



# 5G/C/X Bant Uygulamaları için Altı Bantlı Anten Tasarımı

## A Hexaband Antenna Design for 5G/C/X Band Applications

Elif Merve Küçüköner<sup>1,2</sup>, Evren Ekmekçi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Süleyman Demirel Üniversitesi  
elifkucukoner@sdu.edu.tr, evrenekmekci@sdu.edu.tr

<sup>2</sup>Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü  
Süleyman Demirel Üniversitesi

### Özet

*Bu çalışmada, 5G, C ve X bant uygulamaları için tek beslemeli çok bantlı bir mikroşerit anten yapısı sunulmaktadır. Anten E, M ve K harfleri ile biçimlendirildiğinden antene EMK anteni adı verilmiştir. Önerilen anten yeni bir geometriye sahiptir ve mikroşerit hatlardan oluşmaktadır. Tasarımlar ve benzetimler CST Studio Suite, tam dalga elektromanyetik çözücüsü, ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bir dizi parametrik analiz yapılarak yansıma katsayısının genliği ve frekans bakımından uygun olan yapı sunulmuştur. Sunulan anten, 6 GHz altı 5G uygulamaları için kullanılmak üzere 3,662 GHz, C bantta 6,203 GHz, 7,05 GHz ve 7,82 GHz, X bantta ise 8,26 GHz ve 9,107 GHz çalışma frekanslarına sahiptir. Antenin kazancı bu frekanslarda sırasıyla 6,121, 9,602, 8,023, 6,469, 10,61, 9,449 dBi değerlerine sahiptir.*

### Abstract

*In this study, a single feed multiband microstrip antenna structure for 5G, C- and X-band applications is presented. Since the antenna is formed by the letters E, M, and K, the antenna is called the EMK antenna. The proposed antenna has a new geometry and consists of microstrip lines. CST Studio Suite, full wave electromagnetic solver, is used for designs and numerical calculations. In this study, a series of parametric analyzes are performed and the suitable structure in terms of amplitude of the reflection coefficient and frequency is presented. The proposed antenna has operating frequencies of 3.662 GHz to be used for sub-6 GHz 5G applications, 6.203 GHz, 7.05 GHz, and 7.82 GHz to be used for C Band, 8.26 GHz and 9.107 GHz in X band. At these frequencies the gain of the antenna has 6,121, 9,602, 8,023, 6,469, 10,61, 9,449 dBi values, respectively.*

### 1. Giriş

Kablosuz cihazların sayılarının artması ile literatürde farklı çalışma bantlarını içeren çok bantlı düzlemsel anten tasarımları önem kazanmıştır [1-16]. Bu kapsamda WLAN [2-11, 14, 16], WiMAX [3, 4, 8, 9, 12-14, 16], WiFi [12], 4G/LTE [5, 7-11, 14, 15], ISM [6, 8, 13], GPS [7], GSM [9], bluetooth [6], X bant uydu [2-4, 9, 12], radyo [3, 7, 12], navigasyon [5-7, 9, 11, 12], radar [12, 16] ve 5G [5-15] uygulamaları için uygun bantlarda çalışan çok bantlı anten çalışmaları mevcuttur.

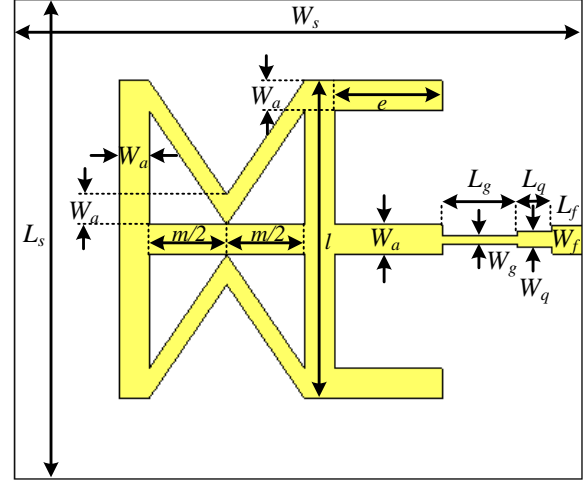
Literatürde yapılan çalışmalardan bazı örneklere yakından bakılacak olursa: Zhi vd. çalışmalarında, FR4 alttaş kullanarak WLAN ve X-bandı uydu iletişim uygulamaları için iki adet yay şeklinde şeritten, çift ters çevrilmiş L şeklinde parazit saplamalardan ve kısmi bir yer düzleminde oluşan üç bantlı bir anten sunmaktadırlar [2]. Khan vd. çalışmalarında, ışımada görev alan yama uzunluğu PIN diyot ile kontrol edilebilir, sedir biçimli bir anten yapısı önermişlerdir. Tasarım, PIN diyot durumuna göre 3, 4 ya da 5 bantlı olarak çalışabilmektedir. Önerilen yapı WLAN, WiMAX, uzun mesafeli radyo ve X-bant uydu iletişimi için kullanılabilir çok bantlı bir anten niteliğindedir [3]. Bag vd. çalışmalarında, I şekilli rezonans şeritlerinin her biri ayrı bir frekansı oluşturacak şekilde, WiMAX, WLAN ve X bant uydu iletişimi bantlarını ve uygulamalarını kapsayan, dört bantlı monopol bir anten tasarlamışlardır [4]. Yu vd. sundukları çalışmalarında, 2G/3G/4G/5G/WLAN ve navigasyon uygulamaları için dört bantlı düzlemsel monopol anten tasarımı gerçekleştirmişlerdir [5]. Yu vd. çalışmalarında, klasik bir pencere ızgarasının çapraz yapısını temel alarak ve bu yapıya çeşitli zikzak dallar ekleyerek çeşitli navigasyon sistemlerini, bluetooth, WLAN, ISM ve 5G bantlarını kapsayabilen altı bantlı bir anten yapısı önermişlerdir [6]. Abdalrazik vd. çalışmalarında, yakınlık bağlaşımı ile beslenmiş, yama düzlemine kazınmış ve döndürülmüş S şekilli altı bantlı anten yapısını, 5G, GPS L5, GPS L1, WLAN, IEEE 802.11b/g/n, LTE ve radyo navigasyon uygulamaları için önermişlerdir [7]. Sarkar vd. çalışmalarında, 4G, LTE, ISM, WiMAX, WLAN ve 6 GHz altı 5G spektrumunu kapsayan kablosuz uygulamalar için dört bantlı, 45° eğik ve doğrusal yarıklar içeren bir dikdörtgen yama anten tasarımı gerçekleştirmişlerdir [8]. Alam vd. çalışmalarında, GSM, WLAN, LTE, WiMAX, 6 GHz altı 5G bantı, navigasyon ve uydu uygulamaları için yedi bantlı, endüktif toprak düzlemine sahip, yarıklarla yüklenmiş giyilebilir yama anten tasarımı sunmuşlardır [9]. Nallapaneni ve Muthusamy çalışmalarında, 5G, LTE, WLAN uygulamaları için parazitik elemanlarla yüklenmiş üç bantlı bir fraktal anten tasarlamışlardır. Önerilen anten, üst kenarında bir açıklık bulunan iç içe üç adet altıgen açık döngü halkadan, parazitik yüklemelerden ve merkezde küçük bir altıgen ışıma elemanından oluşmuştur. Tasarım bir mikroşerit hat ile beslenmiştir [10]. Yu vd. çalışmalarında, Koch Snowflake ve Sierpinski Carpet yapılarını birleştirerek fraktal, altı bantlı bir anten yapısını 2G/3G/4G/5G/WLAN ve navigasyon uygulamaları için önermişlerdir [11]. Faouri vd.

çalışmalarında, kıvrımlı kollara sahip, papyon şeklinde yedi bantlı, S, C, X bantlarını içeren WiMAX, WiFi, radar uygulamaları, uydu iletişimi, karasal geniş bant uygulamaları, amatör radyo sistemleri ve 5G uygulamaları için bir mikroşerit anten tasarımı yapmışlardır [12]. Li vd. çalışmalarında, 6 GHz altı 5G, ISM ve WiMAX bantlarında giyilebilir vücut alan ağları kapsamında dairesel yama üzerinde eliptik ve C şekilli yarıklar içeren dört bantlı giyilebilir anten yapısı sunmuşlardır [13]. Yassin vd. çalışmalarında, 4G, WLAN, WiMAX ve 5G uygulamalarında kullanılabilir, üç bantlı, Franklin şerit monopol anteni ve dikdörtgen yamadan oluşan bir anten tasarımı yapmışlardır [14]. Hussain vd. çalışmalarında, 4G ve 5G kablosuz iletişim için dört adet eş merkezli beşgen yaraktan oluşan ve toprak düzleminde açık uçlu mikroşerit iletim hattı ve güç bölücü yapısı ile beslenen, altı bantlı bir MIMO anten yapısı sunmuşlardır [15]. Gupta vd., çalışmalarında, WLAN, WiMAX ve radar uygulamalarında kullanılmak üzere, FR4 alttaş üzerine üç bantlı, üzerinde simetrik boşluklar bulunan M şekilli yapılardan oluşan bir anten dizisi tasarımı gerçekleştirmişlerdir [16].

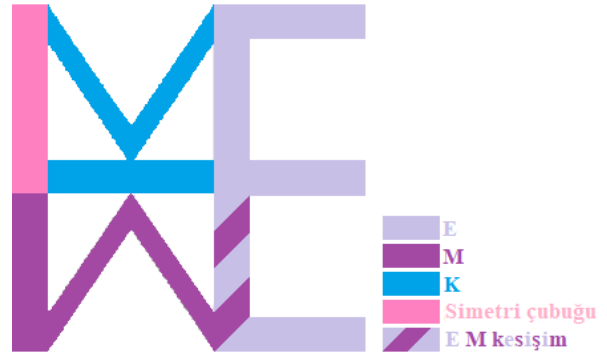
Bu çalışmada 6 GHz altı 5G, uydu ve radar uygulamalarında kullanılmak üzere altı bantlı bir anten yapısı sunulmuştur. Çalışmada alfabeden E, M ve K harflerinin şekillerini içeren bir anten tasarımı yapılmış ve antene EMK Anteni ismi verilmiştir. Literatürde M şekilli [16], E şekilli [17] ve K şekilli [18] antenler mevcut iken, bu üç harfin kombinasyonu ile oluşturulmuş bir antene rastlanmamıştır. Çalışmalara, çok bantlı frekans çalışmasını sağlaması için çok parametrelili E, M ve K şekilli mikroşerit hatlardan ve anten yapısında simetriyi sağlamak üzere bir simetri çubuğundan oluşan tasarım ile başlanmış, ardından parametrik çalışmalar neticesinde hedef frekanslarda yansımaya katsayısı genlikleri ( $|S_{11}|$ ) -10 dB değerinin altında kalma kriteri ile nihai parametre değerleri kullanılarak EMK anteni yapısı elde edilmiştir. Tasarlanan EMK anteni 6 GHz altı 5G uygulamaları için Avrupa'da kullanılması hedeflenen 3,4–3,8 GHz [19] bandı içerisinde yer alan 3,662 GHz merkez frekansına, uydu iletişimi ve radar uygulamalarında [12] kullanılmak üzere 5,85–8,20 GHz C bandı [20] içerisinde yer alan 6,203 GHz, 7,05 GHz ve 7,82 GHz merkez frekanslarına ve 8,20–12,4 GHz X bandında [20] kullanılmak üzere ise 8,26 GHz ve 9,107 GHz merkez frekanslarına sahip 6 bantlı bir antendir. Anten çalışmasının başarımını ortaya koymak için nihai yapının rezonans frekansı ( $f_0$ ), yansımaya katsayısının genliği ( $|S_{11}|$ ), kazancı ( $G$ ) ve akım dağılımları incelenmiştir.

## 2. Anten Tasarımı

Bu çalışmada tasarlanan EMK anteni yapısı, E, M ve K harflerinin şekillerini ve bir adet simetri çubuğu içeren çok parametrelili mikroşerit hatlardan oluşmaktadır. Buna göre, tasarlanmış olan EMK anteni ve besleme hattını içeren düzleme ait şematik görünüm (üstten görünüm) ve tasarım parametreleri Şekil 1(a)'da, anten topolojisinin harf içerikleri ise renklendirilmiş olarak Şekil 1(b)'de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 1: Tasarımı gerçekleştirilen: a) EMK anteni ve besleme hattının şematik görünümü ve tasarım parametreleri, b) EMK anteni topolojisinin harf içerikleri.

Tasarlanan EMK antenin toprak düzlemi için tüm toprak düzlemini kaplayacak şekilde bakır levha kullanılmıştır. Antenin girişine, giriş empedansı ile aynı empedansa sahip bir mikroşerit iletim hattı (hat kalınlığı  $W_g$ ) eklenmiştir. Anten  $50 \Omega$  mikroşerit hat (hat kalınlığı  $W_f$ ) ile beslenmiştir. İletim hattı ile antenin girişindeki hattın empedansı çeyrek dalga dönüştürücü hat (hat kalınlığı  $W_q$ ) ile uyumlandırılmıştır. Antenin 6 GHz altı 5G uygulamaları için de kullanılabilir olmasını sağlamak adına anten yapısını oluşturan hatların kalınlığı ve anten yapısının toplam genişliği değiştirilerek parametrik analizler gerçekleştirilmiştir. EMK anteni ve besleme hattı tasarım parametreleri Çizelge 1'de toplu olarak verilmiştir. Tasarımlarda alttaş olarak  $\epsilon_r = 2,2$  dielektrik sabitli,  $t = 0,035$  mm bakır yükseklikli,  $h = 1,57$  mm dielektrik kalınlıklı ve  $\tan \delta = 0,0009$  dielektrik kayıp tanjantlı Rogers RT/duroid® 5880 kullanılmıştır. Anten benzetimlerinde bakır eleman iletkenlikleri  $5,8 \times 10^7$  S/m olarak alınmıştır. Son olarak anteni sonlandırmak için  $W_f$  genişlikli hat sonunda SMA tipi  $50 \Omega$  öz empedanslı bir konnektör tasarımı yapılarak antene eklenmiş ve anten yapısı benzetimlerde bu SMA konnektör üzerinden beslenmiştir.

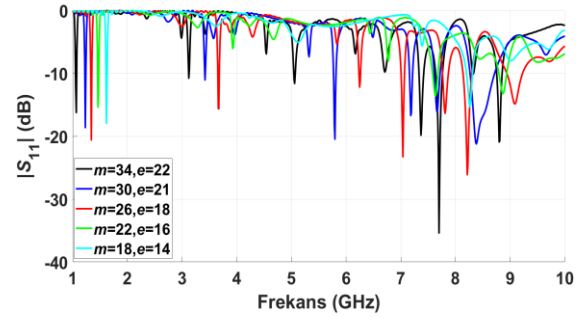
Çizelge 1: Tasarımı gerçekleştirilen EMK antenin ve besleme hattının tasarım parametreleri.

Parametre	Açıklaması	Değer (mm)
$W_s$	Altaş genişliği	94
$L_s$	Altaş boyu	80
$W_a$	Antenin hatlarının genişliği	5
$e$	Antenin sağdaki kolunun uzunluğu	18
$m$	Antenin soldaki kolunun kalınlığı	26
$l$	Antenin dik kollarının uzunluğu	53
$L_g$	Antenin girişindeki hattın uzunluğu	12,5
$W_g$	Antenin girişindeki hattın kalınlığı	1,339
$L_q$	Çeyrek dalga dönüştürücü hattın uzunluğu	5,88
$W_q$	Çeyrek dalga dönüştürücü hattın kalınlığı	2,725
$L_f$	Girişteki iletim hattının uzunluğu	5
$W_f$	Girişteki iletim hattının kalınlığı	4,805

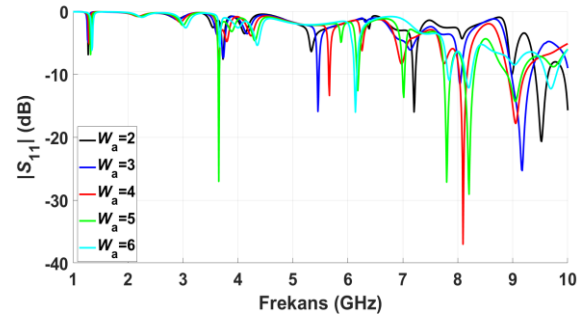
Tasarımlar ve benzetimler için CST Studio Suite® tam dalga elektromanyetik çözücü kullanılmıştır [21]. Hesaplama uzayı açık-ekle (open-add) sınır değer koşulları ile sonlandırılmıştır. Hesaplamalar frekans bölgesi çözümleyicisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 3. Benzetim Sonuçları

Öncelikle mikroserit yollardan oluşan ve Şekil 1’de verilen topolojiye dayanan EMK antenin  $e$  ve  $m$  parametreleri değiştirilerek frekansa bağlı  $|S_{11}|$  parametresi gözlemlenmiştir. Tasarım çalışmalarında  $e$  parametresi 12-24 mm arasında ve  $m$  parametresi ise 14-38 mm arasında 1 mm adım aralıkları ile sistematik olarak değiştirilmiştir. Yapılan parametrik analizden örnekler Şekil 2’de sunulmuştur. EMK anteni yapısının en düşük frekansının 6 GHz altı 5G bandında olması hedef alındığından yapılan parametrik analizler sonucunda  $m = 26$  mm ve  $e = 18$  mm değerlerinin uygun olduğuna karar verilmiştir. Ardından  $m = 26$  mm ve  $e = 18$  mm olan yapı seçilerek analizlere devam edilmiştir. Seçilen yapının hat kalınlığı olan  $W_a$  değeri 1-10 mm arasında 1 mm adım aralıkları ile parametrik olarak analiz edilerek ilgili frekansta en iyi  $|S_{11}|$  değerine sahip olan yapı detaylı olarak analiz edilmiştir. Yapılan parametrik analizlerin sonuçlarından örnekler Şekil 3’te verilmiştir. Şekil 3’te de görüldüğü üzere  $W_a = 5$  mm değeri için 3,662 GHz frekansında  $|S_{11}|$  en düşük seviyede elde edilmiştir.

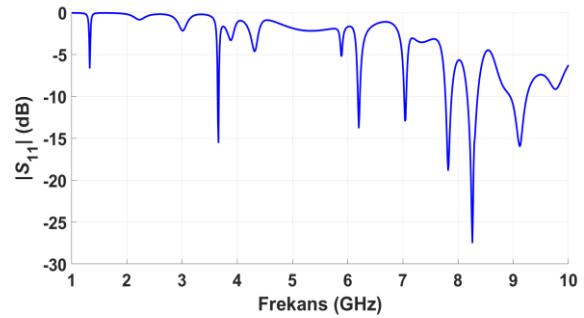


Şekil 2: Farklı  $m$  ve  $e$  değerleri için  $|S_{11}|$  grafikleri. Tüm değerler mm cinsindedir.



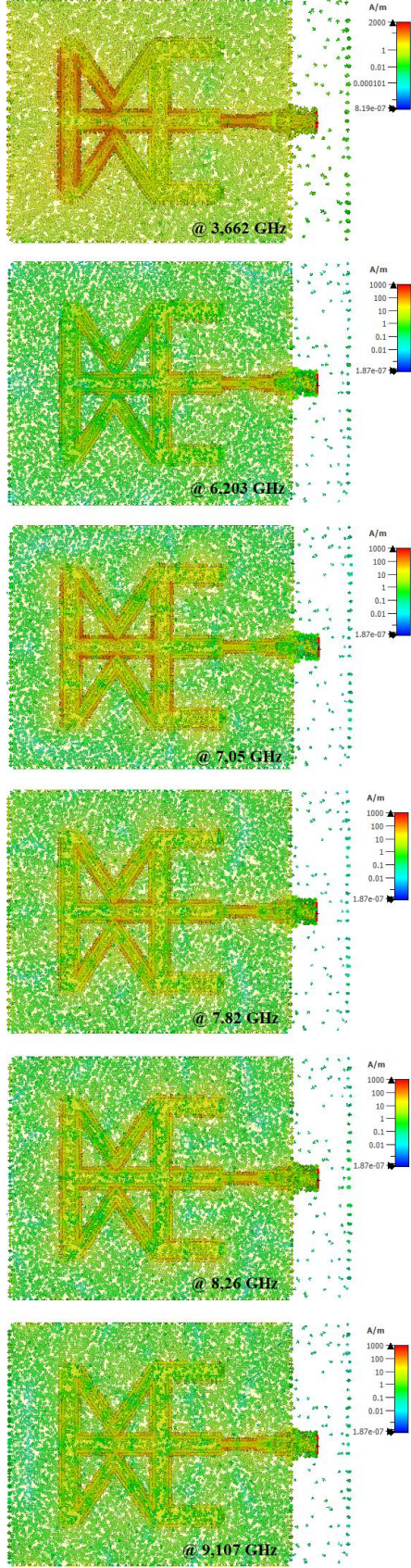
Şekil 3: Farklı  $W_a$  değerleri için  $|S_{11}|$  grafikleri. Tüm değerler mm cinsindedir.

Nihai tasarımda  $m = 26$  mm,  $e = 18$  mm ve  $W_a = 5$  mm değerlerine sahip olan EMK anteni detaylı olarak analiz edilmek üzere çalışılmış ve yapılan benzetimler sonucunda elde edilen  $|S_{11}|$  grafiği Şekil 4’te verilmiştir. Şekil 4’te görüldüğü üzere EMK antenin sırasıyla 3,662 GHz, 6,203 GHz, 7,05 GHz, 7,82 GHz, 8,26 GHz ve 9,107 GHz değerlerinde rezonansa geldiği tespit edilmiştir.



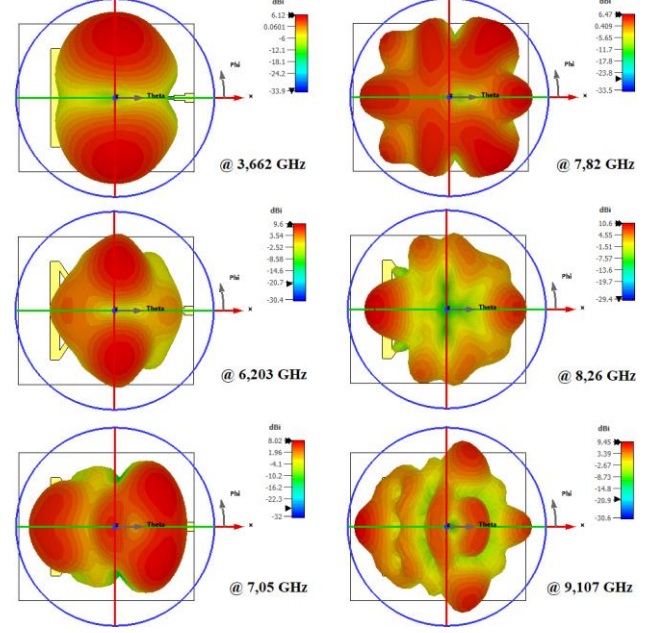
Şekil 4: EMK antenin  $|S_{11}|$  grafiği.

Önerilen EMK antenin nümerik olarak hesaplanan kazanç değerleri çalışma frekanslarında sırasıyla 6,121, 9,602, 8,023, 6,469, 10,61, 9,449 dBi değerlerine sahiptir. Bununla birlikte antenin her bir merkez frekansındaki yüzey akım dağılımları Şekil 5’te verilmiştir. Şekilden, akım dağılımının yapının kenar ve köşe kısımlarında yoğunlaştığı görülmektedir. Akım dağılım yoğunluklarının çalışma frekanslarına göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Bu durum farklı çalışma frekanslarda antenin farklı bölgelerinin aktif olduğunu göstermektedir.



Şekil 5: Önerilen antenin merkez frekanslarındaki yüzey akım dağılımları.

Son olarak EMK antenin kazanç ışıma örüntüleri altı bandın her biri için Şekil 6'da sunulmuştur. Anten yapısı yanıl orta hat boyunca simetrik olduğundan ışıma örüntüsü de aynı şekilde simetrik olarak elde edilmiştir. Anten tasarımının çoklu hüzmeye yapısı uygulamaları için uygun olduğu grafiklerden görülmektedir.



Şekil 6: EMK antenin kazanç cinsinden ışıma örüntüleri.

#### 4. Tartışma

Bu çalışmada yeni bir topolojik tasarım ile 5G, X ve C bantlarında çalışan, çok bantlı bir mikroşerit düzlemsel anten özelliğine sahip EMK anteni sunulmuştur. Antenin boyutlarında parametrik analizler yapılarak rezonans frekansları,  $|S_{11}|$  spektrumu, nihai tasarım için rezonans frekanslarındaki kazanç değerleri, rezonans frekanslarındaki yüzey akım dağılımları ve ışıma örüntüleri incelenmiştir. Nihai tasarımda EMK antenin merkez frekansları; 6 GHz altı 5G uygulamalarında kullanılmak üzere 3,662 GHz, uydul iletişimi ve radar uygulamalarında kullanılmak üzere C bantta 6,203 GHz, 7,05 GHz ve 7,82 GHz, X bantta ise 8,26 GHz ve 9,107 GHz değerlerine sahiptir. Belirtilen merkez frekanslarındaki kazanç değerleri benzetim ortamında sırasıyla 6,121, 9,602, 8,023, 6,469, 10,61, 9,449 dBi olarak elde edilmiştir. EMK antenin 5G/C/X bant kablosuz iletişim uygulamalarında kullanım için uygun kazanç değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Gelecekte, yapının bant genişliğini arttırmaya yönelik çalışmalar, üretim ve ölçümler yapılması planlanmaktadır.

#### 5. Kaynaklar

- [1] Ramahatla, K., Mosalaosi, M., Yahya, A., Basutli, B., "Multiband Reconfigurable Antennas for 5G Wireless and CubeSat Applications: A Review", IEEE Access, 10, 40910-40931, 2022.
- [2] Zhi, R., Han, M., Bai, J., Wu, W., Liu, G., "Miniature Multiband Antenna for WLAN and X-Band Satellite

- Communication Applications”, *Progress In Electromagnetics Research Letters*, 75, 13-18, 2018.
- [3] Khan, T., Rahman, M., Akram, A., Amin, Y., Tenhunen, H., “A Low-Cost CPW-Fed Multiband Frequency Reconfigurable Antenna for Wireless Applications”, *Electronics*, 8(8), 900, 2019.
- [4] Bag, B., Biswas, P., Mondal, R., Biswas, S., Sarkar, P. P., “Circularly Polarized Quad-band Monopole Antenna of Wireless Communication System”, *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 29(9), e21818, 2019.
- [5] Yu, Z., Lin, Z., Ran, X., Li, Y., Liang, B., Wang, X., “A Novel “回”Plane Structure Multiband Microstrip Antenna for 2G/3G/4G/5G/WLAN/Navigation Applications”, *International Journal of Antennas and Propagation*, 2021, 5567417, 2021.
- [6] Yu, Z., Li, Y., Lin, Z., Ran, X., “Design of Window Grille Shape-Based Multiband Antenna for Mobile Terminals”, *International Journal of Antennas and Propagation*, 2021, 6684959, 2021.
- [7] Abdalrazik, A., Gomaa, A., Kishk, A. A., “A Hexaband Quad-Circular-Polarization Slotted Patch Antenna for 5G, GPS, WLAN, LTE, and Radio Navigation Applications”, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 20(8), 1438-1442, 2021.
- [8] Sarkar, T., Ghosh, A., Chakraborty, S., Singh, L. L. K., Chattopadhyay, S., “Employment of Mixed Mode in Single-layer Microstrip Antenna for ISM/WiMAX/WLAN/4G/Sub 6GHz 5G Mobile Communication”, *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 34(7), 907-925, 2020.
- [9] Alam, M., Siddique, M., Kanaujia, B. K., Beg, M. T., Kumar, S., Rambabu, K., “Meta-surface Enabled Heptaband Compact Antenna for Wearable Applications”, *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, 13(13), 2372-2379, 2019.
- [10] Nallapaneni, S., Muthusamy, P., “Design of Multiband Fractal Antenna Loaded with Parasitic Elements for Gain Enhancement”, *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 31(6), e22622, 2021.
- [11] Yu, Z., Yu, J., Ran, X., Zhu, C., “A Novel Koch and Sierpinski Combined Fractal Antenna for 2G/3G/4G/5G/WLAN/Navigation Applications”, *Microwave and Optical Technology Letters*, 59(9), 2147–2155, 2017.
- [12] Faouri, Y. S., Ahmad, S., Parchin, N. O., See, C. H., Abd-Alhameed, R., “A Novel Meander Bowtie-Shaped Antenna with Multi-Resonant and Rejection Bands for Modern 5G Communications”, *Electronics*, 11(5), 821, 2022.
- [13] Li, H., Du, J., Yang, X.-X., Gao, S., “Low-Profile All-Textile Multiband Microstrip Circular Patch Antenna for WBAN Applications”, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 21(4), 779-783, 2022.
- [14] Yassin, M. E., Mohamed, H. A., Abdallah, E. A. F., El-Hennawy, H. S., “Single-fed 4G/5G Multiband 2.4/5.5/28 GHz Antenna”, *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, 13(3), 286-290, 2019.
- [15] Hussain, R., Abou-Khousa, M., Iqbal, N., Algarni, A., Alhuwaimel, S. I., Zerguine, A., Sharawi, M. S., “A Multiband Shared Aperture MIMO Antenna for Millimeter-Wave and Sub-6GHz 5G Applications”, *Sensors*, 22(5), 1808, 2022.
- [16] Gupta, A., Choudhary, V., Tripathy, M. R., “An M-Shaped Microstrip Antenna Array for WLAN, WiMAX and Radar Applications”, In: Sa, P., Sahoo, M., Murugappan, M., Wu, Y., Majhi, B. (eds) *Progress in Intelligent Computing Techniques: Theory, Practice, and Applications. Advances in Intelligent Systems and Computing*, cilt 719, s. 509-515, Springer, Singapur, 2018.
- [17] Yang, F., Zang X.-X., Ye, X., Rahmat-Samii, Y., “Wide-Band E-Shaped Patch Antennas for Wireless Communications”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 49(7), 1094-1100, 2001.
- [18] Keshwala, U., Rawat, S., Ray, K., “Inverted K-Shaped Antenna with Partial Ground for THz Applications”, *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 219, 165092, 2020.
- [19] Radio Spectrum Policy Group, “Strategic Spectrum Roadmap towards 5G for Europe”, RSPG Second Opinion on 5G Networks, Brüksel, 30 Ocak 2018, RSPG18-005 FINAL.
- [20] Pozar, D. M., *Microwave Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2011.
- [21] CST STUDIO SUITE®, Dassault Systèmes, the 3DEXPERIENCE® Company. [www.3ds.com/products-services/simulia/products/cst-studio-suite/](http://www.3ds.com/products-services/simulia/products/cst-studio-suite/)