

Basamaklı Halka Dielektrik Rezonatör ile Yüklenen Monopol Antenin Ultra Geniş Bant için Tasarım ve Ölçümleri

Cengiz Özzaim, Armağan Kırankabeş*, Fatih Üstüner**

Dumlupınar Üniversitesi
Elektronik-Elektronik Müh. Bölümü
Kütahya
cozzaim@du.edu.tr

*Osmangazi Üniversitesi
ESOGÜ MYO Mekatronik Bölümü
Eskişehir
akirankabes@ogu.edu.tr

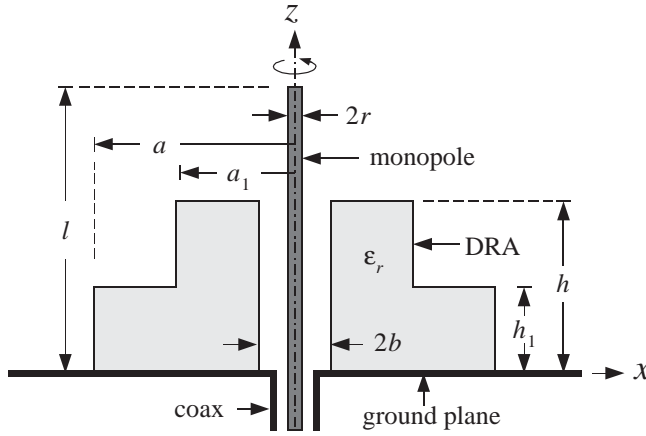
**TUBİTAK UME
Gebze
fatih.ustuner@ume.tubitak.gov.tr

Özet: Koaksiyel beslemeli monopol bir anten ile uyarılan dış yarıçapı basamaklı silindir halka şeklindeki dielektrik rezonatör anten (DRA) sayısal ve deneysel olarak incelenmiştir. Yeni hibrit anten giriş yansıma katsayısının $|S_{11}| < -10$ dB koşulunda %110 oranında bir empedans bant genişliği sağlayabilmektedir. Önerilen antenin frekans bant aralığı, basamaksız silindirik halka şeklindeki eşdeğerine göre fazladan bir rezonans içerdiğinden en az %10 daha fazla empedans bant genişliğine sahiptir.

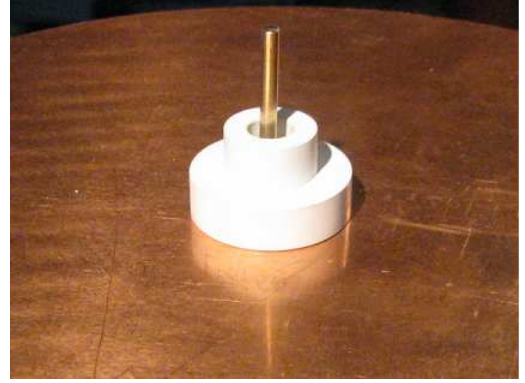
1. Giriş

Çeyrek dalga boyunda monopol anten ve silindirik halka dielektrik rezonatörün hibrit konfigürasyonları ultra geniş bant performansları nedeniyle artan bir ilgi çekmektedir. [1]–[8]. Bu konfigürasyonun önceki bir versiyonunda 3:1 oranına kadar çıkan bir empedans bant genişliği elde edilmiştir [1]–[2]. Bu anten üç adet rezonansa sahiptir. En küçük rezonans temel olarak çeyrek dalga boyundaki monopolden, en yüksek rezonans ise dielektrik halka rezonatörün TM_{018} modunun uyarılmasından kaynaklanmaktadır. Orta rezonans ise monopol ile DRA arasındaki etkileşim yüzündendir. Daha sonra ek bir rezonans frekansı ile empedans bant aralığını daha da artıran farklı hibrit monopol/DRA geometrileri geliştirilmiştir [3]–[7].

Bu makalede daha önce sayısal olarak incelenen koaksiyel beslemeli bir monopol anten ile uyarılan dış yarıçapı basamaklı silindir halka şeklinde DRA ayrıca deneysel olarak incelenmiştir [8]. Söz konusu DRA Şekil 1’de şematik ve prototip olarak görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi DRA eksen (z-ekseni) monopolün ve koaksiyel beslemenin eksenleriyle çakışır. Silindirik DRA’nın dış yarıçapının basamaklı olması nedeniyle frekans bant aralığı ek olarak çeyrek dalga boyunda monopolün ilk yüksek rezonans frekansını da içerdiğinden bu konfigürasyon basamaksız DRA’ye kıyasla daha geniş bir frekans bant aralığı sağlamaktadır. Bu yeni ve basit geometri, diğer kaynaklardaki DRA ailelerine bir alternatiftir [3]–[7]. Önerilen antenin optimum boyutları, ayrıntılı bir parametre çalışması sonucunda belirlenmiştir. Simülasyonlardan elde edilen sonuçların deneysel verilerle doğruluğunu göstermek amacıyla DRA modelleri, pirinçten yapılmış koaksiyel monopole ve bakır toprak düzlemi TUBİTAK UME laboratuvarında üretilmiştir. Şekil 1(b)’de dielektrik sabiti $\epsilon_r = 10$ olan Eccostock malzemesi, SMA prob ve yarıçapı 10 cm olan bakır levhadan üretilen bir prototip görülmektedir. Hibrit antenin giriş yansıma katsayıları ise Agilent E8362B Network Analyzer ile ölçülmüştür. İleri bölümlerde tasarım rehberleri ile birlikte bazı temsili sonuçlar verilmektedir.



(a)



(b)

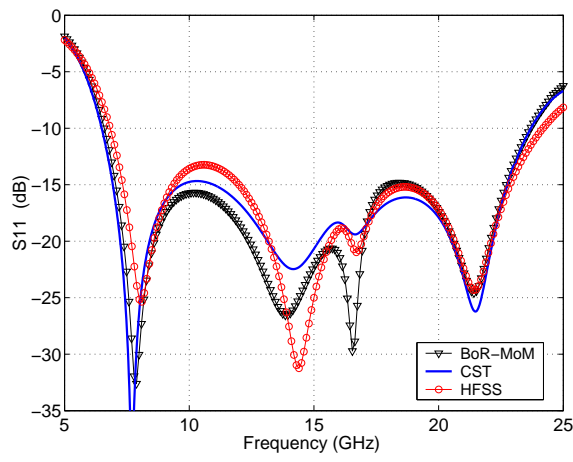
Şekil 1. Basamak şeklindeki hibrit monopol/DRA. (a) şematik (b) prototip.

2. Analiz ve Tasarım

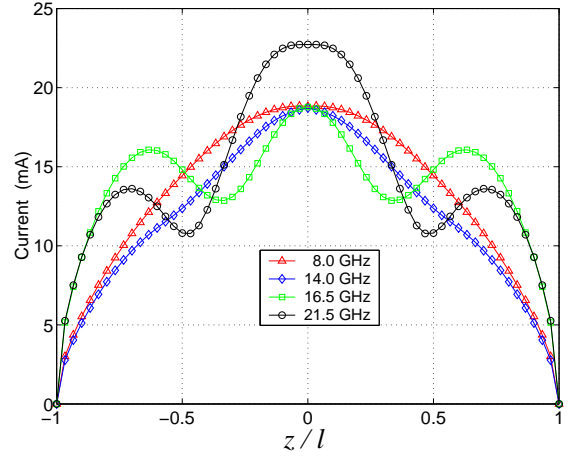
Bu makalede DRA ile monopol arasındaki etkileşim dönel cisimlerin (BoR) yüzey integral denklemleriyle incelenmiştir. Monopol üzerindeki akım dağılımı ve DRA yüzeyindeki eşdeğer akımlar için elde edilen denklemler Moment Metodu (MoM) ile sayısal olarak çözülmüştür. Bu amaç için, ve BoR-MoM prosedürüne dayanan FORTRAN temelli bir kod geliştirilmiştir [8]. Bu metodun sonsuz toprak düzlemi varsayılarak kullanılması sonucunda hesaplanan giriş yansımaya katsayısının büyüklüğü $|S_{11}|$, iki farklı ticari simülasyon aracının sonuçları ve deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Bu anteni CST ve HFSS yazılımları ile modellerken sonlu bir topraklama düzlemi varsayılmıştır. Hesaplanan empedans bant genişliği 50 ohm koaksiyel iletim hattında $|S_{11}| < -10$ dB koşulu ile gerçekleştirilmiştir. Önerilen antenin bant genişliğini artırmak için DRA boyutları üzerinde ayrıntılı bir parametrik çalışma yürütülmüştür. Böylece ultra geniş bant tepkisi için aşağıdaki tasarım prosedürüne ulaşılmıştır. İlk olarak, frekans bandının alt sınırını belirlemek için çeyrek dalga boyundaki monopollün boyutları (l ve r) seçilir. Sonra, DRA boyutları (b, h, a), $2r < b < 3r$, $0.45l < h < 0.50l$ ve $0.75h < a < 0.95h$ denklemlerinden yaklaşık olarak elde edilir. Bundan sonra, DRA'nın TM_{01} rezonans modunun çeyrek dalga boyundaki monopollün temel rezonans frekansının yaklaşık 2.2 katında uyarılması için gereken dielektrik sabiti [2] numaralı makaledeki 1. denklemden elde edilebilir. Son olarak, silindir halka DRA'nın yaklaşık basamak boyutları $a_1 = h_1 = h/2$ denkleminde bulunur. Yukarıda bahsedilen tasarım prosedürünün doğruluğunu göstermek amacıyla üç farklı frekans bandında çalışabilen üç farklı anten tasarlanarak elde edilen sayısal ve deneysel sonuçlar kıyaslanmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

İlk anten yüksekliği $l=10$ mm olan bir monopol kullanarak tasarlanmıştır. Bu makaledeki bütün şekillerde anten boyutları milimetre olarak alınmalıdır. Şekil 2(a) frekansa değerlerine karşılık antenin $|S_{11}|$ değerini göstermektedir. Sırasıyla 8 GHz ve 21.5 GHz'te gerçekleşen ilk ve son rezonanslar monopollük antenden kaynaklanır. Bu rezonanslar sırasıyla monopollük antenin çeyrek dalga boyundaki ($l=\lambda/4$) ve yüksek dereceli ilk rezonans modu ($l=3\lambda/4$) olarak tanımlanırlar. 14 ve 16.5 GHz frekanslarında oluşan ara rezonanslar ise sırasıyla monopollük/DRA etkileşimi ile DRA'nın TM_{01} rezonans modunun uyarılmasından kaynaklanır. Sayısal hesaplamalar 6.6–23.6 GHz frekans aralığını kapsayan %113 oranında bir empedans bant genişliğinin elde edildiğini göstermektedir.



(a)

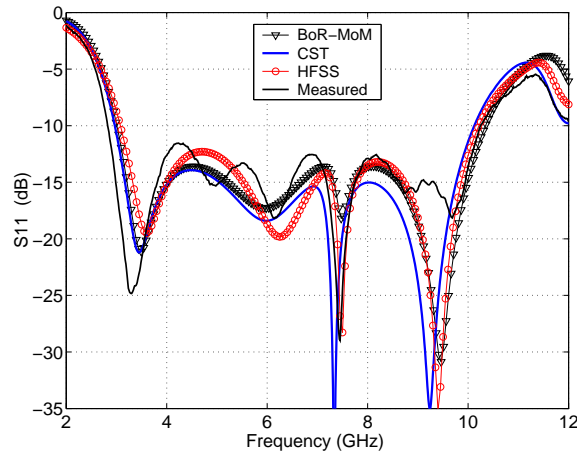


(b)

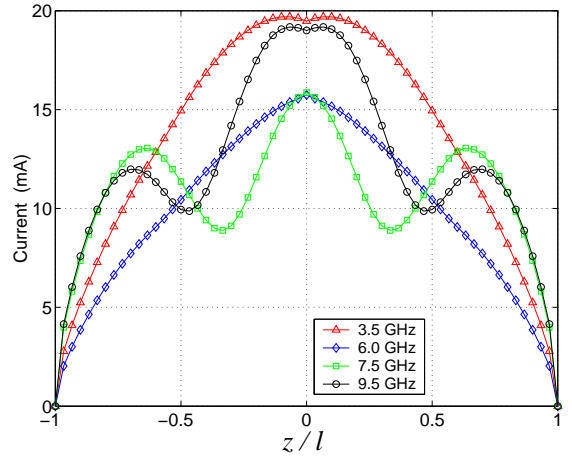
Şekil 2. Anten 1. $l=10$, $r=0.65$, $b=1.5$, $a=4.5$, $h=5$, $a_1=2.5$, $h_1=2.5$. (a) $|S_{11}|$ (b) $|I(z)|$.

Şekil 2(b)'de monopolün 1 Volt'luk manyetik frill kaynağı ile uyarılmasıyla elde edilen monopol üzerindeki akım dağılımları $|I(z)|$ görülmektedir. 8 GHz ve 21.5 GHz frekanslarında izole bir çeyrek dalga boyundaki monopolün sırasıyla en küçük ve ilk büyük rezonans frekanslarına duran dalga patterni gözlenmektedir. 14 GHz'te monopol ile DRA öyle etkileşmektedir ki elde edilen akım dağılımı çeyrek dalga boyundaki bir monopolün duran dalga şekline benzemektedir. Bu frekansta monopol anten, efektif uzunluğu gerçek uzunluğundan daha küçük olan çeyrek dalga boyunda bir monopol gibi davranır [2]. 16.5 GHz frekansında, DRA'nın TM_{01} rezonans modu uyarılır. Elde edilen akım dağılımı bu sefer yarım dalga boyundaki monopolün duran dalga şeklindeki gibidir. Bu fenomen bir çok makalede DRA içindeki elektrik alan dağılımı açısından da ayrıntılı olarak incelenmiştir [1]–[2], [5]–[7]. Bu nedenle bu rezonanslardaki alanların incelemesi için bu kaynaklardan faydalanılabilir.

İkinci anten ultra geniş bant (UWB) için tasarlanmıştır [3]–[4]. Şekil 3(a)'da, yukarıda açıklandığı gibi $|S_{11}|$ eğrisinde dört rezonans görülmektedir. Şekil 3(b) bir öncekine benzer akım dağılımlarını göstermektedir. Bu tasarımda 3.0 GHz'ten 10.3 GHz'e kadar % 110 oranında bant genişliği elde edilmiştir.



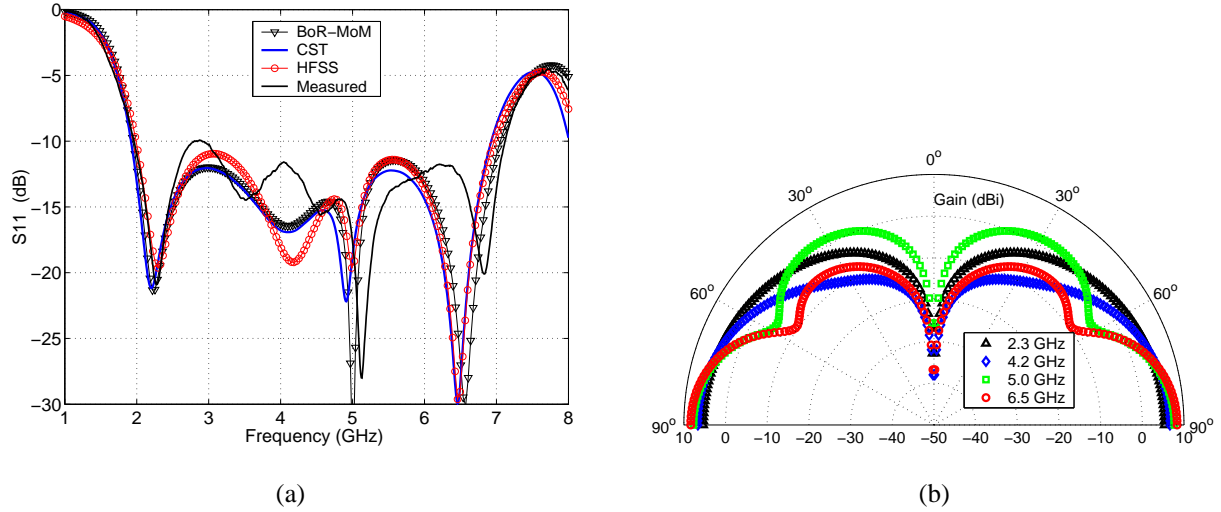
(a)



(b)

Şekil 3. Anten 2. $l=22$, $r=1$, $b=2.5$, $a=10$, $h=12$, $a_1=5$, $h_1=5$. (a) $|S_{11}|$ (b) $|I(z)|$.

Son örnekte ise, monopol ve konik bir DRA konfigürasyonunda kullanılan bant aralığı hedeflenmiştir [6]. Şekil 4(a)'da bu antenin $|S_{11}|$ grafiği görülmektedir. Bu örnekte ise, 1.95'ten 7.05 GHz'e kadar %113 oranında bir bant genişliği elde edilmiştir. Şekil 4(b)'de ise xz -düzleminde bu antenin rezonans frekanslarındaki toplam kazançları görülmektedir. Bu grafikteki eğriler tipik elektrik monopol benzeri ışıma örüntüleridirler.



Şekil 4. Anten 3. $l=34$, $r=1.5$, $b=4$, $a=14$, $h=16$, $a_1=8$, $h_1=8$. (a) $|S_{11}|$ (b) Kazanç.

4. Değerlendirme

Bu makalede sunulan yeni hibrit monopol/DRA geometrisi silindirik halka şeklindeki eşdeğerinden daha geniş bir empedans bant genişliği sağlar. Diğer bazı hibrit geometrilerle ulaşılmış bant genişliği, üretilmesi kolay olan bu konfigürasyonla elde edilebilir. Hibrit antenin fiziksel çalışma prensiplerini daha ayrıntılı irdelemek için monopol üzerindeki akımlar incelenmiştir. Tasarımı hızlandırmaya yardımcı olacak tasarım rehber seti geliştirilmiştir. Bu antenler kablosuz haberleşmedeki bir çok uygulamada ultra geniş bant anten olarak kullanılabilirler.

Kaynaklar

- [1]. M. Lapierre, Y. M. M. Antar, A. Ittipiboon, A. Petosa, "Ultra wideband monopole/dielectric resonator antenna," IEEE Microw. Wireless Comp. Lett., vol. 15, no. 1, s. 7–9, 2005.
- [2]. D. Guha, Y. M. M. Antar, A. Ittipiboon, A. Petosa, D. Lee, "Improved design guidelines for the ultra wideband monopole-dielectric resonator antenna," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., vol.5, s.373–377, 2006.
- [3]. Y. W. Chan, K. M. Luk, "The small UWB hybrid antenna," Microw. Opt. Tech. Lett., vol. 49, no. 9, s. 2157–2159, 2007.
- [4]. Y. F. Ruan, Y. X. Guo, X. Q. Shi, "Double annular ring dielectric resonator antenna for ultra-wideband application," Microw. Opt. Tech. Lett., vol. 49, no. 2, s. 362–366, 2007.
- [5]. S. Ghosh, A. Chakrabarty, "Ultrawideband performance of dielectric loaded T-shaped monopole transmit and receive antenna/EMI sensor," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., vol. 7, s.358–361, 2008.
- [6]. M. N. Jazi, T. A. Denidhi, "Design and implementation of an ultrawideband hybrid skirt monopole dielectric resonator antenna," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., vol.7, s. 493–496, 2008.
- [7]. D. Guha, B. Gupta, Y. Antar, "New pawn-shaped dielectric ring resonator loaded hybrid monopole antenna for improved ultra-wide bandwidth," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., vol. 8, s. 1178–1181, 2009.
- [8]. Ozzaim C., "Monopole antenna loaded by a stepped-radius dielectric ring resonator for ultrawide bandwidth," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., vol. 10, s. 843–845, 2011.