

Anizotropik Metamalzemeler ile Kavite Destekli Minyatür Taktik UHF SATCOM Anteni Geliştirilmesi

Enez F. Cihan, Mehmet Kopar, Cumali Sabah*
Araştırma Merkezi
ASELSAN A.Ş.
Ankara

efcihan@aselsan.com.tr, mkopar@aselsan.com.tr,

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Kuzey Kıbrıs Kampüsü
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Kalkanlı, Güzelyurt, 99738, KKTC / Mersin 10, Türkiye
sabah@metu.edu.tr

Özet: Bu bildiri, yüksek frekans aralığında çalışan dairesel polarize UHF SATCOM anteninin ultra düşük profile sahip olacak şekilde geliştirilmesine yönelik yürütülen çalışmaya yer verilmiştir. Düşük propagasyon kaybına, yüksek indeks manyetik geçirgenliğe ve dielektrik sabitine sahip anizotropik metamalzemelerin kavite içerisinde kullanılması sonucu, ilgili anten, %23 band genişliğine sahip olacak şekilde 245 MHz – 310 MHz taktik uydu haberleşme bandında $\lambda/40 \approx 3$ cm derinlik ile operasyonel kabiliyete erişmiştir. İlgili frekans bandında anten tepe kazancı 4.1 dBiC, eksenel oran < 2 dB olarak elde edilmiştir.

Abstract: In this study, a cavity backed circularly polarized ultra low profile tactical UHF satellite communication antenna has been proposed. Anisotropic metamaterials with low propagation loss, high index magnetic permeability and dielectric constant have been used within the cavity. The antenna has been enabled to operate in the band of 245 – 310 MHz with an overall height of almost $\lambda/40 \approx 3$ cm and a bandwidth of 23%. The proposed antenna has a peak gain of 4.1 dBiC with axial ratio below 2 dB in the band.

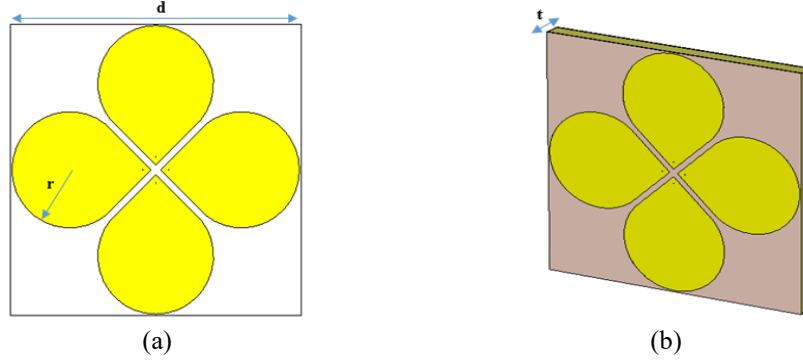
1. Giriş

Yüksek frekans aralığında çalışan dairesel polarize UHF SATCOM anteni geliştirilmesi amacıyla kullanılan anten tipleri, yarım küre ışınmasına sahip olan ve ışınma yapan düzlem dışında kalan tüm yüzeylerin metal bir kavite ile sonlandırıldığı ışınma elemanlarına sahip antenlerden oluşmaktadır. Rezonant kavite destekli anten yapılarında, anten elemanlarının yayın düzlemi ile yayın düzlemine paralel olan metal kavite yüzeyi arasında çalışma frekansının dalga boyunun çeyreği kadar mesafe bırakılmaktadır. 245 MHz’de çalışan bir rezonant kavite destekli anten için bahsedilen mesafe 30 cm olmaktadır. Bu mesafe, taktik UHF bant uydu haberleşme antenlerinin çeşitli platformlara entegrasyonunda problemlere neden olmaktadır. Sürtünmenin ve platformlarda görünür izin azaltılması, kavite içerisinde kullanılacak yüksek indeks düşük kayıplı metamalzemeler vasıtasıyla mümkün duruma gelmektedir. Literatürde, anten minyatürleştirmeye yönelik aralarında metamalzemelerin de bulunduğu çeşitli yöntemler bulunmaktadır [1-7]. UHF bandı için incelenen oldukça az sayıda çalışmada kullanılan metamalzeme yapılarının 4.75 gr/cm³ gibi yüksek yoğunluğa sahip olması, anten derinliğinin azaltımında, anten ağırlığının kabul edilemeyecek sınırlara ulaşmasına (+10 kg) neden olmaktadır [7]. Bu çalışmada, anizotropik metamalzemeler ile anten ağırlığı yaklaşık 5.5 kg üst sınırında tutularak, anten derinliğinin $\lambda/40 \approx 3$ cm’ye düşürülmesi odaklı CST Studio Suite ortamında gerçekleştirilmiş anten tasarımına ve simülasyon sonuçlarına yer verilmiştir.

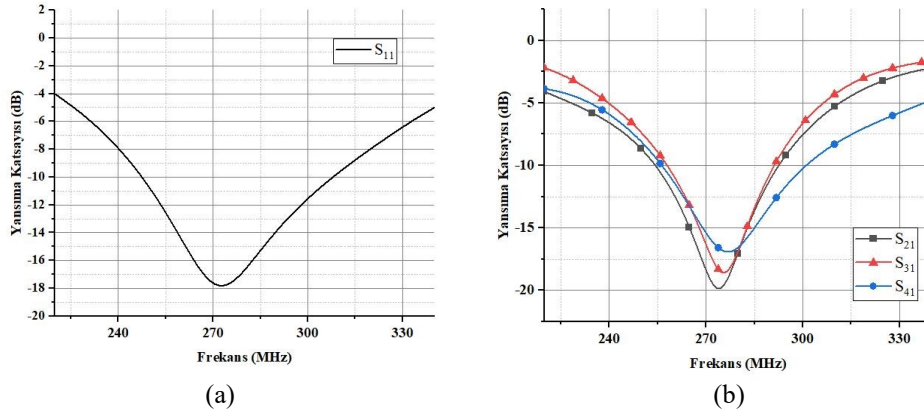
2. Ultra Düşük Profil Kavite Destekli Anten Tasarımı ve Simülasyon Sonuçları

Yüksek dielektrik sabitine sahip malzemeler ile anten minyatürleştirilmesinde ortaya çıkan düşük karakteristik empedans gibi sorunların, malzemenin ayrıca manyetik özelliğe de sahip olmasıyla aşılabileceği ön görülmüştür. Geleneksel ferrit malzemelerin 100 MHz üzerinde oldukça yüksek kayıplara sahip olması, bu malzemelerin UHF bandı için tasarlanacak antenlerde kullanımına olanak sağlamamaktadır [5]. UHF bandında oldukça düşük manyetik kayıplara sahip bir malzeme bulunmadığından, 100 MHz üzerinde düşük kayıplara sahip olabilecek bir manyeto-dielektrik malzeme, metamalzeme olarak adlandırılacaktır. Şekil 1’de yonca yaprağından esinlenilmiş çapraz dipol antenine ait katman olarak 1.9 mm kalınlığında, 45 cm en ve boyunda, yaklaşık 1.1 kg ağırlığında Rogers TMM 13i kullanılmıştır. Kullanılan metalik kavite; 2 mm kalınlığında, 2.7 gr/cm³ yoğunluğa sahip yaklaşık ağırlığı 1.5 kg olan alüminyumdan oluşmaktadır. Kavite içerisinde x ve y eksenlerinde

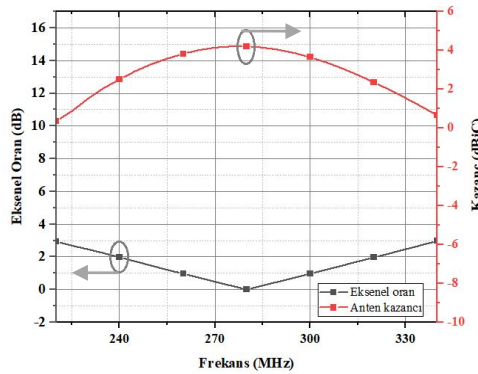
konumlandırılmış metalmalzemeler için tahmini ağırlık yaklaşık 2.9 kg olarak hesaplanmıştır. Kullanılan metalmalzemelerin ağırlık hesabında 4.75 gr/cm^3 yoğunluk değeri referans alınmıştır. Fakat, anizotropik metalmalzemelerin daha düşük yoğunluğa sahip olabileceği, anten ağırlığının 5 kg altına indirgenebileceğini göstermektedir. Kavite içerisine yüklenen metalmalzemeler sonucu elde edilen anten tasarım simülasyon sonuçlarına Şekil 2 – Şekil 5 arasında yer verilmiştir. Şekil 2’de antene ait S-parametrelerine yer verilmiştir. Şekil 3’te antenin maksimum kazanım ekseninde kazancının ilgili bantta 2 dBiC üzerinde, eksenel oranın ise 2 dB altında elde edildiği gösterilmiştir. Şekil 4 ve 5’te ise, sırasıyla 255 MHz ve 305 MHz için sağ el dairesel polarize (RHCP) ile sol el dairesel polarize (LHCP) ışınma paternleri bir arada verilerek, çapraz (cross) polarizasyonun yaklaşık 20 dB olarak elde edildiği gösterilmiştir.



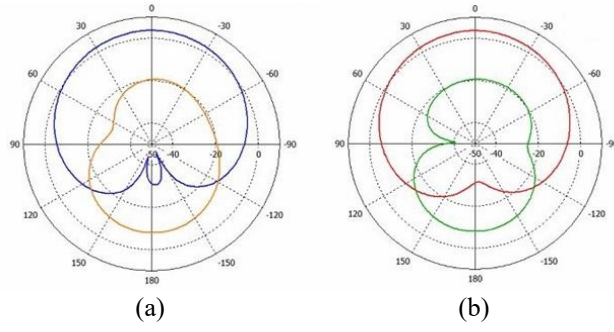
Şekil 1. Kavite destekli çapraz dipol anten: (a) Üst görünüm; $d = 45 \text{ cm}$, $r = 9 \text{ cm}$, $t = 3 \text{ cm}$ (b) Perspektif görünüm



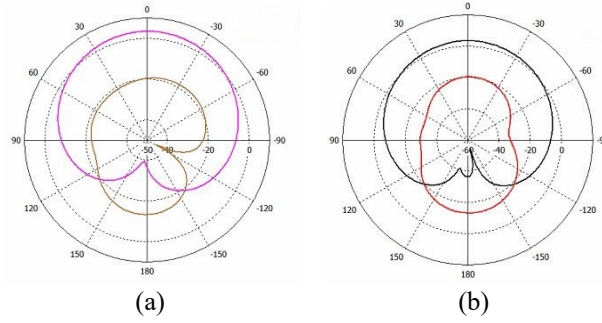
Şekil 2. Anten S-parametreleri: (a) S₁₁; (b) Port etkileşimi



Şekil 3. Anten kazancı (boresight) ve eksenel oran



Şekil 4. 255 MHz’de anten RHCP ve LHCP ışıma paternleri: (a) XOZ düzlemi; (b) YOZ düzlemi



Şekil 5. 305 MHz’de anten RHCP ve LHCP ışıma paternleri: (a) XOZ düzlemi; (b) YOZ düzlemi

3. Sonuç

Bu bildiride, geleneksel olarak 30 cm derinlik ($\lambda/4$) ile çeşitli platformlarda çıkıntıya sebep olan UHF SATCOM antenin, anizotropik karakteristiğe sahip yüksek indeks düşük kayıplı metalmalzemelerin kullanımı ile 3 cm ($\lambda/40$) olarak geliştirilebileceğine ilişkin anten tasarım ve simülasyon sonuçları paylaşılmıştır.

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmadaki görüşlerinden ötürü ASELSAN REHİS Sektör Başkanlığı’ndan Özkan Sağlam ve Durmuş Gebeşoğlu’na teşekkür eder.

Kaynaklar

- [1]. Dong, Y., Toyao, H. ve Itoh, T., “Compact Circularly-Polarized Patch Antenna Loaded With Metamaterial Structures”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, cilt. 59, no. 11, s. 4329-4333, Kasım 2011, doi:10.1109/TAP.2011.2164223.
- [2]. Rexhepi, T. vd., “Low profile UHF/VHF metamaterial backed circularly polarized antenna structure”, Progress In Electromagnetics Research C, cilt. 60, 11–20, 2015, doi:10.2528/PIERC15090906.
- [3]. Auckland, D. T. ve Reese, M., “A conformal UHF antenna suitable for satellite communications by small air, land & sea sensor platforms”, 2011 - MILCOM 2011 Military Communications Conference, 2011, s. 1808-1811, doi:10.1109/MILCOM.2011.6127574.
- [4]. Volakis, J., Chen, C. C. ve Fujimoto, K., Small Antennas: Miniaturization Techniques and Applications, McGraw Hill, 2010.
- [5]. Pardavi-Horvath, M., “Microwave applications of soft ferrites”, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, cilt. 215–216, s. 171-183, 2000, doi:10.1016/S0304-8853(00)00106-2.
- [6]. Mosallaei, H. ve Sarabandi, K., “Magneto-dielectrics in electromagnetics: concept and applications”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, cilt. 52, no. 6, s. 1558-1567, Haziran 2004, doi:10.1109/TAP.2004.829413.
- [7]. Rexhepi, T. ve Crouse, D., “A Study of Composite Substrates for VHF and UHF Artificial Magnetic Conductors and Their Application to a SATCOM Antenna”, Progress in Electromagnetics Research C, cilt. 64, 1-9, 2016, doi:10.2528/PIERC16030409.