

EMC TESTLERİ İÇİN İYİLEŞTİRİLMİŞ BESLEMeye SAHİP YÜKSEK KAZANÇLI BOYNUZ ANTEN TASARIMI VE ÜRETİMİ

M. Emre Çarkacı, O. Murat Kadağan, Ceyhan Türkmen, Mustafa Seçmen

Yaşar Üniversitesi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Bornova, İzmir

carkaciemre@hotmail.com, mkadagan@gmail.com, ceyhan.turkmen@yasar.edu.tr,
mustafa.secmen@yasar.edu.tr

Özet: Bu çalışma, EMC testleri için kullanılmak üzere, 1-3 GHz frekans bandında yüksek kazanç sağlayan, çift çıkıntılı boynuz antenin tasarımı ve üretimi hakkındadır. Verilen frekans aralığında elde edilen kazançlar, anten arkasındaki çift çıkıntılı dalga kılavuzu ile besleme yöntemi ile sağlanmıştır. Beslemenin yapıldığı dalga kılavuzunda özel bir arka oda bulunmaktadır. Arka oda boyutları, en iyi kazanç ve geri yansıma değerlerini verecek şekilde optimize edilmiştir. Anten simülasyonları ve tasarımı CST Microwave Studio programında yapılmış olup, bu aşamalardan sonra üretime geçilmiştir. Yapılan simülasyon ve ölçüm sonuçlarının ardından, sonuçların birbirleriyle uyumluluğu gözlemlenerek, bu sonuçlar doğrultusunda istenilen frekans bandında 11dBi dan fazla anten kazancı ve 10 dB'den yüksek geri yansıma kaybı gözlemlenmiştir.

Abstract: This study explains about the design and production of an EMC (Electromagnetic Compatibility) double-ridged horn antenna, which has relatively high gain at 1-3 GHz. The realization of high and almost standard gain at the given frequency is satisfied by a specially designed double-ridged waveguide fed behind the antenna. This waveguide has a back chamber whose dimensions are optimized in order to get best performance in terms of gain and return loss. The proposed antenna is designed and simulated CST Microwave Studio, and fabricated. According to simulation and measurement results, which are consistent to each other, the antenna has higher than 11 dBi gain and 10 dB return loss within the given band.

1. Giriş

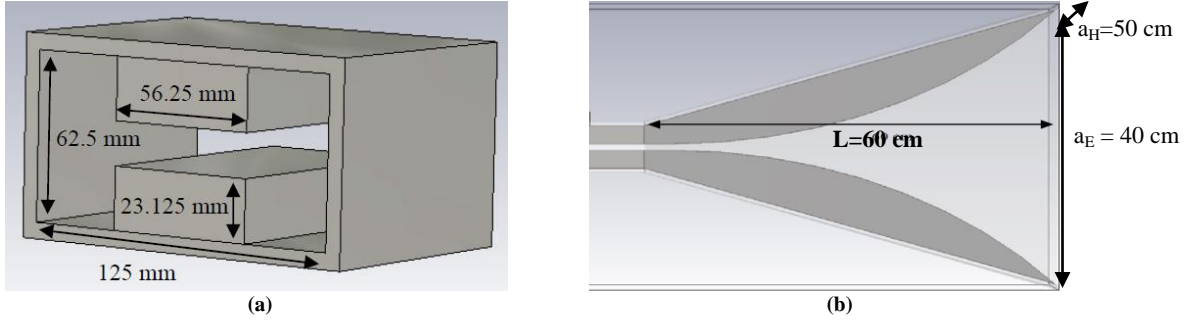
EMC (Elektromanyetik Uyumluluk), cihaz veya sistemlerin karşılıklı olarak yaydıkları elektromanyetik etkiye dayanma özelliğidir. Herhangi bir elektrikli cihaz, çalışması sırasında ortamdan gelebilecek elektromanyetik etkilere karşı bağımsızlık sistemine sahip olmalıdır [1]. Boynuz antenler EMC testlerinde kullanılan en önemli antenlerdendir. Bu tip antenler, UHF ve mikrodalga frekanslarında, parabolik anten gibi büyük yapıdaki antenleri beslemede, kalibrasyon anteni olarak diğer antenlerin kazancını hesaplamada ve çeşitli ölçümlerde kullanılır [2]. Bu antenin, iyi bir kazanca sahip olması ve bant genişliğinin yüksek olması sebebiyle yüksek frekanslarda çalışma olanağı sunması en önemli avantajlarından.

Dijital cihazlardan çıkan elektromanyetik dalgalarla alıcı anten arasındaki mesafe uzadıkça kayıplar ciddi oranda artar. Bu kayıplara neden olan pek çok etken bulunmakla beraber bu kayıplardan en etkilisinin Friss İletim Denklemine de bahsedildiği üzere aktarılan gücü uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azaltan serbest uzay yol kaybı (free-space path loss) olduğu söylenebilir [3]. Yukarıda bahsedilen kayıplar doğrultusunda EMC standartlarındaki testler genelde cihazın antenden 3 metre uzakta olduğu durumda gerçekleşir. Bu noktada, EMC regülasyonları genelde alıcı antene gelen minimum elektrik alan şiddetine göre belirlenir. Mesela bu değer 100-300 MHz frekansı bandı için 43.5 dB μ V/m'dir [1]. Fakat spektrum analizör gibi ölçüm cihazları direk bu alıcı antene gelen elektrik şiddetini değil alıcı antenin çıkışındaki voltajı (ya da gücü) ölçer. Bu iki güç arasındaki dönüşüm anten faktörü ile yapılır ve bu anten faktörü doğrudan anten kazancına bağlıdır. Teorik olarak anten kazancı bilindiği sürece antenin kazancı istediği kadar düşük olsun alıcı antene gelen elektrik alan şiddeti hesaplanabilir o cihazın testi geçip geçmediği söylenebilir. Fakat pratikte anten kazancı düştükçe ölçüm cihazının okuyacağı güç değeri düşeceğinden belli bir seviyenin altındaki sinyal seviyeleri görünmez hale gelecektir. Böylece cihazın testi geçip geçemediği tam olarak anlaşılamayacaktır. Bu anlamda EMC standartlarındaki 3 metre uzaklık, genelde antenlerin 12-14 dBi kazançları olduğu düşünülerek verilmiştir. Fakat elektronik cihazların EMC testlerinin yapıldığı 1-3 GHz frekans bandında piyasada bulunan antenler, genelde düşük kazançlara (4-6 dBi civarı) sahiptir [4]. Bu anlamda ölçüm cihazındaki sinyal seviyesini artırabilmek için EMC testlerinde kaynakla (elektronik cihaz) anten arasındaki mesafe, 3 metre değil 1 metre olarak alınmaktadır. Fakat bu durum, hem EMC standartlarının tam olarak sağlanmaması açısından hem de 1 metrelik mesafede antenin uzak alan özelliklerinden ziyade yakın alan özelliklerini göstermesi açısından sorunlar yaratmaktadır.

Bu anlamda elektronik cihaz ile alıcı anten arasındaki mesafeyi 3 metreye çıkarmak için kazancı 9 katına çıkarmak gerekir. Bunu gerçekleştirebilmek için EMC test laboratuvarlarında düşük kazançlı antenler kullanıldığında sistemde ek olarak güç amfisi kullanılması gerekmektedir ve bu durum da gereksiz DC güç tüketimi ve maliyete sebep olur. Bu çalışmada, özellikle elektronik cihazlara yönelik EMC testlerinde kullanılan frekanslarda yüksek kazançla sahip bir boynuz anten tasarlanarak bu sorunun önüne geçilmeye çalışılmıştır.

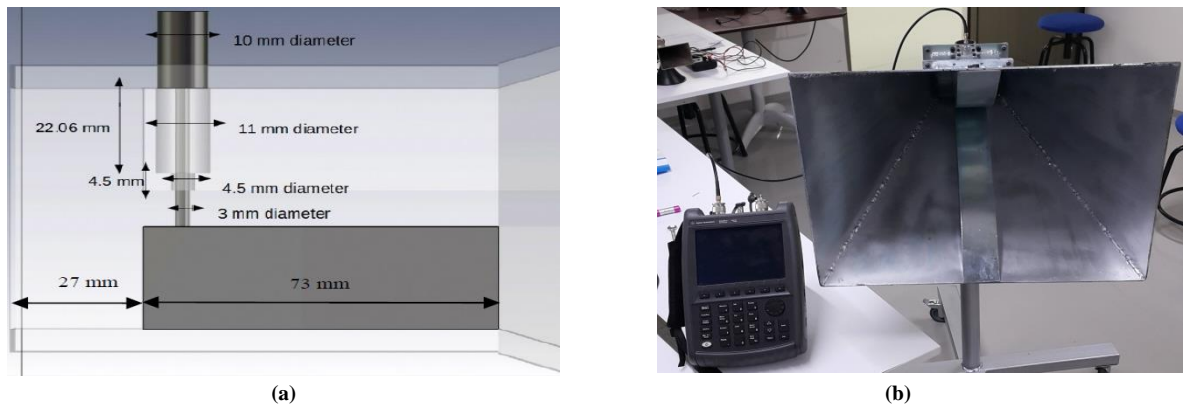
2. Anten Tasarımı ve Üretimi

Çalışmada, EMC boynuz anten tasarımı ve üretimi projesinin temelde iki tasarım alt başlığı olduğu söylenebilir. Bunlar, dalga kılavuzunun (adaptörün) ve boynuz antenin tasarımıdır. İlk aşamadaki dalga kılavuzunun tasarımında öncelikli olarak istenilen frekans bandı olan 1-3 GHz düşünülmüştür ki bu da 3:1'lik bir oransal frekans bandı vermektedir. Fakat standart dikdörtgen dalga kılavuzları genelde 1.5:1 gibi bir frekans bandına sahip olup bu anlamda yetersiz kalmaktadır. Bu anlamda Şekil 1(a)'da görüldüğü üzere bant genişliğini artıran bir çift çıkıntılı dalga kılavuzu tasarlanmıştır. Bu şekilde verilen dalga kılavuzunun en ve yükseklik boyutları olan $a = 125$ mm ve $b = 62.5$ mm düşünüldüğünde çıkıntısız dalga kılavuzunun frekans bandı $1.25 \times c / (2a) = 1.5$ GHz ile $0.95 \times c / (2b) = 2.28$ GHz arasındadır (c : ışık hızı). Bu frekans bandı [5]'deki grafiklere dayalı yapılan ön tasarım ve CST Microwave Studio'daki optimizasyonlar ile 0.75-3 GHz civarlarına çekilmiştir. Daha sonraki aşamada, 1-3 GHz frekans bandında minimum 11.5-12 dBi kazanç ve 10 dB geri dönüş kaybı doğrultusunda, boynuz antenin ağız açıklık (a_E ve a_H) ve uzunluk (L) boyutları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda, minimum frekans 1 GHz'de $10 \log_{10}(7.5 a_E a_H / \lambda^2) > 11.5$ dBi [3] ve ortalama frekans 2 GHz'de E-düzlem ve H-düzlem açıklık faz hataları en çok 0.25λ ve 0.4λ olarak alınmış [3] ve bulunan boyutlar Şekil 1(b)'de verilmiştir. Son olarak dalga kılavuzundaki çıkıntılar ile uyumlama amacıyla boynuz antenin içine üstel çıkıntılar eklenmiştir.



Şekil 1. (a) Tasarlanan çift çıkıntılı dalga kılavuzu. (b) Tasarlanan çift çıkıntılı boynuz anten.

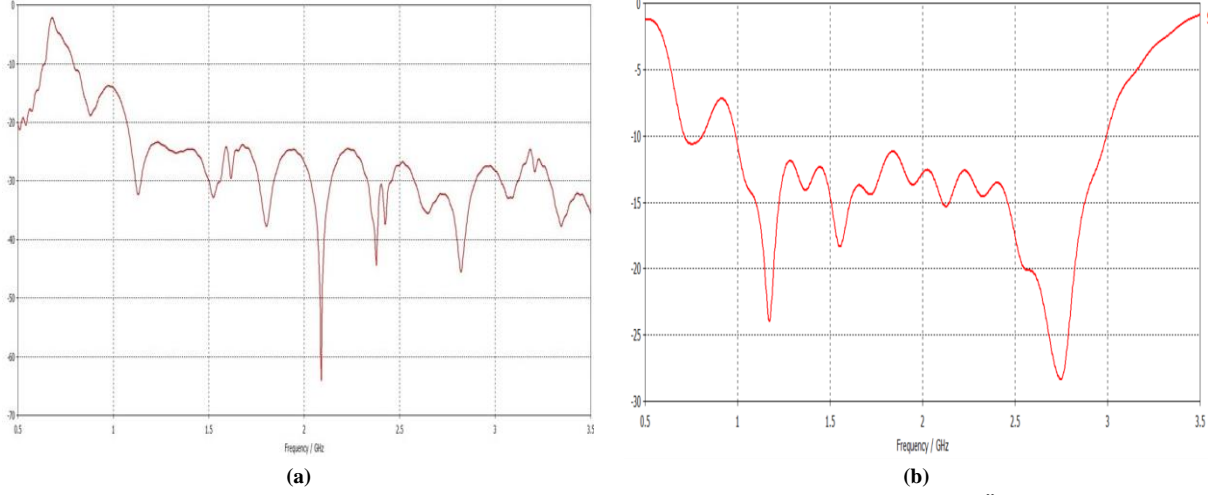
Şekil 1(b)'deki boynuz antenin Şekil 1(a)'daki dalga kılavuzu ile beslenmesi ve CST Microwave Studio'daki optimizasyon ile istenilen kazanç dönüş kaybı değerleri elde edilmiştir. Fakat buradaki simülasyonlarda uyarım dalga kılavuzu bağlantı noktası (port) ile yapılmıştır. Fakat antenin üretimin böyle bir uyarım mümkün olmamasından dolayı SMA konnektörlü bir besleme yapılacağı göz önünde bulundurularak koaksiyel konnektörden dalga kılavuzuna geçiş tasarımı yapılmıştır. Özellikle bu geçişin geri dönüş kaybını ciddi şekilde etkilediği (kötüleştirildiği) düşünülerek istenilen geniş banda yönelik bir tasarım yapılmıştır. Bu amaçla Şekil 2(a) verildiği üzere canlı uç ile sırasıyla 4.5 mm ve 11 mm çaplı toprak arası hava ile kaplı olan 2 kısımlı bir geçiş tasarlanmış olup istenilen geri dönüş kaybı performansını elde edilebilmek için derinliği maksimum frekans olan $f_0 = 3$ GHz'de $\lambda_g / 4 = \lambda_0 / 4 \sqrt{1 - (c / (2af_0))^2} = 27$ mm olarak bulunmuş özel bir arka oda eklenmiştir. Bu özel beslemeye ait sonuçlar ve diğer boyutlar doğrultusunda üretilen antenin fotoğrafı Şekil 2(b)'de görülmektedir.



Şekil 2. (a) SMA konnektörlü çift çıkıntılı dalga kılavuzunun yandan görünümü. (b) Üretilen boynuz anten.

3. Simülasyon/Ölçüm Sonuçları

Simülasyonları CST Microwave Studio'da gerçekleştirilen Şekil 2(b)'deki üretilen antenin geri dönüş kaybı ve kazanç değerleri, Yaşar Üniversitesi Anten ve Mikrodalga Laboratuvarı'nda yine aynı şekilde gösterilen Agilent N9912A Fieldfox Analyzer ve kazancı bilinen bir referans anten ile ölçülmüştür. Simülasyon ve ölçüm sonuçlarına ait geri dönüş kaybı değerleri sırasıyla Şekil 3(a) ve Şekil 3(b)'de verilmiştir. Buradaki sonuçlar incelendiğinde ölçüm ve simülasyon sonuçlarının birbirleriyle uyumlu olduğu ve 1-3 GHz frekans bandında 10 dB'den iyi geri dönüş kaybı elde edildiği görülmektedir.



Şekil 3. 1-3 GHz frekans bandındaki geri yansıma kaybı (a) Simülasyon sonuçları. (b) Ölçüm sonuçları.

Geri dönüş kaybı değerlerinin elde edilmesinden sonra tasarlanıp üretilen antenin kazanç değerleri ölçülmüş ve ilgili sonuçlar simülasyon sonuçlarından gelen kazanç değerleri ile beraber Tablo 1'de verilmiştir. Bu tablodan da görüldüğü üzere tasarlanan antenin EMC testlerinde kullanılabilir 1-3 GHz frekans bandında en az 11 dBi'lik bir kazancı bulunmaktadır. Simülasyon ve ölçüm sonuçları yine büyük oranda tutarlı olup aradaki farklar ölçüm düzeneğinden gelebilecek hatalardan kaynaklanmaktadır.

Tablo 1. 1-3 GHz frekans bandındaki kazanç değerleri.

Frekans (GHz)	Kazanç (dBi)	
	Simülasyon	Ölçüm
1	11.75	12.91
1.5	13.55	11.12
2	14.56	12.32
2.5	14.45	14.88
3	13.81	12.27

4. Sonuç

EMC ölçümlerinde kullanılmak üzere tasarımı ve üretimi gerçekleştirilen boynuz anten 1-3 GHz çalışma bandı boyunca standart olan 10 dB den daha iyi bir geri dönüş kaybı sağlamıştır. Ayrıca ölçüm sonuçlarında görüleceği üzere antenin kazancı bant boyunca 11.12 dBi ile 14.88 dBi arasındadır ki bu kazanç değerleri EMC ölçüm standardı olan 3 metre mesafeden herhangi bir yükseltici kullanmadan EMC ölçümü yapılabilmesine olanak sağlar. Böylece gereksiz DC güç harcamadan ölçüm gerçekleştirilebilecektir.

Kaynaklar

- [1]. Ott H. W., Electromagnetic Compatibility Engineering, John Wiley & Sons Inc., A.B.D., 2009.
- [2]. Volakis J., Antenna Engineering Handbook, 4. Baskı, Mc-Graw Hill, A.B.D., 2007.
- [3]. Kraus J. D. ve Marhefka R. J., Antennas: For All Applications, 3. Baskı, Mc-Graw Hill Inc., A.B.D., 2003.
- [4]. <http://www.ahsystems.com/catalog/SAS-571.php>
- [5]. Balanis C. A., Advanced Engineering Electromagnetics, 2. Baskı, John Wiley & Sons Inc., A.B.D., 2012.