

DİKDÖRTGEN SİRİRAL ANTENLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Uğur SAYNAK* ve Alp KUŞTEPELİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 35430, Urla, İZMİR
e-posta: ugursaynak@iyte.edu.tr e-posta: alpkustepeli@iyte.edu.tr

ABSTRACT

Spiral antennas are generally designed by using Archimedean spiral geometries which have the same spacing between the lines in each rotation. In this study, the effect of the spacing on the design of rectangular spiral antennas is investigated. Two similar but different approaches are employed by considering the design procedure used to obtain log-periodic antennas. Simulation results of the new designs are compared with those of the Archimedean spiral antenna especially in terms of the frequency dependency.

Anahtar sözcükler: Frekanstan bağımsız antenler, Dikdörtgen spiral antenler.

1. GİRİŞ

Frekanstan bağımsız antenler çok geniş çalışma bandı gerektiren uygulamalarda kullanılırlar [1,2]. Spiral, bikonik ve log-periyodik antenler frekanstan bağımsız antenlere iyi birer örnek teşkil etmektedirler. Spiral antenler dairesel ışına yapmaları ve düzlemsel yapıları sebebiyle geniş bantlı sistemlerin tasarımında tercih edilmektedirler.

İdeal frekanstan bağımsız antenlerde anten kazancı, ışına diyagramı, giriş empedansı gibi temel anten parametreleri her frekansta hemen hemen aynı davranışa sahiptir. Pratikte ise bu antenler boyut sınırlamaları ve besleme yapıları gibi birtakım sebepler dolayısıyla tamamen frekanstan bağımsız değildirler ve bu sebepten ancak belirli bir geniş bantta çalışabilirler.

Kullanılan geometriler açısından incelendiğinde spiral yapılar genel olarak Arşimet [3-6] ve logaritmik [7] olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Arşimet spiralleri geniş bantlı olmalarına rağmen, teorik olarak frekanstan bağımsız antenleri tanımlayan Rumsay'in ölçekleme prensibine uymadıkları için frekanstan bağımsız anten olarak kabul edilemezler [8-11]. Özellikle tur sayısının az olduğu durumlarda anten parametrelerinin frekansa bağımlılığı daha da artmaktadır [12]. Uygulamalarda spiral antenler yuvarlak veya dikdörtgen şeklinde tasarlanmaktadır. Dikdörtgen tasarımlar,

yuvarlak olanlara oranla daha küçük bir yapı ile benzer performansı elde etmek gibi bir avantaja sahiptirler [3]. Bu sebeple dikdörtgen spiral antenlerin kullanımı önem kazanmakta ve geniş bantlı sistem tasarımlarında uygulama alanları bulmaktadırlar [13].

Bu çalışmada dikdörtgen Arşimet spiral antenine kıyasla frekansa daha az bağımlı bir anten elde etmek hedeflenmiştir. Bunu gerçekleştirmek amacıyla log-periyodik anten tasarımından esinlenerek iki yapı önerilmiş, bu yapılar ve dikdörtgen Arşimet spiral anteni moment metodu ile analiz edilip sonuçlar anten kazancı, ışına diyagramı ve eksensel oranın frekansla değişimi açısından farklı tur sayıları için birbiriyle karşılaştırılarak incelenmiştir.

2. ANTEN GEOMETRİLERİ

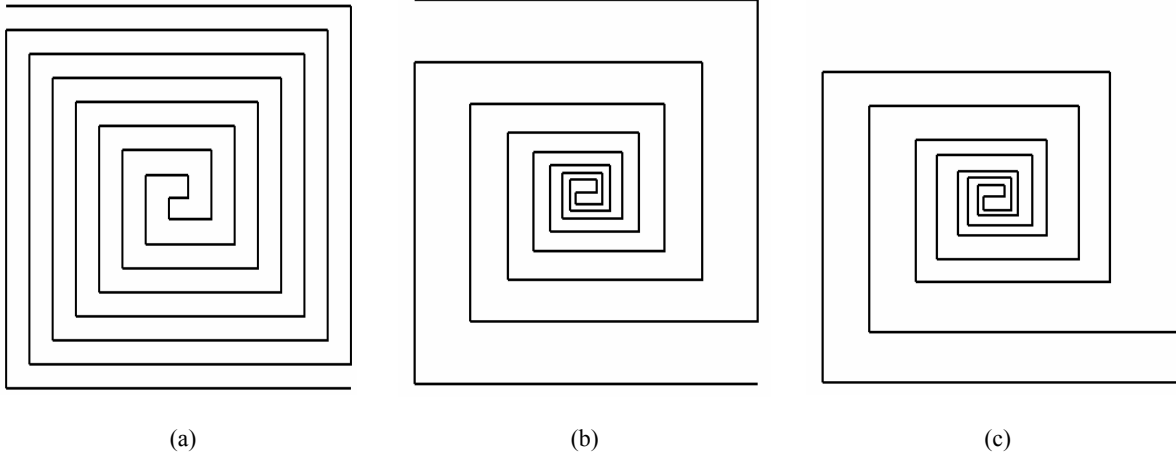
Spiral antenlerin tasarımında kullanılan en genel halde dairesel bir Arşimet spiral eğrisi

$$\rho = a\varphi + b \quad (1)$$

ifadesi ile verilebilir. Bu denklemde görülen ρ eğri üzerinde olan bir noktanın orijine olan uzaklığını, φ bu noktanın x eksenine yaptığı açıyı, a spiralin açılma oranını ve b de spiralin x eksenine üzerindeki başlangıç noktasını göstermektedir. Buna göre Arşimet spirali her dönüşünde aynı miktarda açılarak merkezden uzaklaşan bir eğri halini almaktadır. Bu çalışmada incelenen dikdörtgen Arşimet geometrisi ise Şekil 1a'da görüldüğü üzere her iki tur arasında belli bir miktarda büyüyen merkezden uzaklaşan dikdörtgen bir kol ve bu kolun 180° döndürülmesiyle oluşturulmuş ikinci bir koldan oluşmaktadır. Buna göre birbirine komşu her iki kol arasında sabit bir uzaklık bulunmaktadır.

Log-periyodik antenler ise genel olarak darbantlı bir antenin belirli bir k oranı ile N tanesinin ölçeklenerek gene k oranına bağlı çeşitli kurullarla periyodik olarak biraraya getirilmesiyle oluşturulan antenlerdir. Bu yapılardan en basiti olan log-periyodik dipol antenlerde sırasıyla dipollerin boyları, aralarındaki mesafeleri ve kalınlıkları arasında,

* Bu çalışma "EU-FP6 INCO IYTE-Wireless" adlı ve 017442 no'lu proje kapsamında desteklenmektedir.



Şekil 1. Dikdörtgen spiral antenler. (a) Arşimet, (b) Yapı A ve (c) Yapı B.

$$k = \frac{l_{n+1}}{l_n} = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{d_{n+1}}{d_n} \quad (2)$$

şeklinde bir bağıntı bulunur. Bu düşünüşle tasarlanan benzer fakat farklı iki antenin geometrileri ise Şekil 1b ve Şekil 1c'de görülmektedir. Bunlardan Şekil 1b'deki anten Yapı A, Şekil 1c deki ise Yapı B olarak adlandırılmıştır. Yapı A olarak isimlendirilen anten her turda belirli bir k oranıyla büyüyen ve orijinden uzaklaşan bir kol ve her turda birinci kolla aynı oranda büyüyen ama bu kolun 180° döndürülmesiyle oluşturulmuş ikinci bir koldan meydana gelmiştir. Yapı B olarak isimlendirilen anten ise her turda belirli bir k oranı ile büyüyen bir kol ve Arşimet geometrisine benzer biçimde bu kolun her iki turu arasında iletkenlerin tam ortalarından geçerek büyüyen ikinci bir koldan meydana gelmektedir. Yapı B oluşturulurken izlenen bu farklı yol sayesinde yine k oranıyla büyüyen ikinci bir kol elde edilmesine rağmen iki yapı arasında temel bir tasarım farkı ortaya çıkmıştır. Genel bir bakış açısı ile Yapı A için elde edilen geometri logaritmik spiralin dikdörtgen hali şeklinde, Yapı B için elde edilen geometri ise ikinci kolun farklılığı nedeniyle Arşimet-logaritmik karışımı bir tasarım olarak düşünülebilir.

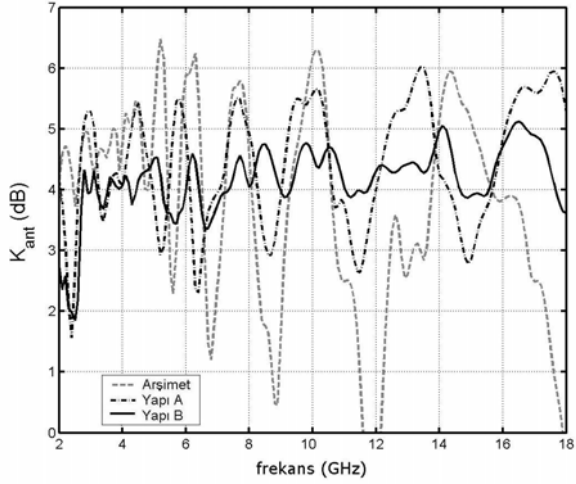
3. BENZETİM SONUÇLARI

Benzetim sonuçları Arşimet ve önerilen iki yapının 3, 5 ve 7 turdan oluşmuş biçimleri için SuperNEC 2.7 kullanılarak elde edilmiştir [14]. Kullanılan turlar açısından bakıldığında tüm yapılar için n tur olarak yapılan adlandırma, tam olarak $(n-1)+7/8$ tura karşılık gelmektedir (Bkz. Şekil 1). Yapılan tüm benzetimlerde tasarlanan antenler $x-z$ düzlemine yerleştirilmiştir. Boyutları yaklaşık olarak aynı olmak üzere $8\text{cm} \times 8\text{cm}$ 'lik bir alanı kaplamakta olan antenler, kolları $x = 2.3\text{ mm}$ ve $x = -2.3\text{ mm}$ noktalarından başlayan ve yarıçapları 0.1 mm olan tellerle modellenmiştir.

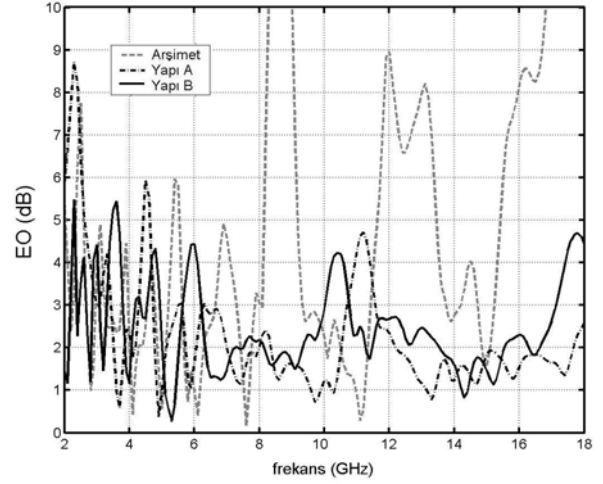
İncelenen spiral antenlerin $2\text{ GHz} - 18\text{ GHz}$ bandındaki anten kazancı ve eksensel oran verileri Şekil 2'de karşılaştırmalı olarak görülmektedir. Bu verilere dayanarak, önerilen yapıların Arşimet biçimindekilere kıyasla frekansa çok daha az bağımlı olduğu söylenebilir. Özellikle 3 tur kullanılarak oluşturulmuş yapılar dikkate alındığında, frekansın artmasıyla birlikte Arşimet spiral anteninde ortaya çıkan, kazançta görülen aşırı düşüşler ve eksensel oranda görülen aşırı yükselmeler dikkat çekici biçimde önerilen antenlerin grafiklerinde görülmemektedir. Az tur ile oluşturulmuş biçimler kazanç açısından incelendiğinde Yapı B ile elde edilen antenin daha iyi sonuçlar verdiği görülmekle beraber, tur sayısı arttıkça Yapı A ile elde edilen antenin sonuçlarına yaklaşmaktadır.

Arşimet geometrisindeki tur sayısı arttıkça spiralin sıklaşmasına bağlı olarak eksensel oranda beklendiği üzere iyileşme eğilimi görülmesine rağmen, önerilen yeni tip yapıların yüksek sayıda tur kullanılarak tasarlanan biçimlerine kıyasla frekanstan bağımsızlığı az değildir. İki yeni yapı kıyaslandığında ise B anteni düşük tur sayılarına sahip yapılar için A antenine benzer sonuçlar vermekte, tur miktarı artırıldığında ise sonuçlar yine birbirine yaklaşmaktadır. Dikdörtgen Arşimet spiral antenin kazancının frekansa bağımlılığı beklenildiği gibi yüksek tur sayıları için azalmasına rağmen, önerilen antenlerin frekanstan bağımsızlığı tur sayısının değişmesiyle az değişmekte ve önerilen geometrilerin üç tur kullanılarak oluşturulan biçimleri, dikdörtgen Arşimet spiralinin yedi tur kullanılarak oluşturulan biçimine kıyasla frekanstan daha bağımsız olmaktadır.

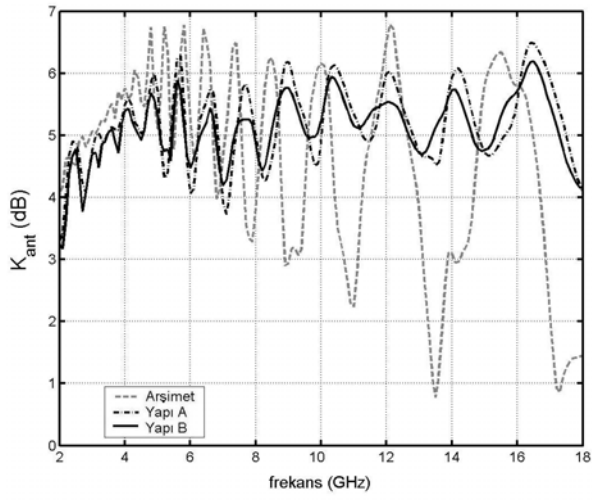
Bir spiral antenin çalışma bandını belirleyen ışınan halka teorisine göre [4,7,15] incelenen bütün spiral antenlerin yaklaşık olarak $1\text{ GHz} - 16\text{ GHz}$ bandında ışın yapması öngörülebilmekte, benzetim sonuçlarının da genel olarak bununla uyumlu olduğu görülmektedir.



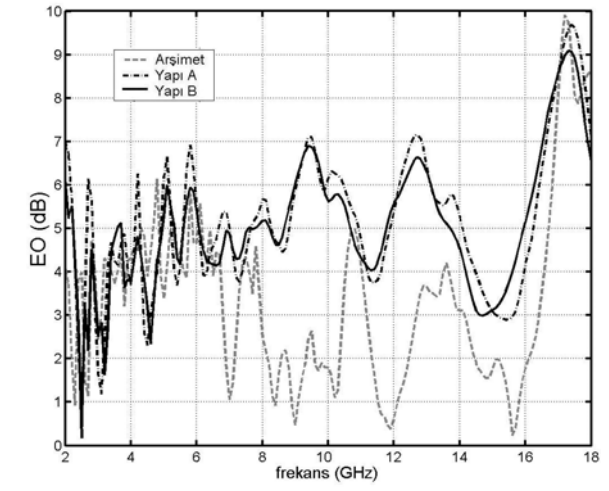
(a1)



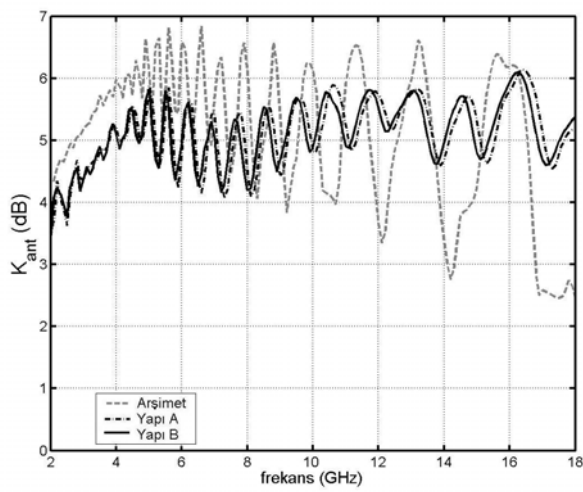
(a2)



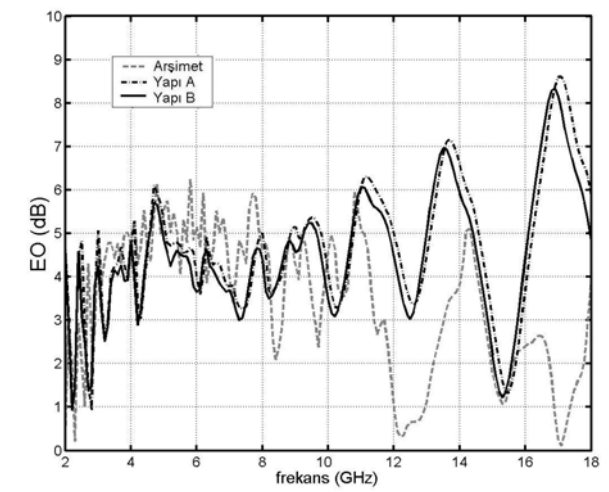
(b1)



(b2)

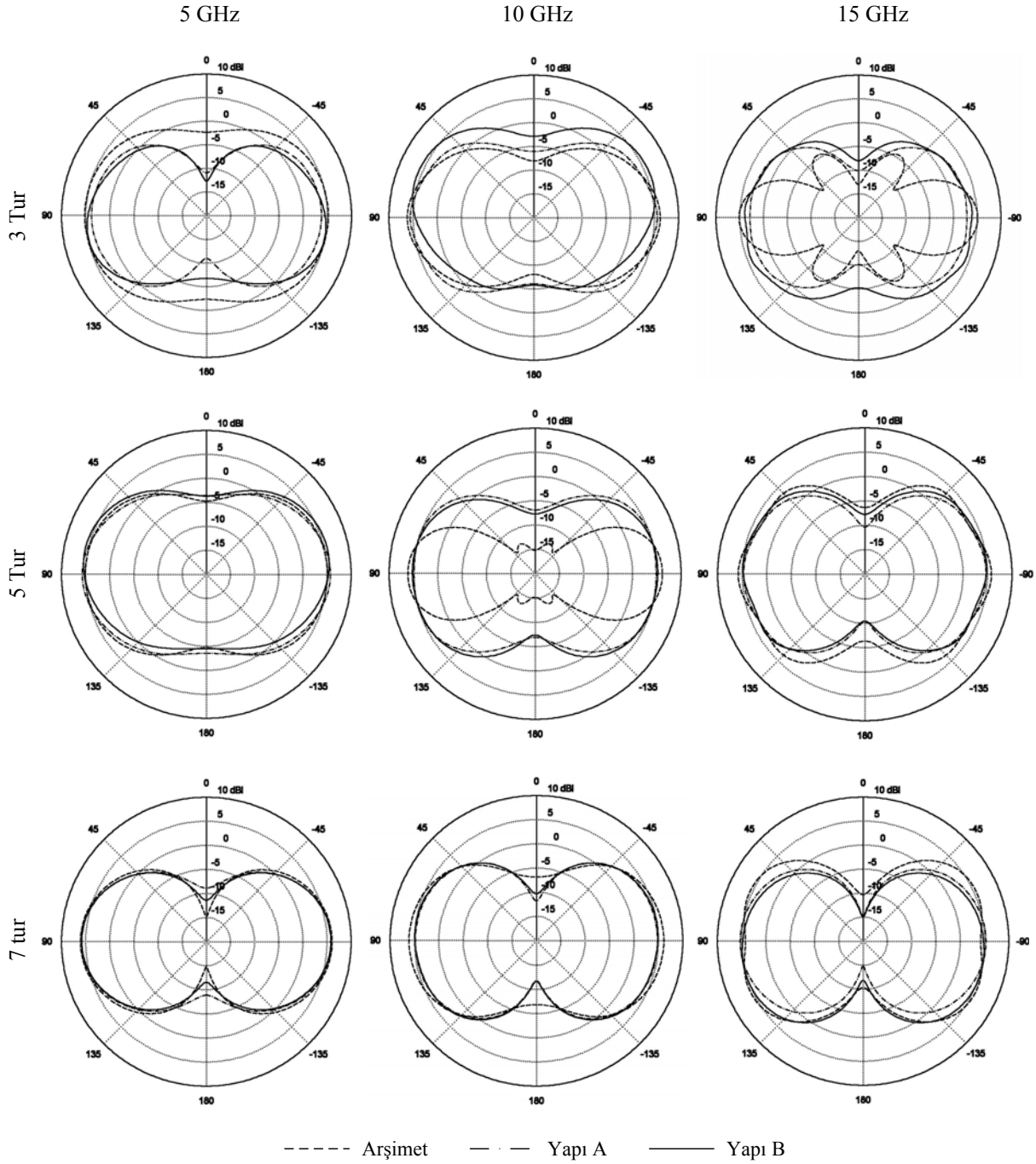


(c1)



(c2)

Şekil 2. Spiral antenlerin kazançları ve eksensel oranları. (a) 3 tur, (b) 5 tur ve (c) 7 tur.



Şekil 3. Işıma diyagramları ($\varphi=90^\circ$, $0^\circ < \theta < 180^\circ$).

Üst kesim frekansının tahmininde kolların başlangıç noktalarının konumları dikkate alındığından ve simülasyonlarda gerilim kaynağının bulunduğu yere kadar spiral geometrisinin devam ettiği düşünüldüğünde 16 GHz den daha büyük frekanslarda da ışımının olabileceği söylenebilir.

Uzak alandaki ışıma diyagramı grafikleri Şekil 3’de verilmiştir. Bu verilerde dikkat çeken unsur ise frekanstan bağımsız antenlerin diğer bir özelliği

olan ışıma diyagramının da frekanstan bağımsız olmasının yeni yapılar için büyük oranda sağlanmış olmasıdır. Ayrıca anten kazancı ve eksensel oran verilerinde olduğu gibi Yapı A ve Yapı B ile elde edilen anten tiplerinin yönelticilik eğrilerinin tur miktarı arttıkça birbirine yaklaştığı görülmektedir. Bunun yanında Arşimet spiral anteninin aksine önerilen antenlerin ışıma diyagramları frekans ve tur sayısı farklılığı gözetmeksizin çok benzer olmaktadır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada tasarlanan iki dikdörtgen spiral anten ve dikdörtgen Arşimet spiral anteni moment metoduyla analiz edilmiş, antenlerin kazançları, ışınma diyagramları ve eksensel oranları frekansa bağımlılık açısından incelenmiştir.

Benzetim sonuçlarına göre önerilen yapılardan özellikle de Yapı B ile elde edilen antenler, Arşimet geometrisiyle elde edilen antenlere kıyasla anten kazancı, eksensel oran ve ışınma diyagramları açısından frekansa daha az bağımlıdır. Ayrıca az tur miktarları için önerilen her iki yapı ile de daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Tur sayıları arttırıldığında ise dikdörtgen Arşimet spiralinin sonuçlarında gözle görülür bir iyileşme olmasına rağmen önerilen antenler frekanstan bağımsızlık açısından daha iyi sonuçlar vermekte, ayrıca Yapı B ile elde edilen antenin az turlu biçimlerinin performansı, Arşimet antenin çok turlu biçimlerinin performansından daha da iyi olmaktadır. Buna dayanarak, özellikle az tur miktarı ile oluşturulmuş spiral tasarımları veya çok turlu Arşimet yapıları dahi söz konusu olduğunda üretim kolaylıkları da düşünülerek önerilen tip geometrinin dikdörtgen Arşimet tipindekilere tercih edilebileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kramer, B.A., Lee, M., Chen, C.C., and Volakis, J.L., "Design and Performance of an Ultrawide-Band Ceramic-Loaded Slot Spiral," IEEE Trans. Antennas and Propagat., Vol. 53, No. 7, July 2005, pp. 2193-2199.
- [2] Iwasaki, T.A., Freundorfer, P., and Iizuka, K. "A, unidirectional semicircular spiral antenna for subsurface radars," IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, Feb. 1994 Vol. 36, pp. 1-6.
- [3] Bawer, R., and Wolfe, J.J., "The Spiral Antenna," IRE Int. Convention Record, New York, U.S.A., March 1960, pp. 84-95.
- [4] Kaiser, J.A., "The Archimedean two-wire spiral antenna," IRE Trans. Antenna Propagat., Vol. AP-8, pp. 312-323, May 1960.
- [5] Curtis, W.L., "Spiral antennas," IRE Trans. Antennas Propagat., Vol. AP-8, pp. 298-306, May 1960.
- [6] Volakis, J.L., Nurnberger, M.W., and Filipovic, D.S., "A Broadband Cavity-Backed Slot Spiral Antenna," IEEE Antennas and Propagat. Mag., Vol. 43, No. 6, December 2001, pp. 15-26.
- [7] Dyson, J.D., "The Equiangular Spiral Antenna," IRE Trans. Antennas Propagat., 1954, 7, pp. 181-188.
- [8] Rumsey, V.H., "Frequency Independent Antennas," 1957 IRE National Convention Record, Pt. 1, pp.114-118.
- [9] Dyson, J.D., Bawer, R., Mayes, P.E., Wolfe, J.I., "A Note on the Difference between Equiangular and Archimedes Spiral Antennas," IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Vol. 9, 1961, pp. 203 - 205.
- [10] Kraus, J.D., Marhefka, R.J., Antennas, McGraw-Hill, New York, 2002
- [11] Johnson, R.C. and Jasik, H., Antenna Engineering Handbook, McGraw-Hill, New York, 1993.
- [12] Balanis C.A., Antenna Theory-Analysis and Design, Wiley, New York, 1997.
- [13] Brown, E. R., Lee, A. W. M., Navi, B.S. and Bjarnason, J.E., "Characterization of Planar Self-Complementary Square-Spiral Antenna in the THz Region," Microwave and Optical Tech. Lett., March 2006, Vol. 48, No. 3, pp. 524-528.
- [14] SuperNEC 2.7 Academic version, Poynting Software Ltd., www.poynting.co.za.
- [15] Filipovic D.S., and Volakis J.L., "Broadband Meanderline Slot Spiral Antenna," IEE Proc-Microw. Antennas Propagat., Vol. 149. 2 April 2002, pp. 98-104.