim elemandan oluşan silindirik dizi tasarımına başlanmıştır. Öncelikle iki birim elemandan oluşan bir düzlemsel dizi ve besleme devresi tasarlanmıştır. Sonra bu yapı tasarımın yapıldığı programdaki komutlar aracılığı ile silindirik bir gövdeye sarılmıştır. Anten dizisi iki ayrı alttaş kullanılarak birim eleman üretimine benzer şekilde baskı makinası kullanılarak üretilmiş ve sonrasında da silindirik bir yapı üzerine el yardımıyla sarılmıştır. Ölçülen ve simüle edilen antene ait sonuçlar Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3 2.50 GHz' de yanca düzlemindeki uzak alan ışıma örüntüsü ölçüm ve simülasyon sonucu (a), düzlemsel ve dilindirik dizilere ait S₁₁ ölçüm sonuçları (b)

Üretilen düzlemsel ve silindirik antenlerin çalışma frekans noktalarının gereksinimlere göre üst frekans bantlarına kaydıkları Şekil 3 (b)' den açıkça görülmektedir. Frekans bandındaki bu kaymaya iki ayrı katmanın bir araya getirilmesi ve düzlemsel antenin silindirik bir yapı etrafına sarılması sırasında meydana gelen olumsuzlukların sebep olduğu değerlendirilmiştir. Bantgenişliği ölçümüne ek olarak antenin uzak alan örüntüsü de tam yankısız odada ölçülmüştür. Bu ölçüm sonucunda elde edilen örüntü ile simülasyon sonucunda elde edilen örüntü Şekil 3 (a)'da karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Silindirik antenin uzak alan örüntüsün her yöne eşit şekilde dağıldığı ve örüntüdeki dalgalanmaların da ± 1 dB'den az olduğu görülmektedir.

Ölçüm ile simülasyon sonuçları arasında üretim sırasında kullanılan tekniklerden kaynaklanan farklılara rağmen üretilen antenin tasarım süreci başında belirlenen gereksinimleri sağladığı görülmüştür. Bununla birlikte iki ayrı katmanın birleştirilmesi ve deliği kaplama süreçlerinde yapılacak güncelleştirmeler ile üretim ve simülasyon sonuçları arasındaki farkın daha da azaltılabileceği öngörülmektedir.

3. Tesekkür

Bu çalışma, SAYP (no: 13-03-01-2-00-39) projesi kapsamında desteklenmektedir.

4. Kaynaklar

- [1] I. Jayakumar, R. Garg, B. Sarap, B. Lal, "A conformal cylindrical microstrip array for producing omnidirectional radiation pattern," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol.34, no.10, pp.1258-1261, Oct 1986
- [2] R. Post, D.T. Stephenson, "The design of a microstrip antenna array for a UHF space telemetry link," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol.29, no.1, pp.129-134, Jan 1981.
- [3] C. Löcker, T. Vaupel, T.F. Eibert, "Radiation Efficient Unidirectional Low-Profile Slot Antenna Elements for X-Band Application," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol. 53, no.8, pp. 2765-2768, Aug. 2005.
- [4] C. Chen, W.E. McKinzie, N.G. Alexopoulos, "Stripline-fed arbitrarily shaped printed-aperture antennas," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol.45, no.7, pp.1186-1198, Jul 1997.
- [5] <http://www.cst.com>
- [6] A.A Gheethan, D.E Anagnostou, "Broadband and Dual-Band Coplanar Folded-Slot Antennas (CFASAs) [Antenna Designer's Notebook]," *Antennas and Propagation Magazine, IEEE*, vol.53, no.1, pp.80-89, Feb. 2011.
- [7] IEEE Standard Test Procedures for Antennas, ANSI/IEEE Std 149-1979, pp.1-3, 1979.