

Üçgen Açıklıklı Ultra Geniş Bant Monopol Bir Antenin Tasarlanması

Designing an Ultra-Wideband Monopole Antenna with Triangular Aperture

Hakkı Alper TÜRKMEN^{1*}, Abdurrahim TOKTAŞ²

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

*Sorumlu yazar: alperturkmen@gmail.com

Öz

Günümüz haberleşme teknolojisinde kablosuz haberleşme sistemleri gün geçtikçe önem kazanmıştır. Bir kablosuz mobil sistem düşünüldüğünde, bu sistemin maliyet ve performansı öne çıkmaktadır. En önemli amaçlardan bir tanesi de antenin boyutu küçüldükçe çalışma frekansını değiştirmeden verimli anten tasarımları yapabilmektir. Bu bağlamda, küçük fiziksel boyutlarda verimli antenler yapmak günümüzde önemli bir araştırma konusu olmuştur. Bir anten tasarımında en önemli noktalardan bir tanesi fiziksel parametreleri ve kesit yöntemleridir. Bu çalışmada toprak düzlem ve iletken düzlem üzerinde yapılan farklı üçgensel kesitlerle oluşturulan 3,1 ve 14,1 GHz rezonans bant aralığında çalışan bir ultra geniş bant (UGB) mikroşerit anten tasarımı sunulmuştur. Tasarım aşamasında 1,59 mm kalınlığında 0,01 kayıp tanjantlı 4,4 dielektrik katsayılı FR4 malzeme kullanılmıştır. Tasarımın dört farklı evresi simülasyon sonuçları üzerinden S_{11} grafikleri ile karşılaştırmalı olarak analiz edilerek, üçgensel kesitlerin antenin tasarımı ve ışıma örüntüsü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Her evrede yapılan kesimlerde antenin rezonans bant genişliği geliştirilmiş olup özellikle iletim hattının uç kısmında yapılan kesimlerle rezonans bant genişliği 2–6 GHz aralığında -35 dB, 6–8 GHz aralığında -58 dB değerlerine kadar düşüş gözlemlenmiştir. Simülasyon neticesinde son aşamadaki nihai mikroşerit antenin ışıma grafikleri ve azami kazanç grafiği karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikroşerit anten, Ultra geniş bant anten, Monopol anten, Üçgensel kesit.

Abstract

Wireless communication systems have gained importance in today's communication technology. When a wireless mobile system is considered, the cost and performance of this system stands out. One of the most important objectives is to make efficient antenna designs without changing the operating frequency as the antenna size decreases. In this context, making efficient antennas with small physical dimensions has become an important research topic. One of the most important points in the design of an antenna is its physical parameters and modification methods. In this study, an ultra-wide band (UWB) microstrip antenna design which operates at the resonance band between 3,1 and 14,1 GHz which is formed by different triangular cuts made on ground plane and radiating patch is presented. At the design process, FR4 material with a tangent loss of 0,01 and dielectric constant of 4,4 and thickness of 1,59 mm was used. Four different phases of the design were analyzed comparatively with S_{11} graphs over simulation results and the effects of triangular cuts on antenna design and radiance pattern were examined. The resonance bandwidth of the antenna is improved in each stage and especially the resonance bandwidth is decreased from -35 dB in the range of 2–6 GHz and up to -58 dB in the range of 6 – 8 GHz by cutting at the end of the transmission line. As a result of the simulation, the radiation graphics of the final microstrip antenna and the peak gain graph of the final stage were analyzed comparatively.

Keywords: Microstrip antenna, Ultrawide band antenna, Monopole antenna, Triangular section.

1. Giriş

Mikroşerit antenlerin kablosuz iletişim araçlarında kullanım alanları oldukça geniştir. Bunun en önemli sebepleri küçük boyutlara sahip olması, maliyetin düşük olması, üretim kolaylığı ve entegre edilmedeki kolaylıktır [1]. Bunun yanında ise bazı dezavantajlar da vardır. Bunlar kazanç, dar bant genişliği gibi özelliklerdir. Yapılan çalışmalar genellikle tasarımın kolaylığı sebebiyle dikdörtgen, üçgen ve daire şekilli mikroşerit antenlerdir [2-3]. Mikroşerit antenler yüksek performans gerektiren araçlar, uçaklar, radar sistemleri, kablosuz iletişim, uzay araçları, uydu ve füze uygulamaları gibi pek çok alanda kullanılmaktadır [4].

Ultra geniş bant (UGB) sistemler son zamanlarda araştırmacılar tarafından oldukça ilgi görmüş bir teknoloji haline gelmiştir [5]. Bu sistemlerin üzerinde çalışılmasının en önemli sebebi çok geniş bir frekans aralığına sahip olmalarıdır. Düşük güç yoğunluğunda çalışabilen bu sistemler, Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Haberleşme Komisyonu'nun (FCC) 3.1–10.6 GHz'lik bant genişliğini UGB sistemlerin kullanımı için tahsis etmesiyle teknoloji daha büyük bir ilgi ile araştırılmaya ve incelenmeye başlamıştır [6]. Bu aralıkta bir bant genişliğine sahip olmak birtakım tasarımsal zorlukları beraberinde getirmektedir. Tasarım, diğer klasik dar bantlı anten tiplerine göre biraz daha karmaşıktır.

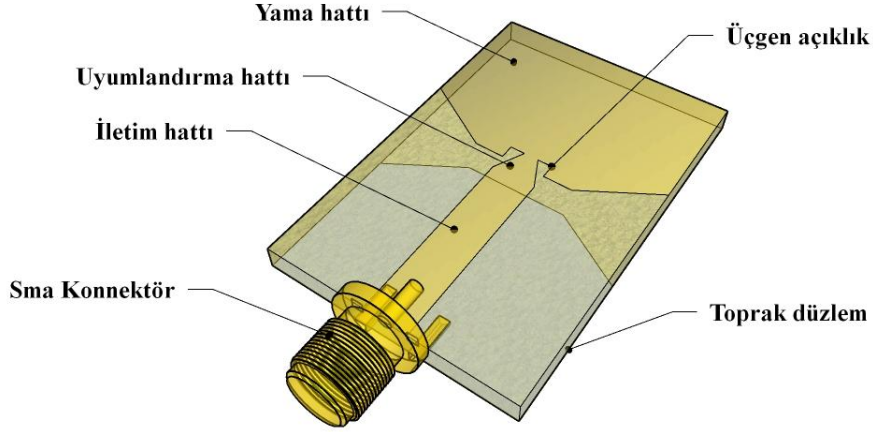
2004 yılında yapılan bir çalışmada $30 \times 35 \text{ mm}^2$ boyutunda 3,2–12,0 GHz frekansında besleme hattının bittiği ve yama hattın başladığı kısımda merdiven şeklinde kesitler uygulanmış UGB bir anten tasarlanmıştır [7]. Yine 2005 yılında benzer kesit yöntemiyle 3,1–11,0 GHz frekansında $16 \times 18 \text{ mm}^2$ boyutunda UGB bir anten tasarlanmıştır [8]. 2015 yılında $25 \times 26 \text{ mm}^2$ boyutunda ve 3,1–12,3 GHz frekans bandında çalışan dairesel kesitli bir UGB anten sunulmuştur [9]. Bir diğer çalışmada 2019 yılında $8 \times 27,5 \text{ mm}^2$ boyutunda 2,8–12,6 GHz frekansında çalışan bir UGB anten tasarlanmıştır [10].

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde birbirine benzer kesit yöntemleri kullanılmıştır. Sunulan çalışmada ise çok küçük boyutlara sahip ve aynı zamanda iletim hattının uç kısmında, toprak düzlemde ve yama hattında yapılan üçgensel kesitlerle 3,1–14,1 GHz rezonans bant aralığında çalışan UGB mikroşerit bir anten tasarımı sunulmuştur. Tasarımda Zeland IE3D programı kullanılmıştır. Simülasyon neticesinde son aşamadaki nihai mikroşerit antenin kazanç grafiği iki boyutlu ışınma grafikleri çıkarılarak ışınma örüntüleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

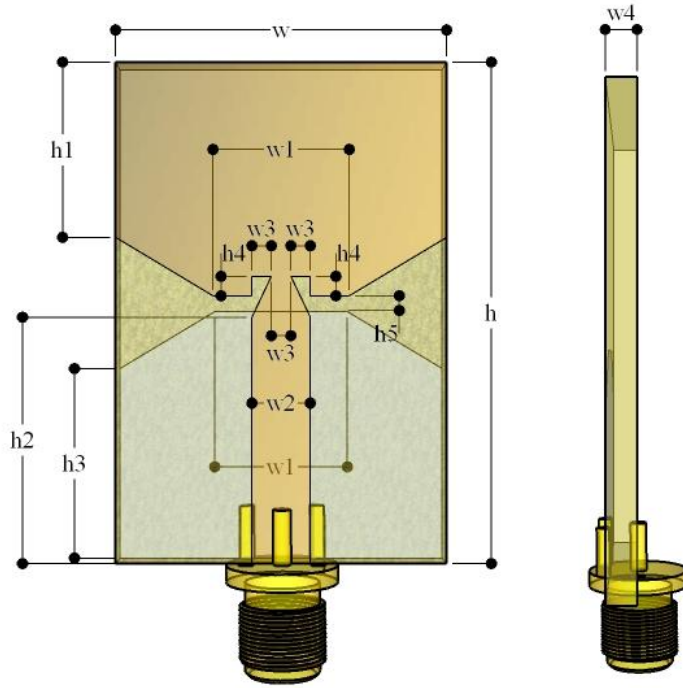
2. Materyal ve metot

Üçgen açıklıklı tasarlanan ultra geniş bant anten toplam boyutu $17 \times 26 \text{ mm}^2$ 'dir. 50 Ohm $3 \times 12.6 \text{ mm}^2$ iletim hattının uç kısmında empedans uyumunu iyileştirmek için 3 mm'den 1 mm'ye kadar azalan bir uyumlandırma hattıyla beslenen yama anten ve toprak düzlem Şekil 1'de verilmiştir. Tasarıma ait ölçüler ise Şekil 2 ve Tablo 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Tasarım aşamasında 1,59 mm kalınlığında 0,01 kayıp tanjantlı 4,4 dielektrik katsayılı FR4 malzeme kullanılmıştır.

2.1. Anten tasarımı



Şekil 1. Nihai modelin üç-boyutlu görünümü



Şekil 2. Nihai modelin boyutlandırılmış olarak önden ve yandan görünüşü

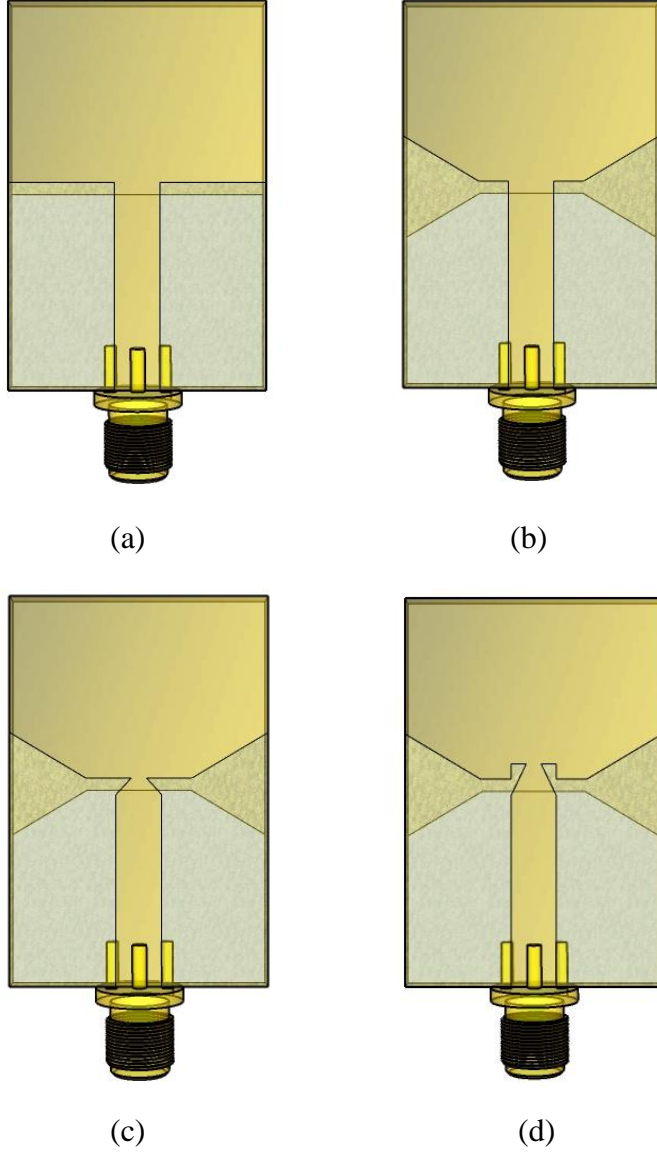
Tablo 1

Nihai modelin ölçüleri (Birim: mm)

w	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄	h	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅
17	7	3	1	1,59	26	9	12,6	10	1	0,75

2.2. Model tasarım aşamaları

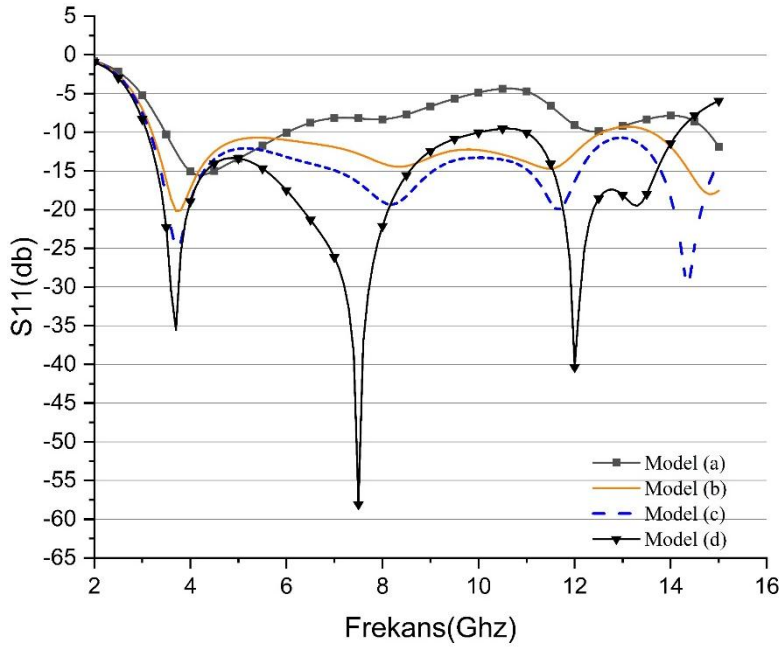
Tasarım sürecinde üçgenel kesitlerin ışıma üzerinde etkilerini daha iyi görebilmek için nihai anten dört evrede tasarlanmıştır. Tasarım evreleri Şekil 3’de Model (a), (b), (c), (d) olmak üzere dört adımda gösterilmiştir.



Şekil 3. Model tasarım aşamaları: Model (a), Model (b), Model (c), Model (d)

Şekil 3 de görüldüğü üzere dört farklı aşamada anten tasarımları yapılmıştır. Model (a)’da toprak düzlem ve yama hattında herhangi bir üçgen kesit uygulanmamıştır. Simülasyon neticesinde S_{11} parametrelerinin -10 dB üzerinde olduğu ve ışıma miktarının oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Toprak düzlemde ve yama hattında

yapılacak üçgensel kesimlerle ışıma düzeyinin arttırılabileceği öngörülmüştür. Model (b)'de toprak düzlemde ve yama hattında yapılan üçgensel kesitlerle bu öngörü yapılan simülasyon neticesinde S_{11} parametrelerinin iyileşmesiyle kanıtlanmıştır. Model (c)'de ise iletim hattının uç kısmında 3 mm'lik kalınlık kademeli olarak 1 mm'ye düşürülmüştür. Bu sayede yakalanan empedans uyumundaki iyileştirme sayesinde ışıma S_{11} parametrelerinde bir miktar daha düşüş gözlemlenmiştir. Model (d)'de ise iletim hattının bittiği kısımda yapılan üçgensel kesitler nihai anten tasarımıımızı oluşturmuştur. Bu kesitler sayesinde 2–4 GHz arasında -25 dB'den -35 dB ye 6-8 GHz arasında ise -16 dB den -58 dB parametrelerini görmemizi sağlamıştır. Buradaki üçgensel kesitler tasarımın temel amaçlarındandır.

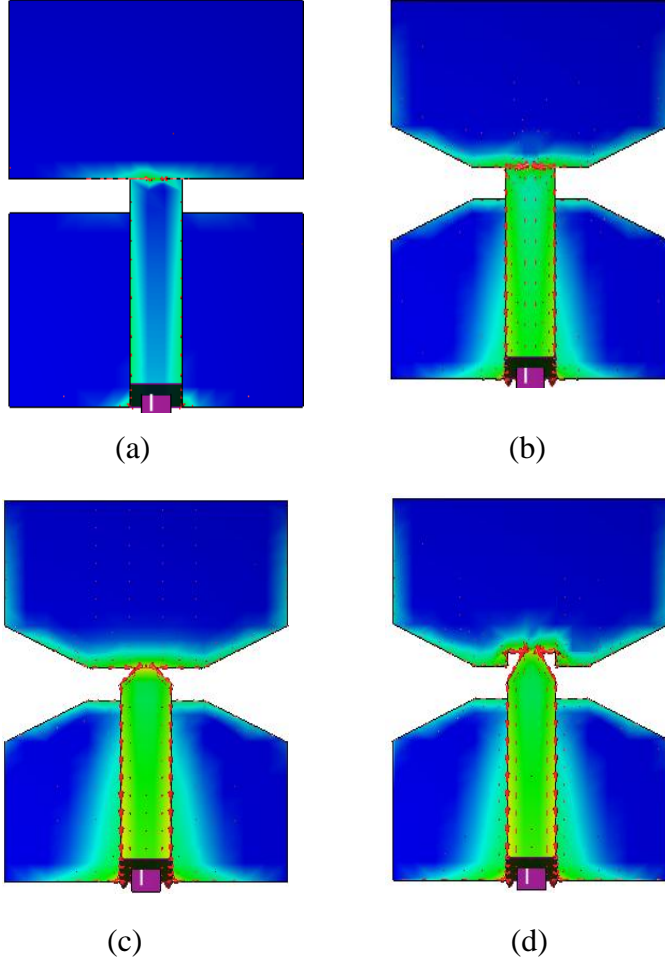


Şekil 4. Şekil 3 de verilen 4 farklı modelin karşılaştırmalı geri dönüş kaybı (S_{11}) grafiği.

2.3. Yüzey akım dağılımı

Şekil 5 de Şekil 3 de tasarımları verilen antenlerin yüzeysel akım dağılımlarını verilmiştir. Model (a) ya ait yüzeysel akım grafiğine bakıldığında besleme hattında az miktarda akım geçtiği ve çok az miktarda ışımının olduğu gözlemlenmiştir. Model (b) ye bakıldığında ise yama hat ve toprak düzlemde yapılan üçgen kesitler sayesinde akımın iletim hattında yoğunlaştığı ve ışımının yama hattın toprak düzleme yakın olduğu kısımlarda yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Bunun yanında yama hattın üst kısımlarında ve yan kısmında ışıma miktarı çok azdır. Model (c) ve Model (d) de yine

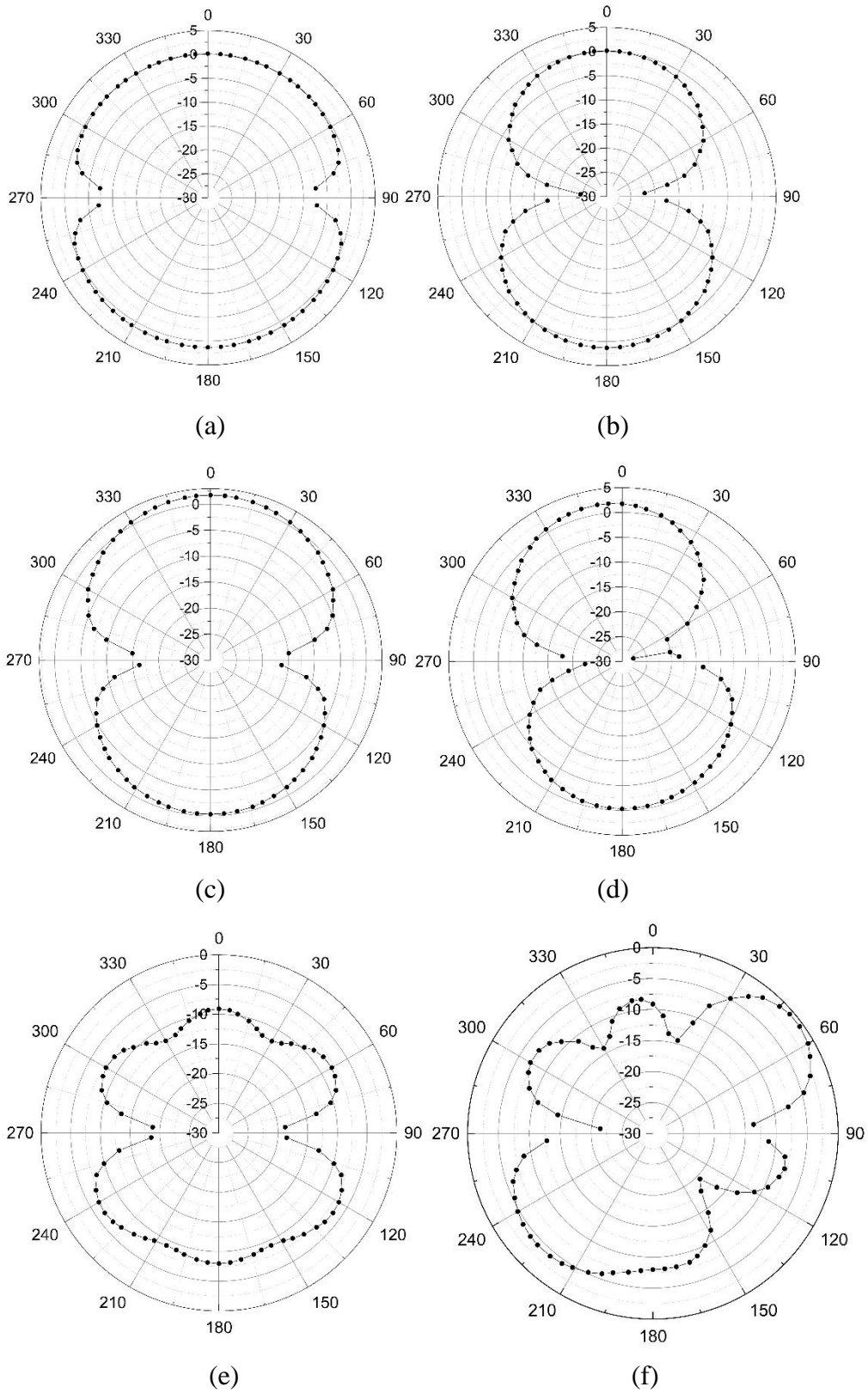
benzer şekilde akım iletim hattı ve yama hattın birleştiği kısımlarda toplanmış olup ışınım iletim hattının uç kısımlarında ve yama hattın toprak kısma yakın olan alt kesimlerinde yoğunlaşmıştır.



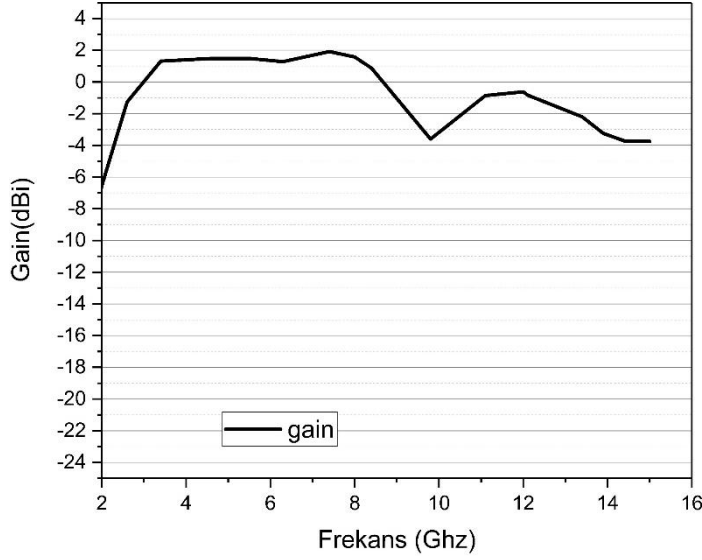
Şekil 5. Modellerin yüzeysel akım grafikleri

2.4. Işınım ve azami kazanç analizi

Tasarlanan antenin 3,4 GHz, 7,4 GHz ve 12 GHz frekanslarındaki 2D kazanç ve ışınım grafikleri Şekil 6'da gösterilmektedir. Maximum kazançlar; 3,4 GHz de 1,31 dBi (x - z ve y - z düzleminde 180°), 7,4 GHz de 1,75 dBi (x - z düzleminde 0°) ve 1,9 dBi (y - z düzleminde 355°), 12 GHz de -6,5 dBi (x - z düzleminde 125° ve 235°) ve -0,7 dBi (y - z düzleminde 55° 'de) olduğu belirlenmiştir.



Şekil 6. Işıma kazanç grafikleri a) 3,4 GHz (y-z düzlemi), b) 3,4 GHz (x-z düzlemi), c) 7,4 GHz (y-z düzlemi), d) 7,4 GHz (x-z düzlemi), e) 12 GHz (y-z düzlemi), f) 12 GHz (x-z düzlemi)



Şekil 7. Nihai antenin azami kazanç (dBi) grafiği

Tasarlanan ideal antenin kazanç grafiği Şekil 7 de verilmiştir. Bu grafiğe göre 1-15 GHz aralığında kazanç durumu belirlenmiş olup -20 ile 1,92 dBi arasında değişmektedir. En yüksek kazanç 7,4 GHz bandında 1,92 dBi olarak gözlemlenmiştir.

3. Sonuç

Bu çalışmada 3,1 ve 14,1 GHz frekans aralığında çalışan ultra geniş bant (UGB) bir antenin tasarımı sunulmuştur. $17 \times 26 \text{ mm}^2$ bir alana sahip oldukça küçük bir anten elde edilmiştir. Empedans uyumunu yükseltmek amacıyla iletim hattının uç kısmı 3 mm'den 1 mm'ye kademeli olarak azaltılmıştır. Yama hattında ve toprak düzlem üzerinde yapılan üçgensel kesitler sayesinde S_{11} parametresinin -10 dB'nin daha da aşağı seviyelerine düştüğü gözlemlenmiştir. Yine uyumlandırma hattının yama hat ile birleştiği kısımda 1mm uzunluğundaki üçgen açıklıklı kesitler S_{11} parametresindeki değerleri 3,7 GHz'de -35,5 dB, 7,5 GHz'de -58 dB ve 12 GHz'de -40 dB seviyelerine kadar indirmiştir. Sonuç olarak tasarlanan anten Amerika Birleşik Devletleri ulusal haberleşme komisyonu (FCC) tarafından açıklanan 3,1-10,6 GHz ultra geniş bant aralığından daha geniş bir bant aralığı sunmuştur.

Kaynaklar

[1] Balanis, Constantine A. Antenna theory: Analysis and design. John wiley & sons, 2016.

- [2] James, James R., and Peter S. Hall, eds. Handbook of microstrip antennas. Vol. 1. IET, 1989
- [3] Wong, Kin-Lu. Compact and broadband microstrip antennas. Vol. 168. John Wiley & Sons, 2004.
- [4] Kumar, Girish, and Kamala Prasan Ray. Broadband microstrip antennas. Artech house, 2003.
- [5] Galvan-Tejada, Giselle M., Marco Antonio Peyrot-Solis, and Hildeberto Jardón Aguilar. Ultra wideband antennas: design, methodologies, and performance. CRC Press, 2015.
- [6] FCC 02-48. Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems, FCC, 98-153, Washington. 2002.
- [7] Choi, Seok H., et al. "A new ultra-wideband antenna for UWB applications." Microwave and optical technology letters 40:5 (2004): 399-401.
- [8] Jung, Jihak, Wooyoung Choi, and Jaehoon Choi. "A small wideband microstrip-fed monopole antenna." IEEE microwave and wireless components letters 15:10 (2005): 703-705.
- [9] Toktas, Abdurrahim, and Ali Akdagli. "Compact multiple-input multiple-output antenna with low correlation for ultra-wide-band applications." IET Microwaves, Antennas & Propagation 9:8 (2015): 822-829.
- [10] Toktas, Abdurrahim, and Mehmet Yerlikaya. "A compact reconfigurable ultra-wideband G-shaped printed antenna with band-notched characteristic." Microwave and Optical Technology Letters 61:1 (2019): 245-250.