

# Dielektrik Rezonatör Halka İstifleri ile Yüklenen Monopol Antenin Ultra Geniş Bant Tasarımı Monopole Antenna Loaded by Stacked Dielectric Ring Resonators for Ultrawide Bandwidth

Cengiz Özzaim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Elektrik-Elektronik Müh.  
Dumlupınar Üniversitesi  
cozzaim@dpu.edu.tr

## Özet

Koaksiyel bir monopol tarafından uyarılan farklı yarıçapa sahip silindirik halka şeklindeki dielektrik rezonatör antenler (DRA) geniş frekans bant aralığı elde etmek için sayısal ve deneysel olarak incelenmiştir. Frekans bandındaki genişleme, monopol yüksekliğinin tam bir dalga boyu olduğu frekans yakınlarında meydana gelen ilave bir rezonanstan kaynaklanmaktadır. Sayısal verilerin laboratuvar ölçümleri ile doğrulandığı gözlenmiştir. Bu çalışmadaki hibrit anten ile %140'a varan bir bant genişliği ile birlikte monopole tipi ışınma elde edilmiştir.

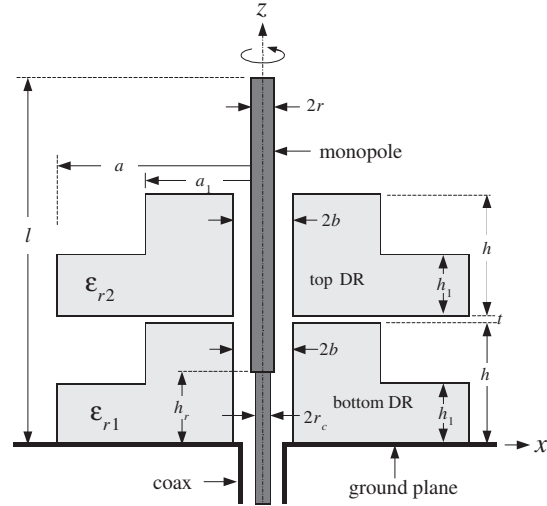
## Abstract

Stacked cylindrical ring dielectric resonator antennas (DRA) of different radii excited by an axi-symmetric coaxial monopole are investigated numerically and experimentally for improved bandwidth. The bandwidth improvement is due to an extra resonance which occurs near the frequency where the monopole height is about a full wavelength. Measured data were obtained to validate the results of simulations. The proposed hybrid antennas can easily offer a fractional impedance bandwidth up to 140% along with monopole type radiation pattern.

## 1. Giriş

Dielektrik Rezonatör Antenler, küçük boyutları, yüksek ışınma etkinlikleri, mekanik özellikleri gibi nedenlerden ötürü çok ilgi görmektedir. Son yıllarda silindirik halka şeklinde DRA ile yüklenen çeyrek dalga boyundaki monopol antenler, oldukça geniş bant sağlayabildiğinden ve monopol tipi ışınma yapabildiklerinden araştırmacıların çok ilgisini çekmiştir [1]. Silindirik halka DRA ile yüklenen monopol hibrit antenlerin %100 civarında bir frekans bandı genişliği sağladığı görülmektedir [2]. Bu hibrit antenin frekans bandındaki en düşük rezonans frekansı, çeyrek dalga boyundaki monopol antenin temel rezonansından kaynaklanmaktadır. En yüksek rezonans frekansı ise TM<sub>01</sub> modunda uyarılan halka şeklindeki DRA'den kaynaklanır [2]. Daha geniş bant aralığı elde etmek için, değişik geometrik yapıya sahip birçok hibrit monopol/DRA araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Bunlardan bazıları şöyledir: Silindirik halkalı DRA ve

şekillendirilmiş monopol [3]-[4], ters çevrilmiş konik halka DRA [5], yan yana veya üst üste istiflenmiş çift silindirik halka DRA [6], ve dış yarıçapı basamaklı silindirik halka DRA [7]. Bu yapılar ile elde edilen antenlerin frekans bant genişliği %110 civarındadır. Yakın bir zamanda, konik ve yarıküre şeklindeki halka DRA [8] ve bunların istiflenmesinden elde edilen “piyon” şeklindeki DRA [9] ile %126'ya varan bir frekans bant genişliği elde edilmiştir. Son olarak istiflenmiş konik DRA'ler ile %138'e varan bir bant genişliği elde edilmiştir [10].



Şekil 1: Anten geometrisi ve parametreleri.

Bu çalışmada, metal plaka üzerinde istiflenmiş farklı yarıçaplara sahip halka şeklindeki DRA'ler koaksiyel bir kablo ile beslenen monopol anten tarafından Şekil 1'de görüldüğü gibi uyarılmaktadır. Burada istiflenen halkalar, koaksiyel kablo ve monopol anten aynı dönel eksene (z-ekseni) sahiptir. Şekil 2'de ise dielektrik sabiti  $\epsilon_r=10$  olan Eccostock HiK malzemesi, SMA prob ve çapı 10 cm olan bakır levhadan

üretilen prototip görülmektedir. Bu makalede önerilen hibrit antenin benzerlerinden daha geniş frekans bandına sahip olabildikleri gösterilmektedir. Frekans bandındaki genişleme daha önceki çalışmalar ile karşılaştırıldığında ilave bir rezonanstan kaynaklanmaktadır [8]-[10]. Önerilen bu anten ile daha önceki araştırmacıların elde ettiği değerlerden daha geniş bir frekans bandı (yaklaşık %140) elde edilmektedir. Antenin optimum boyutları yoğun bir parametrik çalışma sonucunda elde edilmiştir. Aşağıdaki bölümde bu çalışmaların bazı örnekleri ile birlikte basit tasarım adımları verilmektedir.

## 2. Tasarım

Bu çalışmadaki monopol anten ile DRA'ler arasındaki etkileşim üç değişik sayısal metot kullanılarak incelenmiştir. DRA'ler ile merkezde bulunan koaksiyel beslemeli monopol anten dairesel simetrik bir yapı oluşturduğundan ilk olarak dönel cisimler (BoR) yüzey integralleri ve moment metodu (MoM) ile analiz edilmiştir. Bu amaçla yakın geçmişte yapılan bir çalışmada kullanılan BoR-MoM metoduna dayanan FORTRAN kodu kullanılmıştır [7], [10]. İkinci ve üçüncü sayısal metot olarak ticari elektromanyetik simülasyon araçları kullanılmıştır (CST ve HFSS). Bahsedilen sayısal simülasyon teknikleri ile elde edilen giriş yansıma katsayısının mutlak değeri  $|S_{11}|$ , deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Hesaplanan frekans bant genişliği 50 ohm koaksiyel iletim hattı varsayılarak  $|S_{11}| < -10$  dB koşuluna göre tanımlanmıştır. Önerilen antenin boyutlarında ayrıntılı bir parametrik çalışma yapıldıktan sonra, antenin frekans bant aralığını arttırmak için aşağıdaki tasarım adımlarına ulaşılmıştır.



Şekil 2: Anten prototipi.

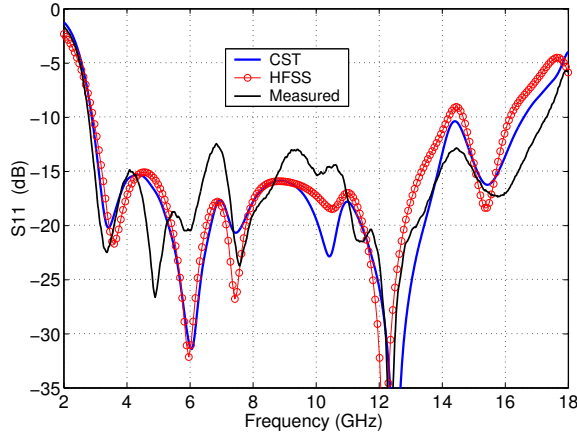
İlk olarak en düşük rezonans frekansında kullanılmak üzere uzunluğu  $l$  ve yarıçapı  $r$  olan çeyrek dalga boylu bir monopol bir anten seçilir. Sonra DRA'lerin iç yarıçapı  $2r < b < 3r$

denkleminde göre belirlenir. Bu çalışmadaki dielektrik rezonatörlerin dielektrik sabiti ise  $\epsilon_{r1} = \epsilon_{r2} = 10$  olarak seçilmiştir. Burada daha büyük dielektrik sabiti seçilebilirdi. Fakat yakın zamandaki bir makalede önerildiği üzere, yüksek dielektrik sabitinin antenin frekans bant aralığı ile birlikte ışına performansını da olumsuz etkilemektedir [9]. Daha sonra alttaki ve üstteki DRA'lerin yaklaşık boyutları eşdeğer konik DRA'lardan elde edilmiştir [10]. Frekans bant aralığının özellikle orta ve yüksek kesimlerinde giriş yansıma katsayısını biraz iyileştirmek amacıyla iki DRA arasında  $t$  kadar bir boşluk bırakılmıştır. Bu tasarım adımları başlangıç değerleri olarak alındıktan sonra maksimum frekans bant aralığını elde etmek için antenin boyutları manuel olarak optimize edilebilir. Böylece hibrit anten monopol yüksekliğinin yaklaşık bir dalga boyu ( $l = \lambda$ ) olduğu frekansta rezonansa zorlanır. Yukarıdaki tasarım adımlarının doğruluğunu göstermek amacıyla Şekil 1'deki anten üç farklı frekans bandında tasarlanmış olup ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

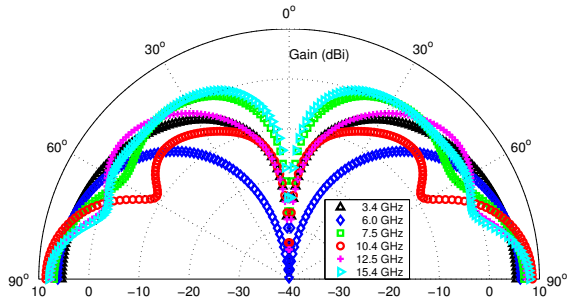
## 3. Sonuçlar

Simülasyonlardan elde edilen sonuçların deneysel verilerle doğruluğunu göstermek amacıyla DRA modelleri, pirinçten yapılmış koaksiyel monopol ve bakır toprak tabakası laboratuarda üretilmiştir. Yansıma katsayıları Agilent E8362B Network Analizör ile ölçülmüştür. Şekil 1'deki modellerin boyutları optimize edilerek aşağıdaki sonuçlara varılmıştır. Bu şekillerin tümünde boyutlar milimetredir.

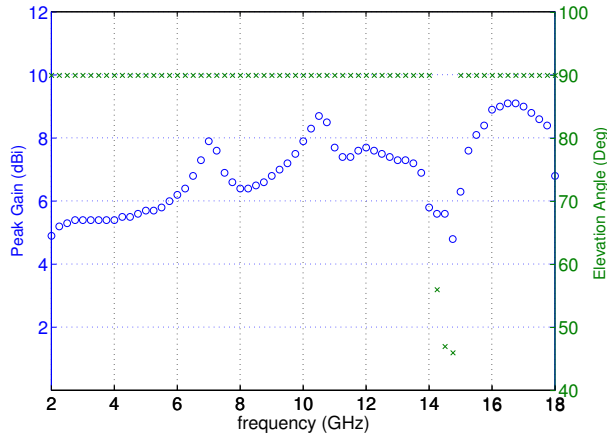
İlk anten, yüksekliği 22 mm olan monopol ile ultra geniş bant (UWB) için tasarlanmıştır. Bu antendeki alt ve üst DRA'ler aynı boyutlara sahiptirler. Şekil 3(a)'da laboratuarda ölçülen yansıma verileri ile simülasyon verilerinin karşılaştırılması görülmektedir. 3.5 GHz ve 10.5 GHz'te görülen rezonanslar sırasıyla monopol antenin çeyrek dalga boyundaki temel ( $l = \lambda/4$ ) ve yüksek dereceli ilk ( $l = 3\lambda/4$ ) rezonanslarıdır. 7.5 GHz civarındaki rezonans ise DRA'lerin  $TM_{01}$  modundan kaynaklanmaktadır. Bahsedilen üç rezonans tek koni ve yanküresel DRA ile yüklenen monopole antenin incelendiği bir makaledeki rezonanslar ile aynı özelliklere sahiptir [9]. Şekil 3(a)'da görüldüğü üzere, hibrit anten 13 GHz ve 15 GHz civarında da rezonanslar içermektedir. Bu frekanslarda dielektrik halkalar yüksek dereceli modlar barındırmaktadır. Ölçülen sonuçlara göre Şekil 3(a)'da görüldüğü gibi hibrit anten 3–17 GHz aralığında %140 civarında deneysel bir bant genişliği sergilemektedir. Şekil 3(a) ve 4(a) da görülen ölçüm sonuçları ve simülasyon sonuçları arasındaki rezonans kaymalarının sebepleri fabrikasyon toleransları ve benzetim tekniklerindeki farklılıklardır. Şekil 3(b)'de ise yukarıda bahsedilen rezonanslarda  $xz$ -düzlemindeki monopol tipi kazanç eğrileri izlenmektedir. Şekil 3(c)'de maksimum kazanç değerleri görülmektedir. Dikkat edilirse 7.5 ve 10.5 GHz civarında bir kazanç artışı söz konusudur. Çünkü bu frekanslardaki iki DRA birbirine çok yakın seri beslemeli anten dizisi olarak değerlendirilebilir. Bu frekanslarda DRA'lar aynı fazda uyarılırlar. Bu da anten dizi faktörü nedeniyle  $xz$ -düzleminde bir kazanç artışına neden olur.



(a)

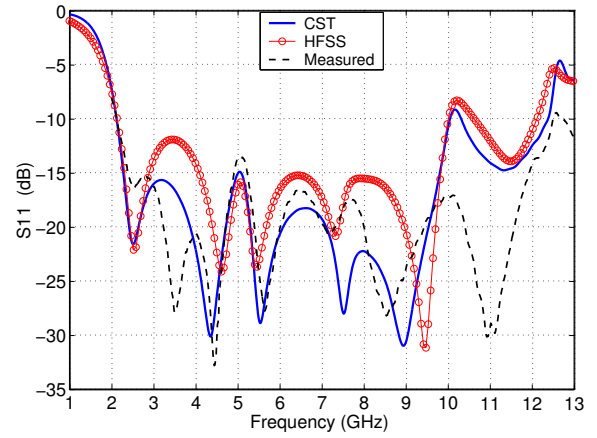


(b)

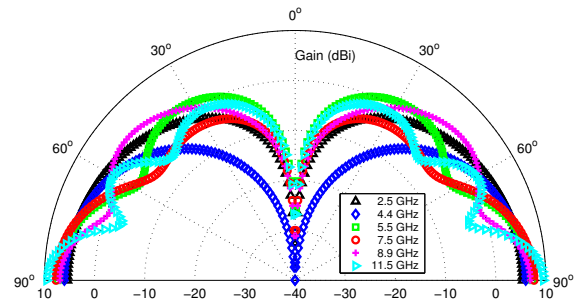


(c)

Şekil 3: UWB anten,  $l=22$ ,  $h_t=1.5$ ,  $r=1.5$ ,  $t=0$ . DRA:  $a=10$ ,  $a_1=5.5$ ,  $h=7$ ,  $h_1=3.5$ ,  $b=3.5$ . (a)  $|S_{11}|$ , (b) ışıma, (c) kazanç.



(a)

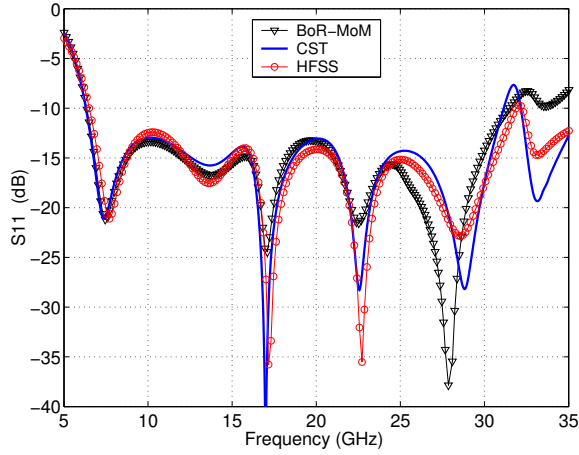


(b)

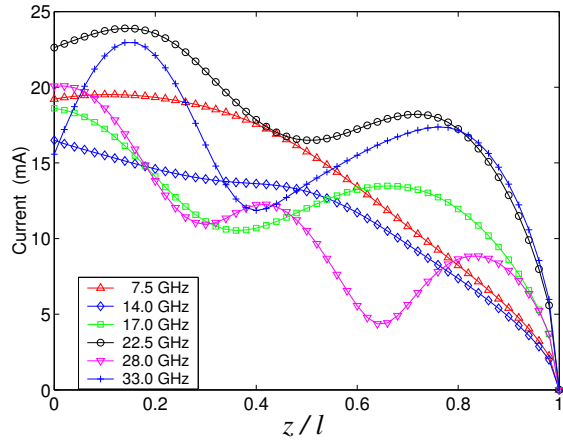
Şekil 4: İkinci anten,  $l=30$ ,  $h_t=1.5$ ,  $r=2$ ,  $t=0$ . DRA:  $a=14$ ,  $a_1=7.5$ ,  $h=10$ ,  $h_1=5$ ,  $b=4.5$ . (a)  $|S_{11}|$ , (b) Kazanç ışıma eğrileri.

Şekil 4(a)'da 2-12 GHz aralığında çalışacak bir antenin frekansa karşılık  $|S_{11}|$  eğrisi görülmektedir. Bu antende de alt ve üst DRA'ler aynı boyutlara sahiptirler. Şekil 4(b)'de ise rezonans frekanslarında  $xz$ -düzlemindeki kazanç eğrileri gözlenmektedir. Bu frekanslardaki anten için uzunluğu 30 mm olan bir monopol kullanılmıştır. Bu antenin rezonans frekanslarındaki davranışları Şekil 3'teki anten ile aynıdır. Bu nedenle bu makalede önerilen antenin aynı zamanda istenilen frekans aralığında ölçeklendirilebileceği görülmüştür. Sonuç olarak %143 civarında bir bant genişliği sunan ve monopol tipi bir ışıma yapabilen bir anten elde edilmiştir.

Şekil 5(a)'da tasarlanan üçüncü anten 6–32 GHz aralığında %137 civarında deneysel bir bant genişliği sergilemektedir. Şekil 5(b)'de monopol anten üzerindeki akım dağılımları antenin rezonans frekanslarında izlenmektedir. 28 GHz'teki akım dağılımına dikkat edildiğinde üst dielektrik halkanın nispeten az uyarılması sonucu akım değerlerinin nispeten azaldığı gözlenmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5: Üçüncü anten,  $l=10$ ,  $h_4=0$ ,  $r=0.65$ ,  $t=0.5$ . Üst DRA:  $a=4.5$ ,  $a_1=2.5$ ,  $h=3.5$ ,  $h_1=2$ ,  $b=1.5$ . Alt DRA:  $a=4$ ,  $a_1=2.5$ ,  $h=3$ ,  $h_1=1.5$ ,  $b=1.5$ . (a)  $|S_{11}|$ , (b) akım eğrileri.

#### 4. Değerlendirme

Bu makaledeki hibrit monopol anten geometrisi ile %140'a varan bir frekans bant genişliği ile birlikte monopol tipi bir radyasyon elde edilmiştir. Bu tip antenler için basit tasarım adımları da verilmektedir. Bant genişliğinin artmasında rol oynayan faktörler tartışılmış olup antenin benzetim ve ölçüm sonuçlarında mükemmel bir uyuma rastlanmıştır. Bu antenler kablosuz haberleşmedeki bir çok uygulamada monopol tipi ultra geniş bant anten olarak kullanılabilirler.

#### 5. Kaynaklar

- [1] M. Lapierre, Y. M. M. Antar, A. Ittipiboon, and A. Petosa, "Ultra wideband monopole/dielectric resonator antenna," *IEEE Microw. Wireless Comp. Lett.*, vol. 15, no. 1, pp. 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.*, v.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] 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.
- [5] M. N. Jazi, T. A. Denidni, "Design and implementation of an ultrawideband hybrid skirt monopole dielectric resonator antenna," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol.7, s. 493-496, 2008.
- [6] 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, Feb. 2007.
- [7] C. Ozzaim, "Monopole antenna loaded by a stepped radius dielectric ring resonator for ultrawide bandwidth," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 10, s. 843-845, 2011.
- [8] 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.
- [9] D. Guha, B. Gupta, Y. Antar, "Hybrid Monopole-DRAs using Hemispherical/Conical-Shaped Dielectric Ring Resonators: Improved Ultra-Wideband Designs," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 1, s. 393-398, 2012.
- [10] Ozzaim C., Üstuner F., Tarim N., "Stacked Conical Ring Dielectric Resonator Antenna Excited by a Monopole for Improved Ultrawide Bandwidth," *IEEE Trans Antennas Propag.*, vol. 61, no.3, pp. 1435-1438, March 2013.