

**T.C**  
**HALIÇ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**GENİŞBANDLI MİKROŞERİT YAMA ANTEN**  
**TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hazırlayan**  
**Derya ARICAN**

**Danışman**  
**Yrd.Doç.Dr.Taha İMECİ**

**İstanbul -- 2012**

**T.C.**  
**HALIÇ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Programı Tezli Yüksek Lisans öğrencisi **Derya ARICAN** tarafından hazırlanan “**Geniş Bandlı Mikroşerit Yama Anten Tasarımı**” adlı bu çalışma jürimizce Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Tarihi :11.07.2012

( Jüri Üyesinin Ünvanı , Adı , Soyadı ve Kurumu ) :

İmzası :

Jüri Üyesi: Yrd.Doç.Dr.Taha İMECİ  
Dan.- İst.Tic.Üniv. Öğr.Üyesi

.....  


Jüri Üyesi : Prof.Dr.C.Cengiz ARCASOY  
HAL.Üniv. Elektrik-Elektronik Müh. ABD Öğr.Üyesi

.....  


Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Hamid TORPİ  
Yıldız Teknik Üniv. Öğr.Üyesi

.....  


Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Soner ÖZGÜNEL  
HAL.Üniv.Elektrik-Elek.Müh. ABD Öğr.Üyesi (Yedek)

.....

Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Oğuz KARAN  
HAL.Üniv.Bilg.Müh. ABD Öğr.Üyesi (Yedek)

.....

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmamın tamamlanması süresince çalışmamı takip eden, gösterdiği sabır ve hoşgörüsü bana destek olan tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Taha İmeci'ye çok teşekkür ederim. Tez çalışmam boyunca bana yardımcı olan tüm yol arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak eğitim hayatım boyunca bana destek olan ve verdiğim her kararın arkasında durarak beni bu günlere getiren sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

İstanbul, 2012

Derya ARICAN

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No.
<b>KISALTMALAR</b> .....	III
<b>ŞEKİLLER</b> .....	IV
<b>TABLolar</b> .....	VII
<b>ÖZET</b> .....	VIII
<b>SUMMARY</b> .....	IX
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ELEKTROMANYETİK MODEL</b> .....	3
<b>3. VEKTÖR İNCELENMESİ</b> .....	4
<b>4. DURAĞAN ELEKTRİK ALANLAR</b> .....	5
<b>5. KARARLI ELEKTRİK AKIMLARI</b> .....	6
<b>6. ANTENLER VE MİKROŞERİT YAMA ANTENLERİN ÖZELLİKLERİ</b> ....	7
6.1 Anten Nedir? .....	7
6.2 Antenlerin Rollerine Göre Sınıflandırılması .....	8
6.2.1 Tek merkez frekanslı veri iletimi .....	8
6.2.1.1. Tek merkez frekanslı tek yönlü veri iletimi .....	8
6.2.1.2. Tek merkez frekanslı çift yönlü veri iletimi .....	9
6.2.2. İki merkez frekans üzerinden veri iletimi .....	9
6.2.2.1 Çift merkez frekanslı beklemeli veri iletimi .....	9
6.2.2.2. Çift merkez frekanslı bağımsız veri iletimi .....	10
6.2.2.3. Çift Merkez Frekanslı Beklemesiz Veri İletimi .....	10
6.3 Bir Anteni Tanımlayan Karakteristik Özellikler .....	11
6.3.1. Bir Devre Elemanı Olarak Anten .....	11
6.3.2. Anten parametreleri .....	13
6.3.2.1. Anten polarizasyonu .....	14
6.3.2.2. Etkin anten uzunluğu .....	14
6.3.2.3. Anten ışıma faktörü .....	14
6.3.2.4. Işıma güç yoğunluğu .....	15
6.3.2.5. Işıma şiddeti yoğunluğu .....	15
6.3.2.6. Yönlendiricilik kazancı .....	15
6.3.2.7. Yönlendiricilik .....	16
6.3.2.8. Güç kazancı .....	16
6.3.2.9. Gerçekleştirilmiş güç kazancı .....	16
6.3.2.10. Anten ışıma direnci .....	17
6.3.2.11. Anten güç verimliliği .....	17
6.3.2.12. Gerçekleştirilmiş anten güç verimliliği .....	17
6.3.2.13. Etkin anten açıklığı .....	18
6.3.2.14. Maksimum etkin anten açıklığı .....	18
6.3.2.15. Anten yansıma katsayısı .....	18
6.3.2.16. Anten gerilim duran dalga oranı .....	19
6.3.2.17. Geri dönüş kaybı .....	19
6.3.2.18. Frekans band genişliği .....	20

6.3.2.19. Açısal ışıma açıklığı .....	20
6.3.2.20. Kayıp faktörü .....	21
6.4. Bir Elektromanyetik Dalganın Yayınlanacağı Haller .....	21
6.5. Anten tipleri .....	23
6.5.1. Tel antenler .....	23
6.5.1.1. Doğrusal tel antenler .....	23
6.5.1.2. Eğrisel tel antenler .....	24
6.5.2. Yardım alan antenler .....	24
6.5.3. Mikroşerit Antenler .....	25
6.5.3.1 Mikroşerit besleme .....	31
6.5.3.2. Koaksiyel prob ile besleme .....	33
6.5.3.3. Açıklık kuplajı .....	33
6.5.3.4. Yakınlık kuplajı .....	34
6.5.4. Dizi antenler .....	35
<b>7. MİKROŞERİT YAMA ANTEN TASARIMI .....</b>	<b>35</b>
<b>8. SONUÇLAR .....</b>	<b>83</b>
<b>9. KAYNAKLAR .....</b>	<b>85</b>
<b>10. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>86</b>

## KISALTMALAR

<b>MoM</b>	: Moment yöntemi
<b>TLM</b>	: İletim hattı matrisi
<b>FDTD</b>	: Sonlu farklı zaman düzlemi
<b>MIC</b>	: Mikrodalga tümleşik devreler
<b>DDO</b>	: Duran dalga oranı
<b>RL</b>	: Geri dönüş kaybı
<b>RP</b>	: Işınım diyagramı
<b>HPBW</b>	: Yarım güç ışıma genişliği
<b>CPW</b>	: Düzlemsel dalga klavuzu
<b>Non-TEM</b>	: Enine Elektromagnetik

## ŞEKİLLER

### Sayfa No.

Şekil 6.1. Bir Anten Devresi .....	5
Şekil 6.2. Tek merkez frekanslı tek yönlü iletimde antenin rolü .....	6
Şekil 6.3. Tek merkez frekanslı çift yönlü iletimde antenin rolü .....	6
Şekil 6.4. Çift merkez frekanslı beklemeli veri iletiminde antenin rolü.....	6
Şekil 6.5. Çift Merkez frekanslı beklemeli veri iletiminde antenin rolü .....	7
Şekil 6.6. Çift merkez frekanslı beklemesiz veri iletiminde antenin rolü.....	7
Şekil 6.7. Alıcı antenin devre eşdeğeri .....	8
Şekil 6.8. Verici antenin devre eşdeğeri .....	9
Şekil 6.9. Sembolik bir anten $\hat{V}$ hacmine yayılmış vaziyette, $r$ gözlem noktası .....	19
Şekil 6.10. Mikroşerit yama anten yapısı.....	22
Şekil 6.11. Mikroşerit yama antenlerde kullanılan temel yama şekilleri.....	23
Şekil 6.12. Dikdörtgen Yama Anten .....	25
Şekil 6.13. Işıyan Yama Anten.....	25
Şekil 6.14. Mikroşerit Antenin Transmisyon Hat Modeli .....	26
Şekil 6.15. Yama Üzerindeki Gerilim, Akım ve Empedans Değişimleri .....	27
Şekil 6.16. Bağlantılı besleme yöntemleri .....	28
Şekil 6.17. Mikroşerit yama antenlerde ışıyan kenarda mikroşerit besleme eşdeğer devresi .....	29
Şekil 6.18. Mikroşerit yama antenlerde rezonatör bağlaşımlı mikroşerit besleme eşdeğer devresi .....	29
Şekil 6.19. Mikroşerit yama antenlerde ışıyan kenarda gömme mikroşerit besleme eşdeğer devresi .....	29
Şekil 6.20. Mikroşerit yama antenlerde ışımayan kenarda mikroşerit besleme eşdeğer devresi .....	29
Şekil 6.21. Açıklı kuplajlı besleme.....	31
Şekil 6.22. Bağlantısız besleme yöntemleri .....	32
Şekil 6.23. Mikroşerit yama antenlerde yakınlık bağlaşımlı mikroşerit besleme eşdeğer devresi .....	35
Şekil 7.1. Mikroşerit Antenin Üstten Görünümü .....	33
Şekil 7.2. Mikroşerit Yama Antende Geri Dönüş Kaybı.....	33
Şekil 7.3. Mikroşerit Yama Antenin Giriş Empedans Gerçel Kısmı .....	34
Şekil 7.4. Mikroşerit Yama Antenin Giriş Empedans İmajiner Kısmı.....	34
Şekil 7.5. Mikroşerit Yama Antenin Uzak Alan Radyasyon Paterni .....	35
Şekil 7.6. Tasarım1'in Üstten Görünümü .....	36
Şekil 7.7. Tasarım 1'in Geri Dönüş Kaybı .....	36
Şekil 7.8. Tasarım 1'in Giriş Empedans Gerçel Kısmı .....	37
Şekil 7.9. Tasarım 1'in Giriş Empedans İmajiner Kısmı .....	37
Şekil 7.10. Tasarım 1'in 7GHz'de Akım Dağılımı .....	37
Şekil 7.11. Tasarım 1'in Uzak Alan Radyasyon Paterni .....	38
Şekil 7.12. Tasarım 2'nin Üstten Görünümü .....	39
Şekil 7.13. Tasarım 2'nin Geri Dönüş Kaybı .....	39

<b>Şekil 7.14.</b> Tasarım 2'nin Giriş Empedans Gerçel Kısmı .....	40
<b>Şekil 7.15.</b> Tasarım 2'nin Giriş Empedans İmajiner Kısmı .....	40
<b>Şekil 7.16.</b> Tasarım 2'nin Akım Dağılımı .....	41
<b>Şekil 7.17.</b> Tasarım 2'nin Uzak Alan Radyasyon Paterni .....	41
<b>Şekil 7.18.</b> Tasarım 3'ün Üstten Görünümü .....	42
<b>Şekil 7.19.</b> Tasarım 3'ün Geri Dönüş Kaybı .....	42
<b>Şekil 7.20.</b> Tasarım 3'ün Giriş Empedans Gerçel Kısmı .....	43
<b>Şekil 7.21.</b> Tasarım 3'ün Giriş Empedansının İmajiner Kısmı .....	43
<b>Şekil 7.22.</b> Tasarım 3'ün Akım Dağılımı .....	43
<b>Şekil 7.23.</b> Tasarım 3'ün Uzak Alan Radyasyon Paterni .....	44
<b>Şekil 7.24.</b> Tasarım 4'ün Üstten Görünümü .....	45
<b>Şekil 7.25.</b> Tasarım 4'ün Geri Dönüş Kaybı .....	45
<b>Şekil 7.26.</b> Tasarım 4'ün Giriş Empedans Gerçel Kısmı .....	46
<b>Şekil 7.27.</b> Tasarım 4'ün Giriş Empedansının İmajiner Kısmı .....	46
<b>Şekil 7.28.</b> Tasarım 4'ün 6.88GHz'de Akım Dağılımı.....	46
<b>Şekil 7.29.</b> Tasarım 4'ün 7.2GHz'de Akım Dağılımı.....	46
<b>Şekil 7.30.</b> Tasarım 4'ün Uzak Alan Radyasyon Paterni .....	47
<b>Şekil 7.31.</b> Tasarım 5'in Üstten Görünümü .....	48
<b>Şekil 7.32.</b> Tasarım 5'in Geri Dönüş Kaybı .....	48
<b>Şekil 7.33.</b> Tasarım 5'in Giriş Empedans Gerçel Kısmı.....	49
<b>Şekil 7.34.</b> Tasarım 5'in Giriş Empedans İmajiner Kısmı .....	49
<b>Şekil 7.35.</b> 6.6GHz Tasarım 5'in Akım Dağılımı .....	49
<b>Şekil 7.36.</b> 7.06GHz Tasarım 5'in Akım Dağılımı .....	49
<b>Şekil 7.37.</b> 7.06GHz'de Tasarım 5'in Uzak Alan Radyasyon Paterni .....	50
<b>Şekil 7.38.</b> Tasarım 6'nın Üstten Görünümü .....	51
<b>Şekil 7.39.</b> Tasarım 6'nın Geri Dönüş Kaybı .....	52
<b>Şekil 7.40.</b> Tasarım 6'nın Giriş Empedans Gerçel Kısmı .....	52
<b>Şekil 7.41.</b> Tasarım 6'nın Giriş Empedans İmajiner Kısmı .....	52
<b>Şekil 7.42.</b> 6.62GHz Tasarım 6'nın Akım Dağılımı.....	53
<b>Şekil 7.43.</b> 7.32GHz Tasarım 6'nın Akım Dağılımı.....	53
<b>Şekil 7.44.</b> 6.62 GHz ve 7.32 GHz' de Tasarım 6'nın Uzak Alan Radyasyon Paterni .....	53
<b>Şekil 7.45.</b> Tasarım 7'nin Üstten Görünümü .....	54
<b>Şekil 7.46.</b> Tasarım 7'nin Geri Dönüş Kaybı .....	55
<b>Şekil 7.47.</b> Tasarım 7'nin Giriş Empedans Gerçel Kısmı .....	55
<b>Şekil 7.48.</b> Tasarım 7'nin Giriş Empedans İmajiner Kısmı .....	55
<b>Şekil 7.49.</b> 6.64GHz'de Tasarım 7'nin Akım Dağılımı.....	56
<b>Şekil 7.50.</b> 7.38GHz'de Tasarım 7'nin Akım Dağılımı.....	56
<b>Şekil 7.51.</b> 6.64GHz ve 7.38GHz 'de Tasarım 7'nin Uzak Alan Radyasyon Paterni .....	56
<b>Şekil 7.52.</b> Tasarım 8'in Üstten Görünümü .....	57
<b>Şekil 7.53.</b> Tasarım 8'in Anten Boyutları .....	58
<b>Şekil 7.54.</b> Tasarım 8'de Mikroşerit Yama Antenin 3D Görünümü .....	58
<b>Şekil 7.55.</b> Tasarım 8'in Geri Dönüş Kaybı .....	59
<b>Şekil 7.56.</b> Tasarım 8'in Giriş Empedans Gerçel Kısmı .....	59



<b>Şekil 7.57.</b> Tasarım 8'in Giriş Empedans İmajiner Kısmı .....	59
<b>Şekil 7.58.</b> 6.64GHz'de Tasarım 8'in Akım Dağılımı.....	60
<b>Şekil 7.59.</b> 7.38GHz'de Tasarım 8'in Akım Dağılımı.....	60
<b>Şekil 7.60.</b> Tasarım 8'in 6.64GHz ve 7.38GHz'de Uzak Alan Radyasyon Paterni ...	61
<b>Şekil 7.61.</b> Tasarım 9'un Üstten Görünümü .....	62
<b>Şekil 7.62.</b> Tasarım 9'un Geri Dönüş Kaybı .....	62
<b>Şekil 7.63.</b> Tasarım 9'un Giriş Empedans Gerçel Kısmı .....	63
<b>Şekil 7.64.</b> Tasarım 9'un Giriş Empedans İmajiner Kısmı .....	63
<b>Şekil 7.65.</b> 6.66GHz'de Tasarım 9'un Akım Dağılımı.....	64
<b>Şekil 7.66.</b> 7.32GHz'de Tasarım 9'un Akım Dağılımı.....	64
<b>Şekil 7.67.</b> Tasarım 9'un 6.66GHz ve 7.32GHz'de Uzak Alan Radyasyon Paterni .	64
<b>Şekil 7.68.</b> Tasarım 10'un Üstten Görünümü .....	65
<b>Şekil 7.69.</b> Tasarım 10'un Geri Dönüş Kaybı.....	66
<b>Şekil 7.70.</b> Tasarım 10'un Giriş Empedans Gerçel Kısmı.....	66
<b>Şekil 7.71.</b> Tasarım 10'un Giriş Empedans İmajiner Kısmı .....	66
<b>Şekil 7.72.</b> 6.62GHz'de Tasarım 10'un Akım Dağılımı.....	67
<b>Şekil 7.73.</b> 7.34GHz'de Tasarım 10'un Akım Dağılımı.....	67
<b>Şekil 7.74.</b> Tasarım 10'un 6.62GHz ve 7.34GHz'de Uzak Alan Radyasyon Paterni	67
<b>Şekil 7.75.</b> Tasarım 11'in Üstten Görünümü .....	68
<b>Şekil 7.76.</b> Tasarım 11'in Geri Dönüş Kaybı.....	69
<b>Şekil 7.77.</b> Tasarım 11'in Giriş Empedans Gerçel Kısmı.....	69
<b>Şekil 7.78.</b> Tasarım 11'in Giriş Empedans İmajiner Kısmı.....	69
<b>Şekil 7.79.</b> 6.62GHz'de Tasarım 11'in Akım Dağılımı.....	70
<b>Şekil 7.80.</b> 7.34GHz'de Tasarım 11'in Akım Dağılımı.....	70
<b>Şekil 7.81.</b> Tasarım 11'in Uzak Alan Radyasyon Paterni .....	70
<b>Şekil 7.82.</b> Tasarım 12'nin üstten görünümü .....	71
<b>Şekil 7.83.</b> Tasarım 12'nin Geri Dönüş Kaybı.....	72
<b>Şekil 7.84.</b> Tasarım 12'nin Giriş Empedans Gerçel Kısmı.....	72
<b>Şekil 7.85.</b> Tasarım 12'nin Giriş Empedans İmajiner Kısmı.....	72
<b>Şekil 7.86.</b> 6.62GHz'de Tasarım 12'nin Akım Dağılımı.....	73
<b>Şekil 7.86.</b> 7.34GHz'de Tasarım 12'nin Akım Dağılımı.....	73
<b>Şekil 7.88.</b> Tasarım 12'nin Uzak Alan Radyasyon Paterni .....	73
<b>Şekil 7.89.</b> Tasarım 13'ün Üstten Görünümü .....	74
<b>Şekil 7.90.</b> Tasarım 13'ün Geri Dönüş Kaybı.....	74
<b>Şekil 7.91.</b> Tasarım 13'ün Giriş Empedans Gerçel Kısmı.....	75
<b>Şekil 7.92.</b> Tasarım 13'ün Giriş Empedans İmajiner Kısmı .....	75
<b>Şekil 7.93.</b> 6.56GHz'de Tasarım 13'ün Akım Dağılımı .....	76
<b>Şekil 7.94.</b> 7.26GHz'de Tasarım 13'ün Akım Dağılımı .....	76
<b>Şekil 7.95.</b> Tasarım 13'ün Uzak Alan Radyasyon Paterni.....	76
<b>Şekil 7.96.</b> 6.56GHz'de Işıma diyagramının yüzeysel görünümü .....	77
<b>Şekil 7.97.</b> 7.26GHz'de Işıma diyagramının yüzeysel görünümü .....	77
<b>Şekil 8.1.</b> Geri Dönüş Kaybı Simülasyon Sonucu.....	91
<b>Şekil 8.2.</b> Uzak Alan Radyasyon Paterni .....	91

## TABLULAR

	<b>Sayfa No.</b>
<b>Tablo 7.1.</b> Mikroşerit Yama Antenin Parametre Değerleri .....	35
<b>Tablo 7.2.</b> Tasarım 1'in Parametre Değerleri .....	38
<b>Tablo 7.3.</b> Tasarım 2'nin Parametre Değerleri .....	41
<b>Tablo 7.4.</b> Tasarım 3'ün Parametre Değerleri .....	44
<b>Tablo 7.5.</b> Tasarım 4'ün Parametre Değerleri .....	47
<b>Tablo 7.6.</b> Tasarım 5'in Parametre Değerleri .....	50
<b>Tablo 7.7.</b> Slot uzunlukları değiştirildiğindeki parametre değerleri .....	51
<b>Tablo 7.8.</b> Tasarım 6'nın Parametre Değerleri .....	54
<b>Tablo 7.9.</b> Tasarım 7'nin Parametre Değerleri .....	57
<b>Tablo 7.10.</b> Tasarım 8'in Parametre Değerleri .....	61
<b>Tablo 7.11.</b> Dielektrik Kalınlığının Karşılaştırılması.....	61
<b>Tablo 7.12.</b> Tasarım 9'un Parametre değerleri .....	65
<b>Tablo 7.13.</b> Tasarım 10'un Parametre Değerleri .....	68
<b>Tablo 7.14.</b> Tasarım 11'in Parametre Değerleri .....	71
<b>Tablo 7.15.</b> Tasarım 12'in Parametre Değerleri .....	73
<b>Tablo 7.16.</b> Tasarım 13'ün Parametre Değerleri .....	76
<b>Tablo 7.17.</b> Tasarım Adımlarının Parametre Değerleri.....	78
<b>Tablo 7.18.</b> Giriş Empedansının Parametre Değerleri .....	79

## GENEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı : Derya ARICAN  
Anabilim Dalı : Elektrik-Elektronik Mühendisliği  
Programı : Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği  
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Taha İmeci  
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Mayıs 2012

## ÖZET

### GENİŞBANDLI MİKROŞERİT YAMA ANTEN TASARIMI

4GHz-8GHz (IEEE C band) aralığı birçok uydu iletişim yayımları için kullanılan frekans aralığı içerir, bazı Wi-Fi cihazları, bazı telsiz telefonlar ve bazı hava radar sistemlerinde kullanılmaktadır. C band uzun mesafeli radyo telekomünikasyon için kullanılan mikrodalga boyları da dahil olmak üzere elektromanyetik spektrumun belli bölümleri için verilen bir isimdir.

Bu çalışmada, genişbandlı mikroşerit yama anten tasarlanmış ve simüle edilmiştir. Simüle edilmiş sonuçları Sonnet yazılımı kullanılarak sunulmuştur. Bu sonuçlar arasında, giriş empedansının reel kısmı neredeyse 50 ohm, rezonans frekansı 6.56GHz'de phi-polarize elektrik alan radyasyon paterni kazancı 3.18dB, çapraz polarizasyon seviyesi -10dB altında ve -34.32dB geri dönüş kaybında band genişliği %18.59 olmuştur. Rezonans frekansı 7.26GHz'de phi-polarize elektrik alan radyasyon paterni kazancı 5.58dB, çapraz polarizasyon seviyesi -10dB altında ve -20.48dB geri dönüş kaybında band genişliği neredeyse %16.8 olmuştur.

Tasarım adımları detaylı olarak verilmiş olup, Sonnet yazılım programı yardımıyla elde edilen grafikler açıklanmaktadır.

**Anahtar Kelimele:** Mikroşerit, yama, anten, band genişliği, genişband

## GENERAL INFORMATION

Name and Surname : Derya ARICAN  
Field : Electric-Electronic Engineering  
Program : Electronic and Communication Engineering  
Supervisor : Yrd. Doç. Dr. Taha İmeci  
Degree Awarded and Date : Master of Science – May 2012

## SUMMARY

### WIDEBAND MICROSTRIP PATCH ANTENNA

IEEE C band ("compromise" band) is a portion of electromagnetic spectrum in the microwave range of frequencies ranging from 4 to 8 GHz. C-band (4 GHz to 8 GHz) - and its slight variations - contains frequency ranges that are used for many satellite communications transmissions, some Wi-Fi devices, some cordless telephones, and some weather radar systems.

In this study, a wideband microstrip patch antenna is designed, simulated, built and tested. Simulated results are presented by using Sonnet software, a planar 3D electromagnetic simulator. Among those results, the real part of the input impedance is almost 50 ohms, phi-polarized electric field radiation pattern gain is 3.18 dB, cross-polarization level is under -10 dB return loss bandwidth is 18.59% also resonance frequency 6.56GHz. The real part of the input impedance is almost 50 ohms, phi-polarized electric field radiation pattern gain is 5.58 dB, cross-polarization level is under -10 dB return loss bandwidth is 16.8% also resonance frequency 7.26GHz. The main contribution was maintained by adding slots in order to get more bandwidth.

Designing steps details are given in figure and tables by Sonnet Suits.

**Keywords:** *Microstrip, patch, antenna, bandwidth, wideband*

## 1.GİRİŞ

Mikroşerit yama anten kavramı ilk kez 1953 yılında Deschamps tarafından ortaya atılmıştır. İlk pratik antenler 1970' lerin başlarında, Howel ve Munson tarafından geliştirilmiştir. O zamandan beri, mikroşerit antenlerin, hafiflik, küçük hacim, ucuzluk, yüzeysel görünüş, baskı devrelere uygunluk gibi sayısız avantajı kullanarak yapılan araştırmalar; mikrodalga antenlerinin geniş alanında, mikroşerit yama antenlerin ayrı bir dal olarak yer almasına ve değişik uygulamalara kılavuzluk etmesine öncü olmuştur.

Haberleşme geniş olarak bilginin bir noktadan diğer bir noktaya aktarımı olarak tanımlanabilmektedir. Haberleşme sistemi içinde bilginin aktarımı, bilgiyi elektromanyetik bir dalgaya modüle ederek elde edilir, bilgi sinyalinin taşıyıcı rolünü oynar. Modüle edilmiş olan taşıyıcı, istenilen yere ulaştığında asıl bilgi sinyali demodüle edilerek yeniden elde edilir. Günümüzün modern haberleşme endüstrisinde, haberleşme bağlantılarının en önemli bileşenlerini antenler oluşturmaktadır.

Antenler, elektromanyetik enerjiyi, belli bir biçimde etkin olarak yaymak için tasarlanmış yapılardır. Etkin bir anten olmadan elektromanyetik enerji yayılamaz ve bilgi, uzaklara telsiz olarak iletilemez. Hızla gelişen teknolojiyle yüksek performans gerektiren kablosuz iletişim cihazlarında, uçaklarda, uzay araçlarında, radar sistemlerinde, uydu ve füze uygulamalarında yaygın olarak mikroşerit antenler genel olarak kullanılmaktadır.

Literatürde oldukça geniş band yama anten örnekleri vardır (Arvas, 2003-Jagdish,2010). Band genişliğini arttırmak için farklı teknikler çalışıldı. Band genişliği tasarlandıkları limitler içerisinde kullanılabildikleri frekans bölgesi olarak tanımlanmaktadır. Tasarımda oyuklu geometri, L-prob besleme, hava gibi düşük dielektrik sabiti ile kalınlığı arttırıldı ve birden fazla rezonatör kullanıldı (Kin-Lu, 2002). 7GHz'lik antenlerle ilgili literatürde bazı çalışmalar da vardır. Bunlardan biri farklı frekanslarda band genişliğini arttırmak amacıyla empedans uydurma

yöntemidir. Tasarım için bu yöntem uygulandı ve yaklaşık %20 band genişliği yığılmış yama anten elde edildi. (Le ve diğ., 2006). Artan band genişliği mikroşerit yama antenlerin tasarımında tasarım zorluklarından biridir. Birkaç teknikleri farklı giriş geometrileri için formülize edilir (Jagdish, 2010). Bu çalışmada ilerdeki bölümde adım adım açıklandığı gibi benzer ve farklı yaklaşımlar kullanır. Band genişliği ve kazanç slotları farklı boyutlarda etkilemektedir (Kin-Lu, 2002 – Balanis ve diğ., 2008).

## 2. ELEKTROMANYETİK MODEL

Elektromanyetizma, durgun ve hareketli elektrik yükleri ile ilgili olayların incelenmesidir. Basit fizikten, artı ve eksi olmak üzere, iki tür yük olduğu bilinir. Artı ve eksi yüklerin her ikisi de, elektrik alan kaynaklarıdır. Hareketli yükler akımı, akım da manyetik alanı oluşturur. Alan, zamana bağlı olan ya da olmayan bir niceliğin konumsal dağılımıdır. Zamanla değişen elektrik alana manyetik alan, tersine zamanla değişen manyetik alana da elektrik alan eşlik eder ve birlikte elektromanyetik alan oluştururlar. Zamanla değişen elektromanyetik alanlar bazı koşullarda kaynaktan yayılan dalgalar oluştururlar.

Uzaktaki bir olayın açıklanmasında alan ve dalga kavramı önemlidir. Uydu iletişimi ve milyonlarca kilometre uzaktaki uzay araçlarından gönderilen işaretlerin alınması, yalnızca elektrik ve manyetik alanlar ile elektromanyetik dalgaların varlığının öne sürülmesi ile açıklanabilir.

Elektromanyetizmanın, fizikçiler, elektrik ve bilgisayar mühendisleri için büyük önemi vardır. Atom parçalayıcıları, katot ışın osiloskopları, radar uydu iletişimi, televizyon yayını, uzaktan algılama, radyoastronomi, mikrodalga aygıtları, optik lif iletişimi, iletim hatlarındaki geçişler, elektromanyetik uyum sorunları, alet indirme sistemleri, elektromekanik enerji dönüşüm gibi konularda ilkenin anlaşılmasında elektromanyetik kuram zorunludur.

### 3. VEKTÖR İNCELENMESİ

Elektromanyetizmadaki bazı nicelikler (yük, akım, enerji gibi) skaler; bazıları ise (elektrik ve manyetik alan şiddetleri gibi) vektördür. Skaler ve vektörler konum ve zamanın fonksiyonu olabilirler. Verilen bir konum ve zamanda bir skaler, büyüklüğü (artı veya eksi işaret ve birimi ile birlikte) ile tam olarak belirtilebilir. Öte yandan verilen bir konum ve zamanda bir vektörün belirtilmesi hem büyüklük, hem de doğrultu gerektirir. Bir vektörün doğrultusu nasıl belirtilir? Üç boyutlu uzayda koordinat sisteminin seçimine bağlı üç sayı gereklidir. Verilen bir vektörün bir koordinat sisteminden başkasına geçirilmesi bu sayıları değiştirir. Bununla birlikte, çeşitli skaler ve vektörel nicelikler arasında ilişki kuran fiziksel yasalar ve teoremler koordinat sisteminden bağımsız olarak mutlaka geçerlidirler. Bu nedenle elektromanyetizma yasalarının genel bağıntıları için koordinat sisteminin belirtilmesine gerek duyulmaz. Belli geometri bir problem incelendiğinde ancak uygun bir koordinat sistemi seçilir (David, 2003).



#### 4.DURAGAĞAN ELEKTRİK ALANLAR

Bir alan, zamanın fonksiyonu olan veya olmayan skaler ya da vektörel bir niceliğin konumsal dağılımıdır.

Elektrostatikte elektrik yükleri (kaynaklar) durağandır ve elektrik alanları zamanla değişmezler. Manyetik alan olmadığından oldukça basit bir durumla karşılaşılır. Birçok doğal olayın açıklanması (şimşek, gök cisim ışık halesi, St. Elmo ateşi, tahıl patlaması) ve bazı önemli endüstriyel uygulamaların ilkeleri ( osiloskop, mürekkep püskürtmeli basım aleti, fotokopi aleti, elektret mikrofon) elektrostatığe dayanır.

Basit bir fizikte elektrostatik incelenmesi, iki nokta yük arasındaki kuvveti belirten deneysel Coulomb yasası ile başlar. Bu yasaya göre,  $q_1$  ve  $q_2$  yüklü iki cisim arasındaki kuvvet, cisim boyutları arasındaki  $R_{12}$  uzaklığına göre çok küçükse, yüklerin çarpımı ile orantılı, arasındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı olup doğrultusu yükleri birleştiren doğru boyuncadır.

Coulomb yasası matematiksel olarak,

$$F_{12} = a_{R_{12}} k \frac{q_1 q_2}{R_{12}^2} \quad (4.1)$$

yazılabilir. Burada  $F_{12}$ ,  $q_1$  in  $q_2$  e etkidiği vektörel kuvvettir.  $a_{R_{12}}$ ,  $q_1$  den  $q_2$  ye doğru olan birim vektördür, k ise ortam ve birimler sistemine bağlı orantı sabittir.

## **5. KARARLI ELEKTRİK AKIMLARI**

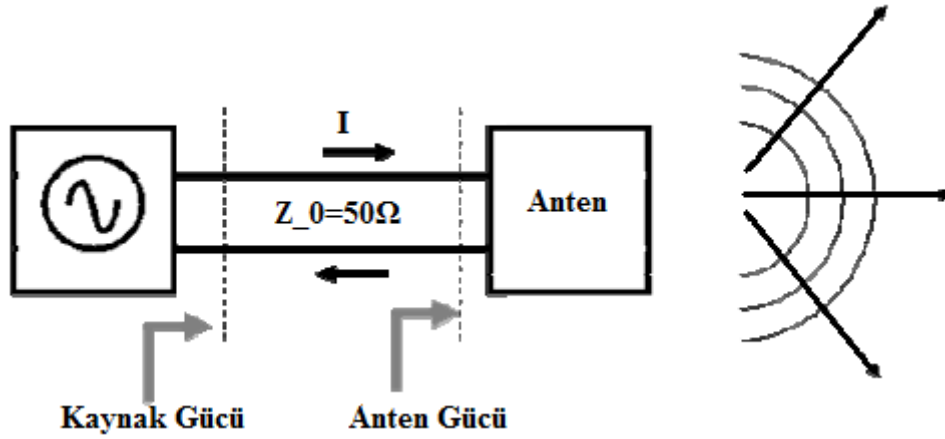
Serbest yüklerin hareketinin neden olduğu birkaç elektrik akım türü vardır. İkten ve yarıiletkenlerdeki iletim akımları iletim elektronlarının ve/veya boşlukların sürüklenme hareketinden ileri gelir; elektrolitik akımlar artı ve eksi iyonların göçü sonucudur; konveksiyon akımları boşlukta elektron ve /veya iyonların hareketinden ileri gelir (David, 2003).

## **6. ANTENLER VE MİKROŞERİT YAMA ANTENLERİN ÖZELLİKLERİ**

Öncelikle genel olarak antenlerle ilgili, daha sonra özel olarak mikroşerit yama antenlerle ilgili giriş yapılacaktır. Antenin ne olduğundan başlanarak, bir yapının elektromanyetik dalga yayınlaması için ne gibi koşulların gerektiğinden bahsedilecektir ve bir anteni karakterize eden parametreler hakkında bilgi verilecektir, daha sonra anten tipleri tanıtarak, mikroşerit yama anten üzerine ayrıntılı bilgi verilmeye çalışılacaktır.

### **6.1 Anten Nedir?**

Anten, haberleşme sisteminde genel olarak elektromanyetik dalgalar ve elektriksel işaretler arasındaki dönüşümden sorumlu devre elemanıdır. İletim kanalı olarak boş uzay veya atmosferi kullanan haberleşme sistemlerinin, bu kanala açılan arayüzüne anten denir. Buna göre bir antenin kullanımı verici anten (transmitter antenna), alıcı anten (receiver antenna) veya verici-alıcı anten (trancieverer antenna) karakteristiklerinden birine uyabilmektedir. Verici anten, elektriksel işareti, elektromanyetik dalgaya çevirip iletim ortamına aktarmakla yükümlüdür. Alıcı anten ise, verici anten tarafından gönderilmiş elektromanyetik dalgayı toplayarak kendisine bağlı devrede elektriksel işaret indüklemektedir. Bir anten resiprokluk özelliğinden dolayı hem verici, hem de alıcı anten olarak kullanılabilir. Her iki karakteristiği de aynı anda göstermesi beklenen alıcı-verici anten kullanan sistemlerde, gönderilen ve alınan işaretlerin karışmaması için bir tür çoğullama tekniği kullanılması gerekmektedir.



Şekil 6.1. Bir Anten Devresi

Kaynak ile iletim hattı girişi - anten ile iletim hattı sonu arasında empedans uyumu olması durumunda kaynaktan çekilen güç maksimum olmakta ve bu gücün tamamı yüke (yani anten) aktarılmaktadır. Aksi durumda iletim hattının her iki ucunda da geri yansımalar söz konusudur. Bu yansımalar antenin ışıma gücünü azalttığı gibi kaynağa istenmeyen güç olarak dönmekte ve ısınmalara neden olduğundan kaynak ve iletim hattının ömrünü kısaltmaktadır.

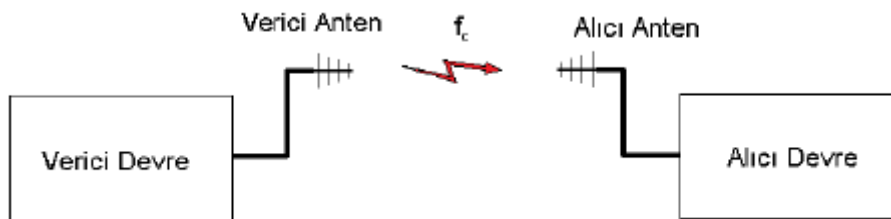
Bir anten, besleme noktasında iki kapılı bir devrenin giriş kapısı gibi davranır. Bu noktada, besleme gerilim kaynağının bağlanacağı uçlar arasında bir empedans değeri gösterir. Bu değere *giriş empedansı* denir. Işıma yaparken besleme uçlarındaki gerilimin akıma oranı söz konusu frekanstaki empedans değeri olarak anılmakta. Giriş empedansı kaynaktan çekilecek ve antene aktarılacak güçler için önemli (Danış, 2009).

Genel olarak bir haberleşme sisteminde antenlerin vericilik ve alıcılık bakımından üstlenebileceği roller aşağıda incelenmiştir.

## 6.2 Antenlerin Rollerine Göre Sınıflandırılması

### 6.2.1 Tek merkez frekanslı veri iletimi

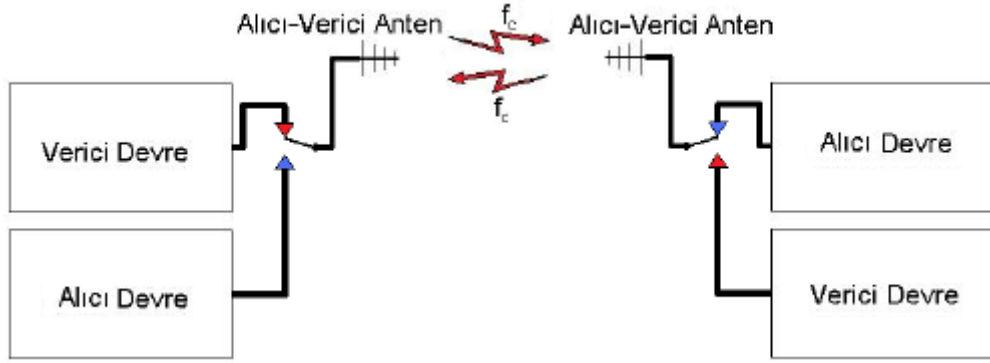
#### 6.2.1.1. Tek merkez frekanslı tek yönlü veri iletimi



Şekil 6.2. Tek merkez frekanslı tek yönlü iletimde antenin rolü

Tek yönlü, tek merkez frekanslı veri iletiminde bilgi tek bir merkez frekansı etrafında yer alan bir banda yayılmış vaziyettedir, vericiden alıcıya taşınır. Burada antenler sadece verici veya alıcı olmaktadır.

### 6.2.1.2. Tek merkez frekanslı çift yönlü veri iletimi

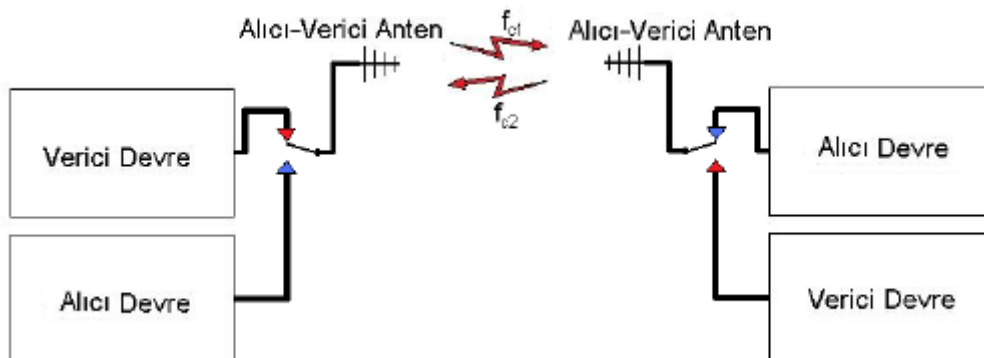


Şekil 6.3. Tek merkez frekanslı çift yönlü iletimde antenin rolü

Tek merkez frekanslı çift yönlü veri iletiminde bilgi yine tek bir merkez frekansı etrafında yer alan bir banda yayılmış vaziyette gönderilmektedir. Yalnız burada bir taraf veri gönderirken diğer taraf anten ile alıcı devre arasında bağlantı kurar, iki taraf da kanala işaret göndermez. Burada her iki tarafta “verici veya alıcı” olma durumunu anahtarlayan bu devrenin eş zamanlanması sorunu vardır.

### 6.2.2. İki merkez frekans üzerinden veri iletimi

#### 6.2.2.1 Çift merkez frekanslı beklemeli veri iletimi

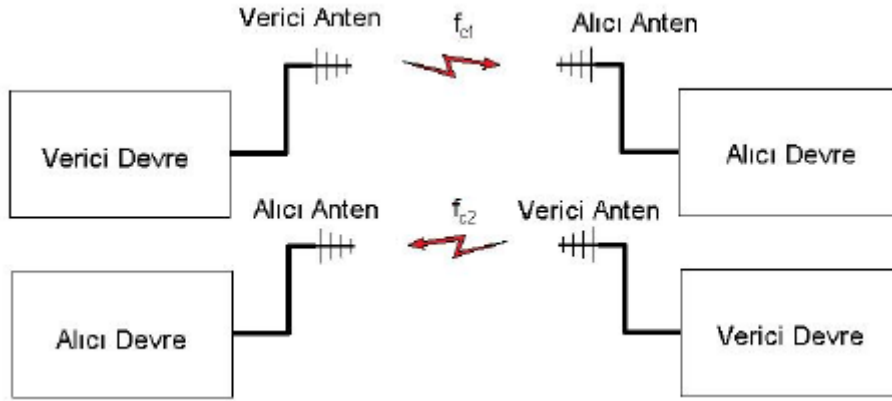


Şekil 6.4. Çift merkez frekanslı beklemeli veri iletiminde antenin rolü

Çift merkez frekanslı beklemeli veri iletiminde bilgi karşılıklı birer merkez frekans etrafında yer alan bantlara yayılmış vaziyette gönderilir. Bu yapıda her ne

kadar iki taraf da farklı frekansların etrafına yerleştirilmiş işaretler gönderiyor olsa da yine de aynı anda kanala işaret verilmesi söz konusu değildir, karşılıklı birbirini bekleme söz konusudur. Genel olarak gezgin haberleşen telsizlerin rölelerinde tercih edilen bir yapıdır. Burada karşılıklı sistemlerdeki antenler alıcı-verici anten tipindedir.

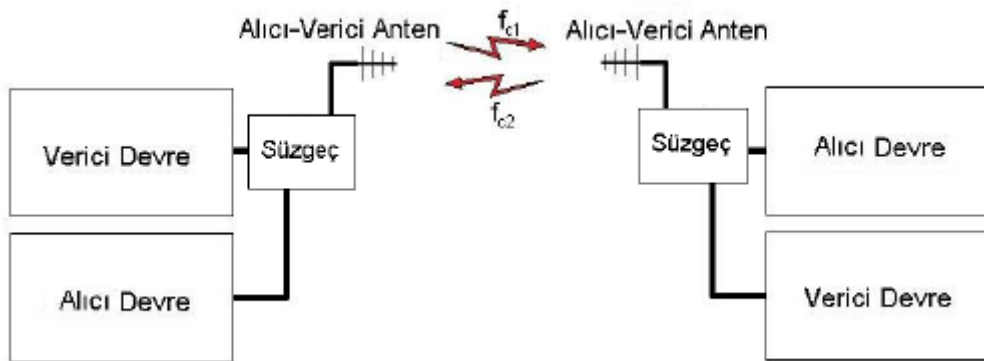
### 6.2.2.2. Çift merkez frekanslı bağımsız veri iletimi



Şekil 6.5. Çift merkez frekanslı beklemeli veri iletiminde antenin rolü

Çift merkez frekanslı bağımsız veri iletiminde bilgi karşılıklı birer merkez frekans etrafında yer alan bantlara yayılmış vaziyette gönderilir. Bu yapıda gönderici ve alıcı devreler antenlerden daha önce ayrılmış olduğu için antenlerin rolü ya verici ya da alıcı anten tipindedir. Sistemde herhangi bir bekleme söz konusu değildir, zira gönderme ve alma devreleri ile frekansları birbirinden farklıdır. Kanalda iki frekanstan dalgalar aynı anda bulunabilir.

### 6.2.2.3. Çift Merkez Frekanslı Beklemesiz Veri İletimi



Şekil 6.6. Çift merkez frekanslı beklemesiz veri iletiminde antenin rolü

Çift merkez frekanslı beklemez veri iletiminde bilgi karşılıklı birer merkez frekans etrafında yer alan bantlara yayılmış vaziyette gönderilmektedir. Sistem beklemezdir, zira verici ve alıcı devreye ulaşacak işaretlerin iletimi bir süzgeç ve yönlendirici ile denetlenir. Burada antenler alıcı-verici antenlerdir. Kanalda aynı anda iki merkez frekanslı işaret süperpoze olmuş vaziyette bulunabilir.

### 6.3 Bir Anteni Tanımlayan Karakteristik Özellikler

#### 6.3.1. Bir Devre Elemanı Olarak Anten

Genel olarak,

$$Z_A = R_A + jX_A: \text{Anten empedansı (ohm)}$$

$$R_A = R_r + R_L : \text{Anten rezistansı (ohm)}$$

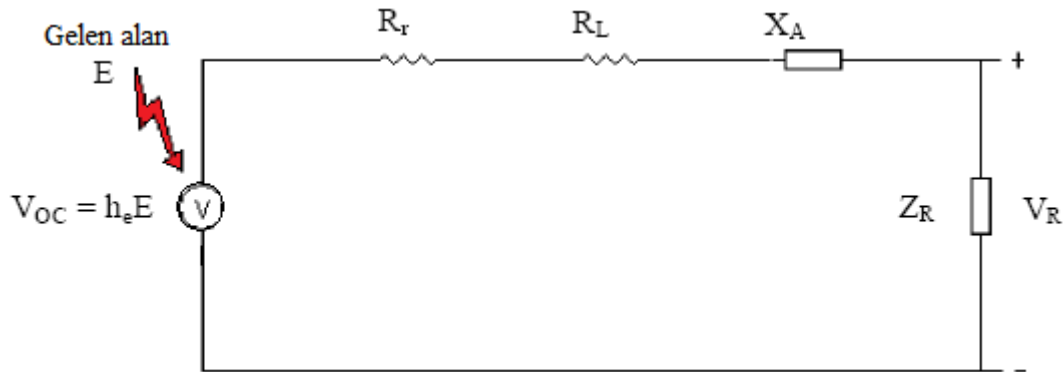
$$R_r: \text{Radyasyon rezistansı (ohm)}$$

$$R_L : \text{Kayıp rezistansı (ohm)}$$

$$X_A : \text{Anten reaktansı (ohm)}$$

olmak üzere, alıcı ve verici anten tipleri için sırasıyla devre eşdeğeri aşağıdaki şekillerde görülmektedir. (Danış, 2003)

Kaynak empedansının sanal kısmı anten giriş empedansının sanal kısmını yok edecek şekilde (örneğin biri endüktif diğeri kapasitif ) ise devrede güç birikimi söz konusu olmaz. Ayrıca kayıpların minimize edilmesi durumunda  $R_L$  sıfır kabul edilirse antenin kaynaktan çekeceği gücün tamamı ışınan güç olur ki idealde istenen durum budur. Genelde kaynak direnci ve iletim hattı karakteristik empedansı  $50 \Omega$  seçilir ve hesaplar ona göre yapılır.



Şekil 6.7. Alıcı antenin devre eşdeğeri

Uzaydan kaptığı elektromanyetik enerjiyi uçlarına bir  $V_{OC}$  gerilimi şeklinde aktaran alıcı anten bu enerjiyi alıcı devre girişini temsil eden bir  $Z_R$  empedansı üzerinde harcamaktadır. Yükün gördüğü anten empedansı ise  $Z_A$  ise yine yük, iletim hattı ve anten empedansı arasında uyum olması durumunda antenden maksimum güç çekilmektedir. Antenin etkin yüzeyi yüksek olup ortamdan yüksek elektromanyetik güç çekmesine karşın bunun tamamını alıcı devreye aktarması için empedans uyumu şarttır. İdealde hesaplar iletim hattı karakteristik empedansının ve yükün  $50 \Omega$  olmasına göre yapılır.

Alıcı antenin devre eşdeğeri,

$V_{OC} = h_e E$  : Gelen dalga ile indüklenen gerilim (V)

$h_e$  : Etkin anten uzunluğu (m)

$E$  : Gelen dalganın elektrik alan şiddeti (V/m)

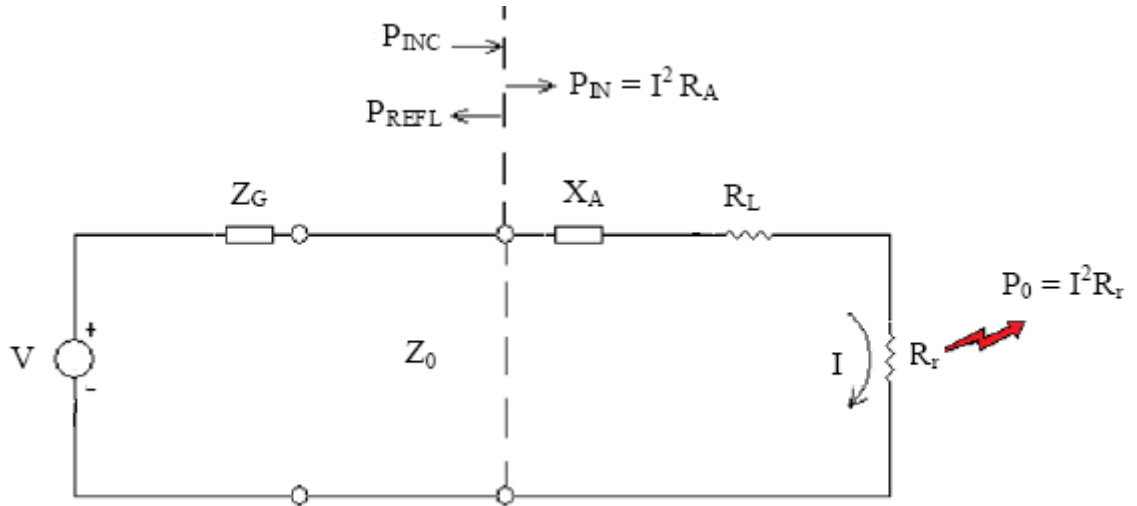
$V_R$  : Alıcı devreye aktarılan gerilim (V)

$Z_R : R_r + jX_R$  : Alıcı devre giriş empedansı (ohm)

$R_r$  : Alıcı devre giriş rezistansı (ohm)

$X_R$  : Alıcı devre giriş reaktansı (ohm)

olduğunu göz önüne almalıyız.



Şekil 6.8. Verici antenin devre eşdeğeri

Verici antenin devre modeli,

$V$  : Verici devrenin çıkış gerilimi (volt)



$Z_G$  : Verici devrenin empedansı (ohm)  
 $P_{INC}$  : Antenin girişine ulaşan güç (watt)  
 $P_{REFL}$  : Anten girişinden verici devreye geri dönen güç (watt)  
 $P_{IN} = P_{INC} - P_{REFL}$  : Antenin giriş gücü (watt)  
 $P_0 = I^2 R_r$  : Toplam ışıma gücü (watt)  
 $I$  : Antenin giriş akımı (amper)  
 $Z_0$  : Antene giden hattın karakteristik empedansı (ohm)  
 olduğunu göz önüne almalıyız.

### 6.3.2. Anten parametreleri

Tüm anten yapılarında olduğu gibi mikroşerit yama antenlerde de yapının karakteristiği tartışılırken belli başlı anten parametrelerinden söz edilir. Kalite faktörü, bant genişliği ve verimlilik de bunlardan bazılarıdır. Ancak buradaki sorun bu parametrelerin ayrı ayrı ele alınıp arzu edilen seviyelere çekilmesinin mümkün olmayışıdır. Herhangi bir parametre üzerinde yapılacak bir iyileştirme, diğer parametrenin olumsuz etkilenmesine neden olarak anten karakteristiğinin bozulmasına sebep olabilmektedir. Kalite faktörü genel anlamı ile anten kayıplarını temsil eder ve ışıma, iletkenlik, dielektrik ve yüzey dalgası kayıplarının bütünü olarak düşünülebilir. Bu nedenle kalite faktörü  $\vartheta_t$  tüm kayıplardan etkilenir ve aşağıdaki şekilde gösterilir.

$$\frac{1}{\vartheta_t} = \frac{1}{\vartheta_{rad}} + \frac{1}{\vartheta_c} + \frac{1}{\vartheta_d} + \frac{1}{\vartheta_{sw}} \quad (6.1)$$

$\vartheta_t$  = Toplam kalite faktörü

$\vartheta_{rad}$  = Işıma (boş uzay) kayıpları kalite faktörü

$\vartheta_c$  = İletken kayıpları kalite faktörü

$\vartheta_d$  = Dielektrik kayıpları kalite faktörü

$\vartheta_{sw}$  = Yüzey dalgaları kalite faktörü

Bahsi geçen kalite faktörlerinin her biri kendine has parametrelere bağlıdır ve bütün yapı düşünüldüğünde en küçük değişikliğin bile kalite faktörünü etkileyeceği gözden kaçmamalıdır (Danış, 2009).

### 6.3.2.1. Anten polarizasyonu

Polarizasyon, bir elektromagnetik dalganın elektrik alan vektörünün doğrultusudur; bu doğrultu, bir dalganın elektriksel alanının titreşim düzlemi olarak tanımlanabilir. Elektromagnetik dalgalar yatay, düşey, dairesel ve eliptik polarizasyonlu olabilirler. Bir antenin polarizasyonu ise yayınladığı elektromanyetik dalgaların, uzak alan analizinde baskın kalacak olan elektrik alan vektörünün doğrultusu ile belirlenmektedir. Birbiriyle özdeş olmayan fakat aynı frekans bölgesinde çalışan iki anten kullanılarak veri gönderilmek isteniyor ise, polarizasyonlarının çakıştığından emin olmak gerekir, aksi halde veri iletiminin başarı oranı çok düşük olacaktır.

### 6.3.2.2. Etkin anten uzunluğu

Bir antenin etkin uzunluğu, elektromanyetik dalga alacak şekilde devreye alındığında, antenin polarizasyonu doğrultusunda gelen elektrik alanın şiddeti  $E$ , antenin çıkışında indüklenen etkin gerilim  $V_{OC}$  olmak üzere,

$$h_e = \frac{V_{OC}}{E} \quad (6.2)$$

olarak tanımlanır. Birimi metredir.

### 6.3.2.3. Anten ışıma faktörü

Bir antenin ışıma faktörü, elektromanyetik dalga yayınlayacak şekilde devreye alındığında, antenin polarizasyonu doğrultusunda yayınladığı elektrik alan şiddeti  $E$  ve antenin girişine uygulanan etkin gerilim  $V_R$  olmak üzere,

$$F_A = \frac{E}{V_R} \quad (6.3)$$

olarak tanımlanır. Birimi (1/metre)'dir.

#### 6.3.2.4. Işıma güç yoğunluğu

Bir antenin yayınladığı elektrik alanın şiddeti E, manyetik alan şiddeti H olmak üzere (tanım uzak alan analizi için geçerlidir),

$$S(r, \theta, \varphi) = \frac{E^2(r, \theta, \varphi)}{120\pi} = 120\pi H^2(r, \theta, \varphi) \quad (6.4)$$

olarak tanımlanır. Uzak alanda E ve H, ölçüm konumunun yer vektörü r olmak üzere, 1/r ile orantılı olarak değiştiğinden, güç yoğunluğu 1/r<sup>2</sup> ile orantılı olarak değişir. Birimi (watt/metre<sup>2</sup>)'dir.

#### 6.3.2.5. Işıma şiddeti yoğunluğu

Bir antenin yayınladığı elektrik alanın şiddeti E, manyetik alan şiddeti H olmak üzere (tanım uzak alan analizi için geçerlidir),

$$U(\theta, \varphi) = r^2 S(r, \theta, \varphi) = r^2 \frac{E^2(r, \theta, \varphi)}{120\pi} = r^2 120\pi H^2(r, \theta, \varphi) \quad (6.5)$$

olarak tanımlanır. Aslında ışıma şiddeti yoğunluğu, ışıma güç yoğunluğunun gözlem konumundan bağımsızlaştırılmış halidir. Bu hali ile antenin birim steradyan başına yayınladığı güç olarak da tanımlanabilir. Yani antenin merkezinde yer aldığı bir küre üzerinde ışıma şiddeti yoğunluğu integre edilir ise, antenin yayınladığı toplam güce ulaşılır. Işıma şiddeti yoğunluğunun birimi ( $\frac{\text{watt}}{\text{steradyan}^2}$ ) 'dir.

#### 6.3.2.6. Yönlendiricilik kazancı

Bir antenin ışıma şiddeti yoğunluğu  $U(\theta, \varphi)$ , yayınladığı toplam güç  $P_0$  olmak üzere,

$$D(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{U(\theta, \varphi)}{P_0} \quad (6.6)$$

olarak tanımlanan fonksiyona söz konusu antenin 'yönlendiricilik kazancı' denir. Yönlendiricilik kazancı, ışıma şiddeti yoğunluğunun, söz konusu gücü bir izotropik

anten yayınlıyor olsaydı, oluşacak olan ışımaya şiddeti yoğunluğuna göre normalize edilmesi ile elde edilen fonksiyondur. Zira izotropik anten, gözlem doğrultusundan bağımsız olarak, her yöne aynı ışımaya şiddetinde dalga yayımlayabilen anten olarak tanımlanır ve ışımaya şiddeti yoğunluğu,

$$U_{iso} = \frac{P_0}{4\pi} \quad (6.7)$$

dir. Kazanç aslında bir tür kuvvetlendirme değil de bütün yönlere ışımaya yapsaydı yaşanacak olan kayba nazaran bir kazanç olduğunu anlatmak için kullanılır.

### 6.3.2.7. Yönlendiricilik

Bir antenin yönlendiriciliği, yönlendiricilik kazancının maksimum değeri olarak tanımlanır. Antenden antene değişmekle birlikte, belli bir anten için sabit bir değerde, gözlem noktasından bağımsız ve birimsiz bir büyüklüktür. Antenin ana ışımaya lobuna aktarabildiği gücün bir ölçüsü olarak önemli bir parametre olmaktadır.

### 6.3.2.8. Güç kazancı

Bir antenin ışımaya şiddeti yoğunluğu  $U(\theta, \varphi)$ , antene giren güç  $P_{IN}$  olmak üzere,

$$D(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{U(\theta, \varphi)}{P_{IN}} \quad (6.8)$$

olarak tanımlanan fonksiyona antenin güç kazancı denir. Bu fonksiyon eğer aynı giriş gücü kayıpsız bir izotropik antene gelseydi ortaya çıkacak olan duruma göre varsayılan nispi kazancı ifade eder. Burada empedans uyumsuzluğundan doğabilecek kayıplar göz önüne alınmamış olduğundan devreden bağımsız bir kazanç tanımı mevcuttur (Isıl kayıplar tanıma dahildir). Güç kazancı birimsizdir.

### 6.3.2.9. Gerçekleştirilmiş güç kazancı

Bir antenin ışımaya şiddeti yoğunluğu  $U(\theta, \varphi)$ , antene gönderilen toplam güç  $P_{INC}$ ,

$P_{INC} = P_{IN} + P_{REFL}$  olmak üzere,

$$D(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{U(\theta, \varphi)}{P_{INC}} \quad (6.9)$$

olarak tanımlanan fonksiyona antenin güç kazancı denir. Bu fonksiyon antenin güç kazancını daha gerçekçi hale getirmek için empedans uyumsuzluklarından doğan geri dönüş kayıplarının da hesaba dahil edilmesi sonucu ortaya çıkar. Devreye alınmamış bir anten için tanımlanamayacağı aşikar olan bu büyüklük, anteni besleyecek olan hattın karakteristik empedansına da bağlılık gösterir.

#### 6.3.2.10. Anten ışıma direnci

Bir antenin dışarı yayınladığı toplam güç  $P_0$  ve devreden çektiği akımın etkin değeri  $I$  olmak üzere,

$$R_r = \frac{P_0}{I^2} \quad (6.10)$$

olarak tanımlanan büyüklüğe antenin ışıma direnci denir. Bu büyüklük, antene verilen akımın, ne kadar güçlü bir dalga yayınlanmasına sebep olduğuna dair bilgi verir. Birimi ohm'dur.

#### 6.3.2.11. Anten güç verimliliği

Bir antene giren güç  $P_{INC}$ , antenin yayınladığı toplam güç  $P_0$ , ısı kayıp direnci  $R_L$  ve ışıma direnci  $R_r$  olmak üzere,

$$\alpha_r = \frac{P_0}{P_{IN}} = \frac{R_r}{R_r + R_L} \quad (6.11)$$

olarak tanımlanan büyüklüğe antenin güç verimliliği veya ışıma verimliliği denir. Anten güç verimliliği birimsiz bir parametredir. Tanım aralığı  $[0;1)$  'dir.

#### 6.3.2.12. Gerçekleştirilmiş anten güç verimliliği

Bir antene gönderilen toplam güç  $P_{INC}$ , antenin yayınladığı toplam güç  $P_0$  olmak üzere,

$$\alpha_r = \frac{P_0}{P_{INC}} \quad (6.12)$$

olarak tanımlanan büyüklüğe antenin gerçekleştirilmiş güç verimliliği denir. Gerçekleştirilmiş anten güç verimliliği parametresinde antenin bağlandığı devre ile var olabilecek empedans uyumsuzlukları da hesaba katılır. Anten güç verimliliği ile gerçekleştirilmiş anten güç verimliliği arasında aşağıdaki ilişki mevcuttur.

$$0 \leq \alpha_T \leq \alpha_r < 1 \quad (6.13)$$

### 6.3.2.13. Etkin anten açıklığı

Elektromanyetik dalga yakalamak üzere devreye alınmış bir antende alınan gücün, gelen dalganın güç yoğunluğuna oranına söz konusu antenin etkin açıklığı denir.

$P_R$ : Alınan güç

$S$ : Gelen dalganın güç yoğunluğu

$$A_e = \frac{P_R}{S} \quad (6.14)$$

Etkin açıklığın birimi metredir.

### 6.3.2.14. Maksimum etkin anten açıklığı

Uygun empedans ile devreye alınmış bir antenin etkin açıklığına maksimum etkin anten açıklığı denir. Maksimum etkin anten açıklığı aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır.

$$A_{em} = \frac{A_e}{\alpha_r} \quad (6.15)$$

Maksimum etkin anten açıklığının birimi metredir.

### 6.3.2.15. Anten yansımaya katsayısı

Bir antenin girişine ulaşan gerilim  $V_{INC}$ , antenden geri dönen gerilim  $V_{REFL}$ ,  $Z_A$  antenin empedansı ve  $Z_0$  antenin besleme hattının karakteristik empedansı olmak üzere,

$$\rho = \frac{V_{REFL}}{V_{INC}} = \frac{Z_A - Z_0}{Z_A + Z_0} \quad (6.16)$$

olarak tanımlanan orana antenin yansımaya katsayısı denir. Empedans uygun sonlandırılırsa ( $Z_A = Z_0$ ) anten yansımaya katsayısı sıfır olur, bu durumda gelen güç tamamen antene aktarılır, sadece antenin ısı kayıplarından dolayı enerji sarfiyatı yaşanır. Eğer antenin iç direnci sıfır olursa, anten yansımaya katsayısı -1'e eşit olacak, gelen işaret toplamaya göre tersinerek geri dönecektir. Eğer antenin iç direnci sonsuz olursa, anten yansımaya katsayısı 1'e eşit olacak, gelen işaret aynen geri dönecektir. Anten yansımaya katsayısı birimsiz bir parametredir.

### 6.3.2.16. Anten gerilim duran dalga oranı ( $V_{SWR}$ )

Anten giriş empedansı genelde uçlarına bağlanan besleme kaynağının empedansından farklı olduğundan kaynak, iletim hattı ve anten arasında bir empedans uygunsuzluğu söz konusudur. Bu farkın belirlediği oranda antene gelen gücün bir kısmı geri yansımaktadır. Aynı şekilde kaynak ucunda da bir uyumsuzluk söz konusu olduğundan burada da bir güç yansıması olmaktadır. Duran dalga oranı (DDO), anten girişinde geri yansıyan gücü belirten bir parametredir.

Empedans uygunlaştırılması yapılmamışsa bir antene gelen ve antenden yansıyan gerilim dalgalarının süperpozisyonu sonucunda duran dalgalar oluşabilir. Bu durumda oluşan duran dalgada gerilimin maksimum değeri  $V_{MAX}$ , minimum değeri  $V_{MIN}$  ve anten yansımaya katsayısı  $\rho_V$  olmak üzere, antenin duran dalga oranı,

$$\Gamma = \frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = \frac{1 + |\rho_V|}{1 - |\rho_V|} \quad (6.17)$$

eşitliği ile tanımlanır. Uygun empedans ile devreye alınan antenlerde  $\Gamma$ 'nin değeri 1 olur, empedansın en uygunsuz olduğu haller için ise ( $\rho_V = -1$  veya  $\rho_V = 1$ )  $\Gamma$  sonsuza gider.  $\Gamma$  birimsiz bir parametredir.

### 6.3.2.17. Geri dönüş kaybı

Geri dönüş kaybı, antene gönderilen gücün ne kadarının geri döndüğünün bir ölçüsüdür. Esasında birimsiz olan bu büyüklüğün logaritmik skalaya indirildiğini

anlatmak için dB birimi ile anılır. Bir antenin geri dönüş kaybı -9.95'in altına düşmüşse, o anten, o frekans bölgesinde çalıştırılabilir.

$$L_R = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{REFL}}{P_{INC}} \right) = 20 \log_{10} (|\Gamma|) \quad (6.18)$$

### 6.3.2.18. Frekans band genişliği

Antenin elektromanyetik dalga yayınlatabildiği veya yakalayabildiği frekans bandının genişliğine frekans band genişliği denir. Antenin geri dönüş kaybının -10'un altında kaldığı frekans bölgesinin maksimum değeri  $f_{MAX}$  ve minimum değeri  $f_{MIN}$  ise, band genişliği,

$$BW = f_{MAX} - f_{MIN} \quad (6.19)$$

olarak tanımlanır. Bunun yanında bu frekans bandının orta noktasına antenin çalışma merkez frekansı denir ve

$$f_C = \frac{f_{MAX} + f_{MIN}}{2} \quad (6.20)$$

olmaktadır. Band genişliğinin, bu çalışma frekansına göre normalize edilmesiyle elde edilen normalize frekans band genişliği ( $BW_N$ ) diye bir parametre de mevcuttur.

$$BW_N = \frac{2(f_{MAX} - f_{MIN})}{f_{MAX} + f_{MIN}} \quad (6.21)$$

### 6.3.2.19. Açısal ışınma açıklığı

Antenin bulunduğu yatay düzlemi tarayan  $\phi$  açısının belirli değerleri için yönlendiricilik kazancının maksimum olduğu aralığı içeren ve bu değerlerin yarısına düştüğü noktalarda son bulan açısal bölgedir. Açısal ışınma açıklığı, benzer şekilde düşey düzlem için de belirlenebilir, pratikte genellikle yatay düzlemde hesaplanır. Bir antenin açısal ışınma açıklığı ne kadar yüksek ise, o kadar çok yöne işaret gönderebileceği veya o kadar çok yönden işaret yakalayabileceği söylenebilir.



### 6.3.2.20. Kayıp faktörü

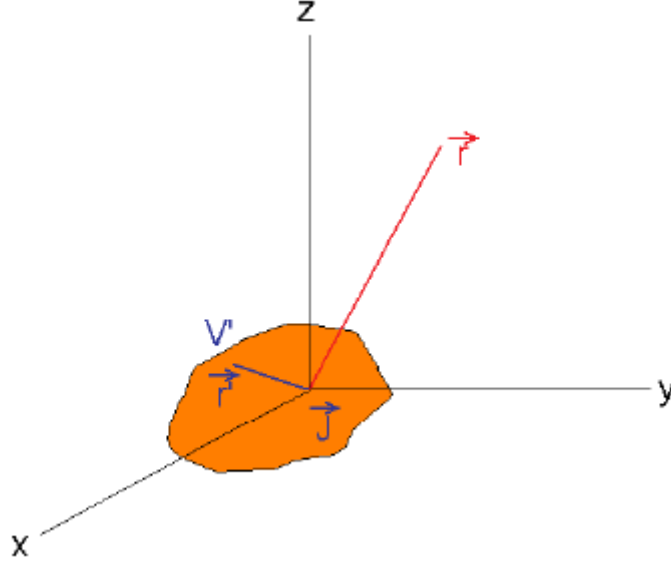
Bir antene gelen gücün ne kadarının amaca hizmet etmeyen ışımaya gittiğinin göstergesi olan bir parametredir. Anten beslemesindeki kayıpların yanı sıra, anteni oluşturan parçalar arasındaki geçiş noktalarındaki kayıpların da hesaba katılması ile elde edilir. Buna göre, kayıp faktörü hesap edilirken,

$$L_F = -10 \log \left( \frac{P_{INC} - P_0}{P_{INC}} \right) = -10 \log \left( \frac{P_{INC} - I^2 R_r}{P_{INC}} \right) \quad (6.22)$$

$L_F$ 'nin değerinin büyük olması bir anten için işaretleşme kalitesinin düşük olacağını söyler.

### 6.4. Bir Elektromanyetik Dalganın Yayınlanacağı Haller

Elektromanyetik dalganın yayınlanması için temel şart, akım vektörünün zamana veya konuma bağlı olarak bir değişiklik göstermesidir. Buna göre düz bir kabloda sabit akımdan elektromanyetik yayını doğmaz, bunun yanında aynı düz kabloda tetiklenen değişken bir akım elektromanyetik dalga yayınına sebep olacaktır. Benzer şekilde sabit akım akıtan bir telin bükülmesi, bükülme noktasından elektromanyetik dalga yayınına yol açacaktır. Antenlerin nasıl elektromanyetik dalga yayınladıklarının anlaşılması için belirli bir akım dağılımının sebep olacağı fenomeni incelemek gerekir. Bu analiz için Maxwell denklemleri ile yola çıkılarak, normalde var olmayan ama önemli matematiksel kolaylıklar sağlayan vektör potansiyel kavramı tanımlanarak ve bu kavramdan faydalanılarak çözüme ulaşılabilir. Şekil 6.9 'da  $\vec{J}(r, \theta, \varphi)$  akım yoğunluğuna sahip bir  $V$  ortamı dahilinde değerler alabilen bir  $\vec{r}$  konum vektörü ve gözlem yapılan nokta için bir  $\vec{r}$  konum vektörü görülmektedir.



Şekil 6.9. Sembolik bir anten  $\hat{V}$  hacmine yayılmış vaziyette,  $r$  gözlem noktası

Bu noktada  $\mu$  ortamın manyetik bırakırlığı,  $\epsilon$  ortamın dielektrik sabiti,  $k$  dalga sayısı ve  $\omega$  akım dağılımının zamanla değişiminin açısal frekansı olmak üzere,

$$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu}{4\pi} \iiint_{\hat{V}} \vec{j}(\vec{r}') \frac{e^{-ik|r-\hat{r}'|}}{|\vec{r}-\hat{r}'|} d\hat{V} \quad (6.23)$$

ile tanımlanan  $\vec{A}(\vec{r})$  fonksiyonuna  $\hat{V}$  akım kaynağının yarattığı vektör potansiyel denir. Söz konusu akım kaynağının çevresinde yarattığı  $\vec{E}$  ve  $\vec{H}$  alanları bu vektör potansiyelden hareketle hesaplanabilir.

$$\vec{H} = \frac{\nabla \times \vec{A}}{\mu} \quad (6.24)$$

$$E = \frac{\nabla \times H}{1\omega\epsilon} \quad (6.25)$$

Bu çözüm analitik çözümdür, yani fenomeni tam olarak modeller. Bunun yanında bu çözüm yöntemi araştırmacıyı, analiz edilmek istenen yapı karmaşılaştığında hesaplanması çok külfetli, kimi zaman da imkansız integrallerle karşı karşıya bırakabilmektedir. Bu sebepten ötürü, pratikte yakın alan çözümleri ihmal edilerek

$$\frac{e^{-ik|r-\hat{r}'|}}{|\vec{r}-\hat{r}'|} \sim \frac{e^{-ikr}}{r} \quad (6.26)$$

yaklaşıklığı yardımıyla söz konusu integral kolaylaştırılır (bu yaklaşıklık  $r \gg r'$  olduğu durumlarda geçerlidir). Bu sefer de diğer bir zorlayıcı faktör olan akım dağılımının belirlenmesi sorunuyla yüzleşilir. Zira bu çözüm ancak akım dağılımı biliniyorsa anlamlıdır. Bundan dolayı analiz edilecek yapılar için öncelikle bir akım dağılımı elde etmek gerekir. Bu konu başlı başına bir çalışma alanıdır, zira nümerik analiz ile belirli sınır ve radyasyon koşullarına sahip diferansiyel denklem sistemlerine aranan çözümler söz konusudur. Çözüm yöntemleri arasında ilk akla gelenler MoM (Method of Moments), TLM (Transmission Line Matrix) ve FDTD (Finite Difference Time Domain) olarak sıralanabilir.

## 6.5. Anten tipleri

### 6.5.1. Tel antenler

Tel antenler, geometrilerine göre iki farklı kısım halinde incelenebilir: Doğrusal Tel Antenler ve Eğrisel Tel Antenler.

#### 6.5.1.1. Doğrusal tel antenler

Değişken akımla indüklenen, biri işaret, diğeri toprak ucu olmak üzere iki ucu bulunan, açık devre ile sonlanıyormuş gibi görünen tel antenlere lineer tel antenler denir. En yaygın örneği yarım-dalga dipol antendir. İşaret ucunun tel olup da toprak girişinin iletkenliği yüksek bir metal plakaya bağlandığı halineyse monopol tel anten denir. Analiz bakımından dipol antenden tek farkı daha az akım çekmesi, dolayısıyla daha az gücü elektromanyetik dalgaya aktarabilmesindedir, anten paterni dipolün aynısıdır.

Örnek olarak sonlu büyüklüklü ( $\ell$ ) bir dipolün analizi verilebilir. Söz konusu dipolün z eksenine üzerine, besleme noktası orijine gelecek şekilde yerleştirildiğini ve xy düzleminin dipolü tam ortasından ikiye ayırdığını varsayalım. Dipolü tam ortasından  $\omega$  açısız frekansına sahip bir sinüzoidal gerilim işareti ile uyarıyor olursak akım dağılımı aşağıdaki gibidir.

$$\vec{I}(\hat{x} = 0, \hat{y} = 0, \hat{z} = 0) = \begin{cases} \vec{e}_z I_0 \sin \left[ k \left( \frac{\ell}{2} - \hat{z} \right) \right], & 0 \leq \hat{z} \leq -\frac{\ell}{2} \\ \vec{e}_z I_0 \sin \left[ k \left( \frac{\ell}{2} + \hat{z} \right) \right], & -\frac{\ell}{2} \leq \hat{z} \leq 0 \end{cases} \quad (6.27)$$

Bu akım dağılımından yola çıkılarak yapılan hesaplar sonucunda elektrik ve manyetik uzak alanları aşağıdaki formda bulunur.

$$\vec{E}_\theta = i\eta \frac{I_0 e^{-ikr}}{2\pi r} \left[ \frac{\cos\left(\frac{k\ell}{2} \cos(\theta)\right) - \cos\left(\frac{k\ell}{2}\right)}{\sin(\theta)} \right] \vec{e}_\theta \quad (6.28)$$

$$\vec{H}_\phi = i \frac{I_0 e^{-ikr}}{2\pi r} \left[ \frac{\cos\left(\frac{k\ell}{2} \cos(\theta)\right) - \cos\left(\frac{k\ell}{2}\right)}{\sin(\theta)} \right] \vec{e}_\phi \quad (6.29)$$

E ile H birbirine diktir ve 1/r ile orantılı olarak değişmektedir, E'nin genliği, H'nin genliğinin ortamın karakteristik empedansı katıdır. Ayrıca aşıkardır ki antenin paterni dipolün boyu ile doğrudan ilişkilidir.

### 6.5.1.2. Eğrisel tel antenler

Doğrusal tel antenlerden farklı olarak akımı bir doğru üzerine yerleştiremeyecek bir tel üzerinden akıtmak vasıtası ile elektromanyetik dalga yayımlarlar. Bunlara örnek olarak kapalı bir çevrim yapan çevrimsel antenleri (kısa devre ile sonlanıyormuş gibi) ve helix antenleri gösterebiliriz.

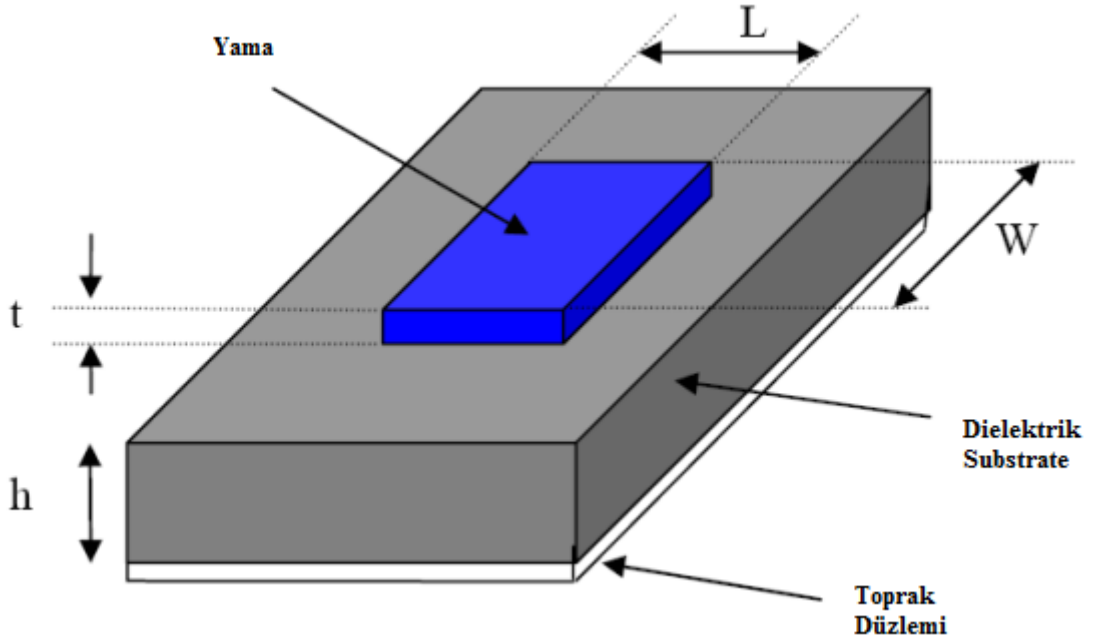
### 6.5.2. Reflektörlü ve metalik lensli antenler

Bu tip antenler esasında ışımının sağlandığı bir tür dipol veya çevrimsel antenin çevresinin antenin yönlendiriciliğini artıracak şekilde yeniden düzenlenmesi ile elde edilirler. Genel olarak metaller elektromanyetik dalgaları yansıttıkları için, optik yasalarına benzer bir şekilde metal yüzeyler ayna gibi kabul edilerek yapılan tasarımlarla dalgalar toparlanıp odaklanarak yönlendiricilik kazancı yükseltilmiş olur. Tek başına bir horn'un, parabolik 'tabağın' veya lensli yapının elektromanyetik dalga yayımlama kabiliyeti mevcut değildir. Bu yüzden bu tip antenleri yardım alan antenler olarak adlandırabiliriz (Danış, 2009).

### 6.5.3. Mikroşerit Antenler

Mikroşerit yama anten, en temel biçimiyle iki paralel iletkenin ince bir dielektrik profil ile birbirinden ayrılmasıyla oluşur. Üst yüzeyde ışıma amaçlı, alt

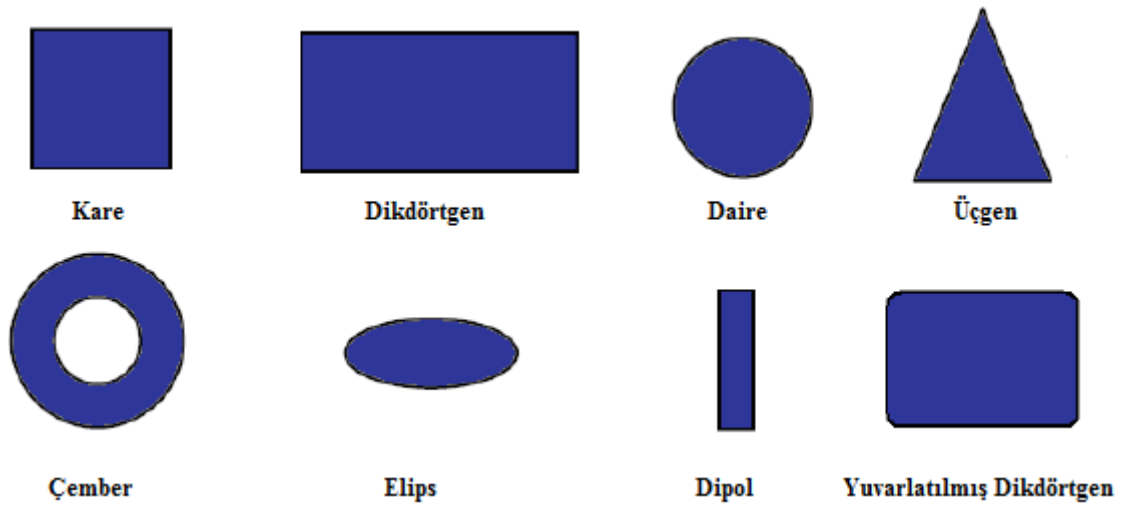
yüzeyinde topraklama amaçlı paralel iletken metaryaller kullanılır. Bakır veya altın gibi iletkenlik özelliği taşıyan metaryellerin, çeşitli şekilleri baz alınarak farklı özelliklerde ışıyan antenler elde edilebilir. Şekil 6.10'da mikroşerit yama antenin yapısı gösterilmektedir.



Şekil 6.10. Mikroşerit yama anten yapısı

Dikdörtgen bir mikroşerit yama antende iyi bir ışıma paterni ve uygun bir geri dönüş kaybı elde etmek için aşağıdaki eşitsizlikler geçerlidir.

Mikroşerit yama antenlerde analiz ve performans hesaplamalarını sade hale getirmek amacıyla sinyal tarafı için kare, dikdörtgen, daire, eliptik, üçgen gibi temel şekillerde yama iletkenler tercih edilir (Emre, 2009).



Şekil 6.11. Mikroşerit yama antenlerde kullanılan temel yama şekilleri

Mikroşerit yama antenler üst yüzeydeki iletken yamanın kenarlarından, toprak düzlemine doğru oluşan enine alanlar ile ışınım yaparlar. Kaliteli bir ışınım performansı, kalın bir dielektrik profil, düşük dielektrik sabiti ile sağlanır. Bu durumda bant genişliği ve verimlilik artacak anten daha yüksek performansla ışınacaktır. Fakat bu özelliklerdeki bir mikroşerit yama antenin boyutları artabilir. Genelde anten yapısının yama ve toprak kısmı bakırdır. Dielektrik taban ise çok geniş bir aralıkta dalgalanan özelliklere sahip isteğe göre seçilen yalıtkan bir malzemedir. Dielektrik malzemenin kalınlığı genellikle 0.005 cm ile 0.635 cm arasında değişir. Yüksek frekanslarda entegre devrelerle birleştirilme kolaylığı sağlamak amacıyla FR-4 malzeme kullanılır. Bakır yamanın kalınlığı genellikle 0.035 mm ile 0.070 mm arasında değişir. Dielektrik tabanların elektriksel özellikleri dielektrik sabiti ve kayıp tanjantı ile belirlenir. Bu kayıp tanjantı ne kadar büyük olursa anten verimi de o derece düşük olur. Bu nedenle çoğu zaman düşük tanjantlı malzemeler tercih edilir. (İpek, 2007)

Mikroşerit anten tasarımında tercih edilen dielektrik profillerin dielektrik sabitleri genellikle  $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$  aralığındadır. Burada  $\epsilon_r$  relatif dielektrik sabitini göstermektedir. Antenin (yamanın) boyutları dielektrik sabitine göre hesaplanır. Yüksek dielektrik sabiti seçimi, antenin boyutlarını küçültür. Benzer şekilde yamanın kenarlarında oluşan saçaklama etkisini arttırarak, antenin elektriksel uzunluğunu arttıracaktır. Fakat boyutları arttırma pahasına, düşük dielektrik sabitine sahip dielektrik profiller ile yapılan dizaynlarda daha yüksek verim ve bant genişliği elde edilmektedir.

Gerçekte, tüm bu sistem, bütün yanal yüzeyi açık olan bir rezonatördür. Mikroşerit antenlerden radyasyon, toprak levhası ve mikroşerit anten iletkeninin kenarı arasındaki saçak alanlarından yayımlanır. Sınır şartı, ilk yaklaşıklıkla, açık alan yanal yüzeydeki teğetsel Magnetik alan bileşenlerinin sıfır olmasıdır. Böylece, herhangi bir mod için, alan bileşenleri ifade edilebilir. Rezonatör, uygulamada bir mikroşerit hatla beslendiğinden, içinde alt ve üst plakalara dik bir elektrik alan bileşeni vardır. Uzaya ışınlanan alan, rezonatörün çevresindeki alanlar tarafından oluşturulur. Bu sebepten, bu alanların, hassas bir çözümle ifadesi gerekir.

Mikroşerit yama antenlerin, anten yapıları içinde önemli bir gelişme ve yenilik sağlamanın asıl nedeni daha çok elektriksel olmayan özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Mikroşerit yama antenler düşük bir profil ve ağırlığa sahiptir, mikrodalga tümleşik devrelerine (MIC) rahatlıkla uyum sağlayabilir. Küçük

olmalarından dolayı ve devre elemanlarıyla aynı dielektrik katmanı paylaşabilmeleri nedeniyle kolayca entegre devre yapılarına uyum sağlayabilir ve taşınabilir cihazların boyutlarını büyütmezler. Eğer malzeme ve fabrikasyon giderleri engelleyici değilse sistem çok ucuza mal edilebilir. (İpek, 2007)

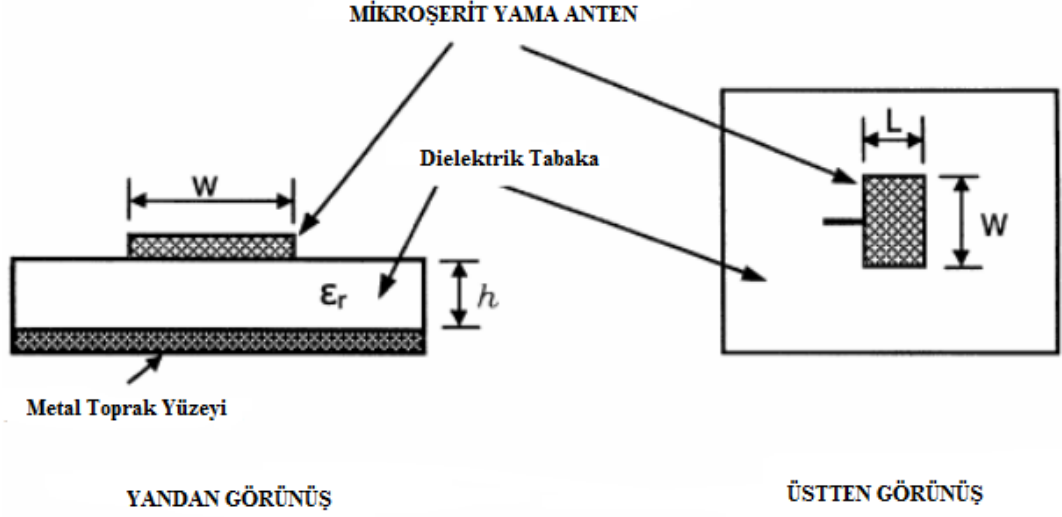
Mikroşerit yama antenlerin küçük boyutlara indirilebilen yapıları sebebi ile kablosuz uygulamalarda popülariteleri gittikçe artmaktadır. Tümleşik sistemlere uyumlu olmaları nedeniyle, cep telefonları, diz üstü bilgisayarlar gibi kablosuz cihazlarda, uzay araçlarında ve uçaklarda telemetri veya haberleşme antenleri olarak tercih edilmektedirler.

Başlıca avantajları aşağıda listelenmiştir:

- Hafiflikleri ve düşük hacimli yapıları
- Küçük profilli düzlemsel yapıları nedeniyle, yüzeylere kolayca uyumlu monte edilebilmeleri
- Düşük fabrikasyon maliyeti ile yüksek miktarlarda üretilebilmeleri
- Lineer ve dairesel polarizasyonun her ikisini de sağlamaları
- Mikrodalga entegre devrelere (*MICs*) kolayca entegre edilmeleri
- Dual veya çoklu band operasyon yetenekleri
- Düz yüzeylere monte edildiğinde yüksek mekaniksel dayanıklılıklarıdır.

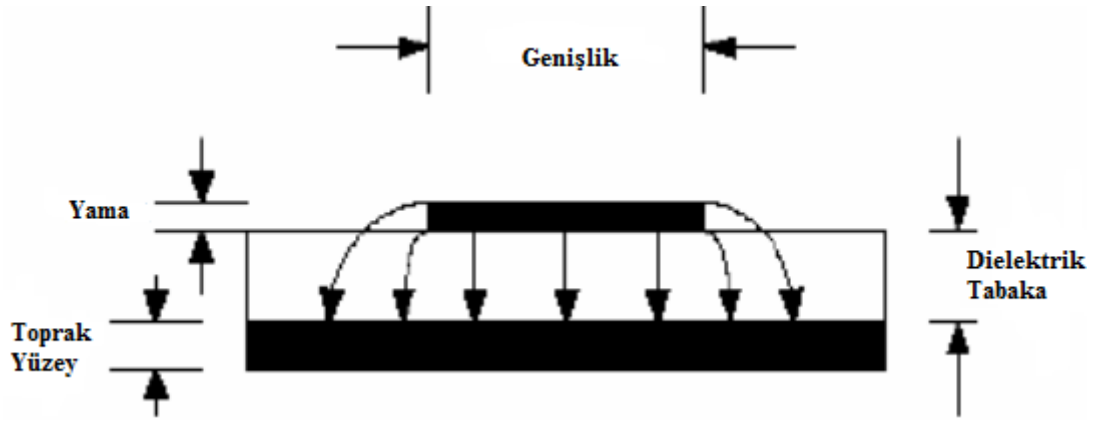
Mikroşerit yama antenlerin başlıca dezavantajları arasında ise aşağıdakiler sıralanabilir:

- Band genişliklerinin diğer anten tiplerine göre daha dar olması
- Anten verimliliklerinin diğer anten tiplerine göre daha düşük kalması
- Kazançlarının diğer anten tiplerine göre düşük kalması
- Besleme ve parçalar arasındaki geçiş noktalarında istenmeyen ışımlar
- Diğer anten tiplerine göre düşük güçlerde ışıyabilmeleri
- Çalışma esnasında yüzey dalgalarının oluşabilmesi



Şekil 6.12. Dikdörtgen Yama Anten

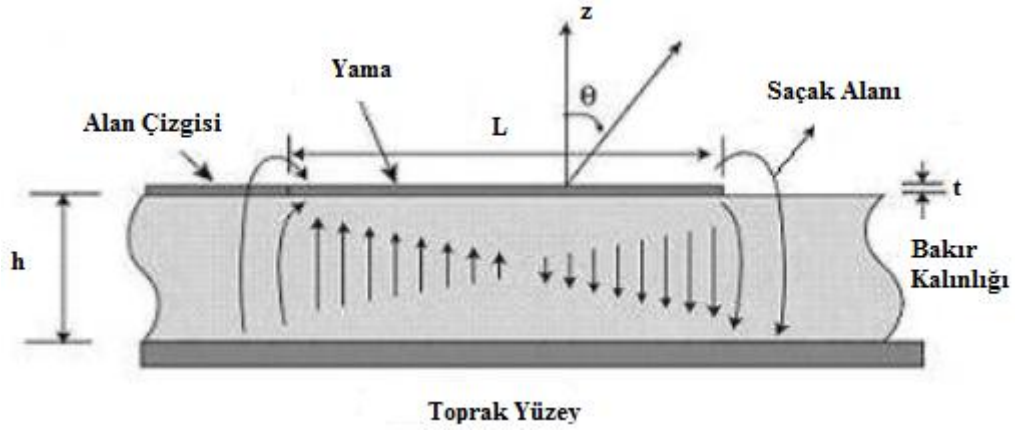
Mikroşerit anten yapılarında yamanın kenarları açıklık gibi davranır ve yapı içerisindeki alan tarafından uyarılır. Bu uyarılma sayesinde yamanın kenarları ve en alttaki toprak yüzey arasında Şekil 6.13’de gösterildiği gibi elektromanyetik dalgalar oluşur ve anten ışıma yapar.



Şekil 6.13. Işıyan Yama Anten

Normal transmisyon hatlarında ışıyan kenarlar birbirine yakın olduğundan ışıma etkileri birbirini götürür ve sadece köşeler gibi süreksizlik bölgelerinden ışıma gerçekleşir. Bu nedenle mikroşerit anten yapılarında iletken yamanın genişliği normal transmisyon hatlarının genişliğinden büyük seçilir. Yama, uçlar arasındaki kenarlardan ışıma yapar ve yapının rezonansa girmesiyle beraber empedans uyumu sağlanmış olur. Bu sayede anten en üst verimlilik düzeyinde çalışır.



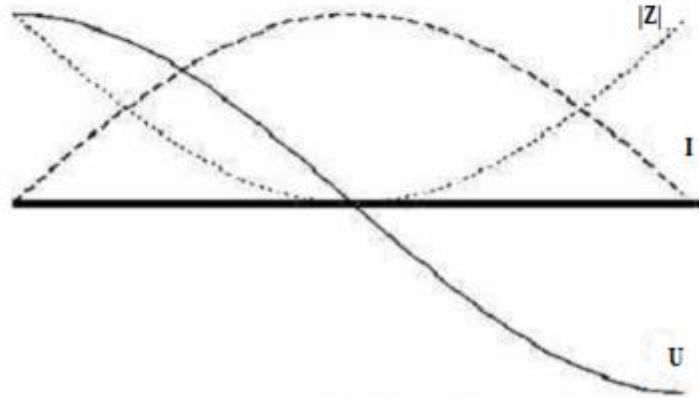
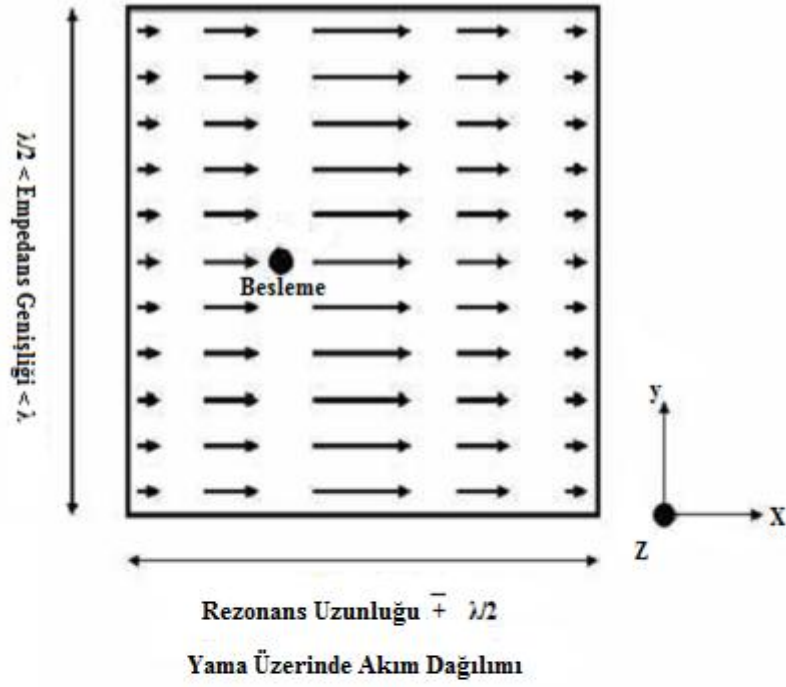


Şekil 6.14. Mikroşerit Antenin Transmisyon Hat Modeli

Mikroşerit antenler daha önce de bahsedildiği üzere dar bantlı ve düşük verimli yapılardır. Her ne kadar bu özellikler mikroşerit yapıların genel özellikleri olsa da, anten boyutlarında bazı oynamalar yapılarak iyileştirme sağlanabilir. Örneğin kullanılan dielektrik yapının kalınlığı artırılarak verimlilik %90 (yüzey dalgalarını oluşmaması durumunda), bant genişliği ise %35 oranlarında artırılabilir. Ancak bu yükseklik artışı aynı zamanda yüzey dalgalarının oluşmasına neden olarak köşelerden ve süreksizlik noktalarında ışıma gerçekleşmesine ve doğal olarak da güç kaybına, verimliliğin düşmesine, istenilen ışıma ve polarizasyon karakteristiklerinin bozulmasına sebep olur. Bu nedenle verimlilik artışı sağlayacak farklı yöntemler de göz önünde bulundurulmalıdır.

#### **Empedans uyumu;**

Antenin giriş empedansı antenin besleme uçlarındaki gerilim ve akımın oranıdır. Şekil 6.15’de gösterildiği gibi akım (manyetik alan) ve gerilim (elektrik alan) değerleri yama boyunca değişim göstermektedirler. Yamanın merkezinde akım değeri maksimum olurken gerilim düzeyi minimum değerine ulaşır. Bunun yanında yamanın kenarlarında ise akım değeri minimum olurken gerilim düzeyi maksimum değerine ulaşır.



**Rezonans Uzunluğu Boyunca Gerilim (U), Akım (I) ve Empedans (Z) Dağılımları**

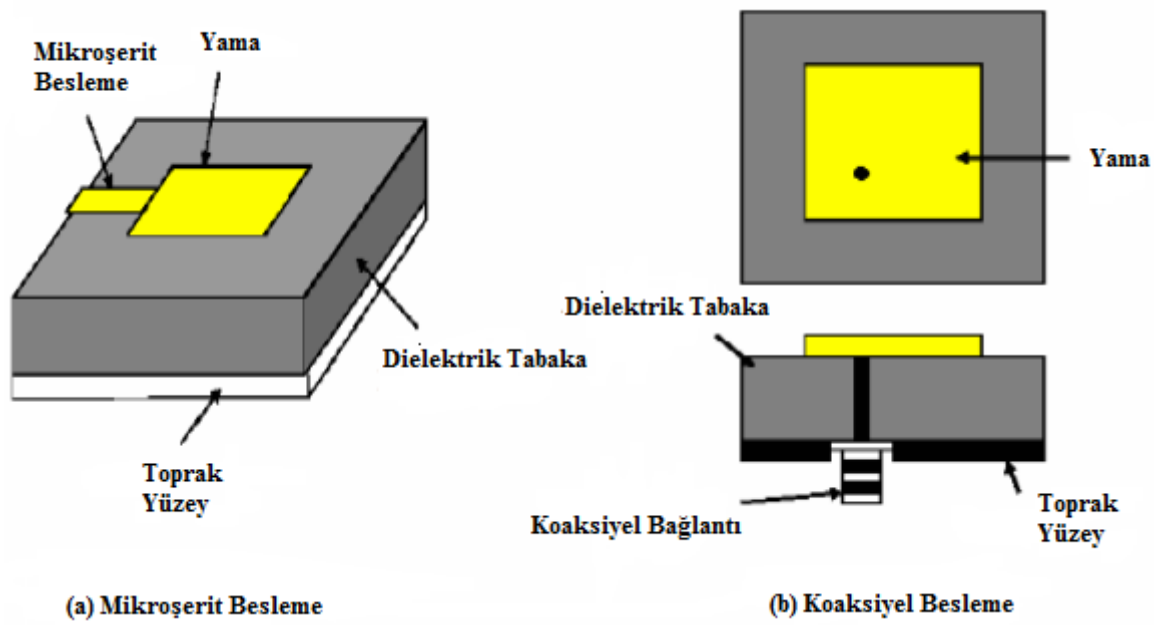
Şekil 6.15. Yama Üzerindeki Gerilim, Akım ve Empedans Değişimleri

### Beslenme Yöntemleri;

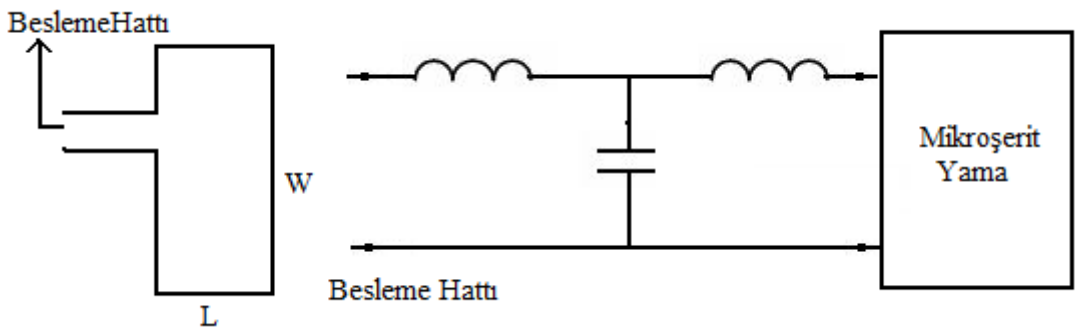
Mikroşerit yapılar da kullanılan besleme yöntemleri antenin giriş empedansı ve polarizasyonu üzerinde büyük önem taşır. Besleme yöntemleri temel olarak bağlantılı ve bağlantısız olmak üzere ikiye ayrılır. Bağlantılı olanda güç doğrudan ışıma yapacak olan yamaya iletilir. Diğer durumda ise güç, bağlantılı olmayan mikroşerit hat ve yama arasında oluşan elektromanyetik alan vasıtasıyla taşınır. Mikroşerit yama antenlerin beslenmesinde bir çok yöntem kullanılabilir. Bunların en popülerleri, bağlantılı yöntemlerden mikroşerit ve koaksiyel besleme, bağlantısız yöntemlerden açıklık kuplajlı ve yakınlık kuplajlı besleme yöntemleridir.

### 6.5.3.1 Mikroşerit besleme

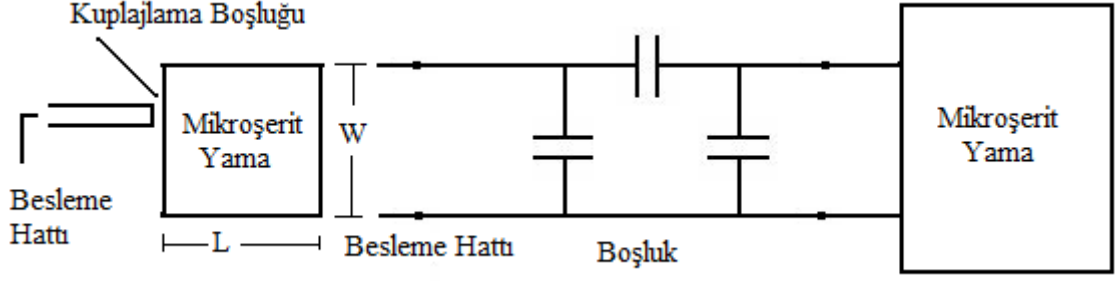
Şekil 6.16 (a)'da görüldüğü üzere bu besleme tekniğinde güç iletimi, yamanınkine kıyasla oldukça küçük bir genişliğe sahip mikroşerit hattın yamanın bir kenarına bağlanmasıyla gerçekleşir. Besleme için kullanılan mikroşerit hat, hattın yama ile aynı tabaka üzerine yerleştirilebilmesi sayesinde üretim kolaylığı, hattın pozisyonunun rahatlıkla değiştirilebilmesi sayesinde de empedans uygunlaştırma kolaylığı sağlar. Buna karşın kalın dielektrik tabaka kullanıldığı durumlarda yüzey dalgaları nedeniyle istenmeyen ışımalara neden olur. Bu nedenle bant genişliği 2-5% aralığında kalmaktadır.



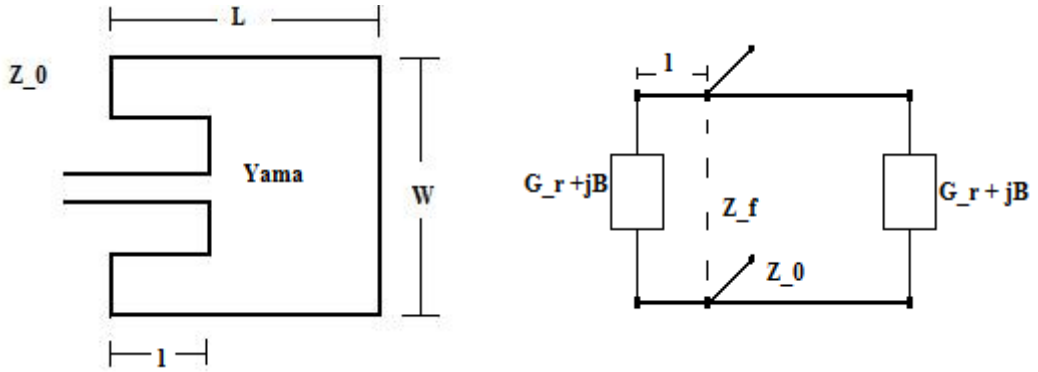
Şekil 6.16. Bağlantılı besleme yöntemleri



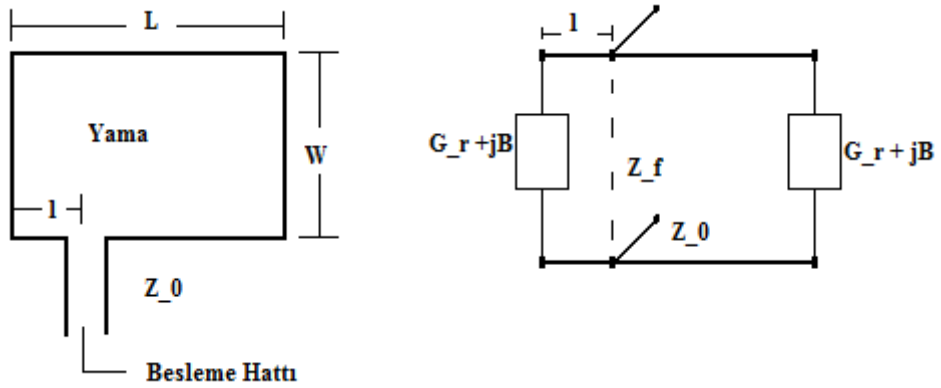
Şekil 6.17. Mikroşerit yama antenlerde ışıyan kenarda mikroşerit besleme eşdeğer devresi



Şekil 6.18. Mikroşerit yama antenlerde rezonatör bağlaşımlı mikroşerit besleme eşdeğer devresi



Şekil 6.19. Mikroşerit yama antenlerde ışınan kenarda gömme mikroşerit besleme eşdeğer devresi



Şekil 6.20. Mikroşerit yama antenlerde ışımayan kenarda mikroşerit besleme eşdeğer devresi

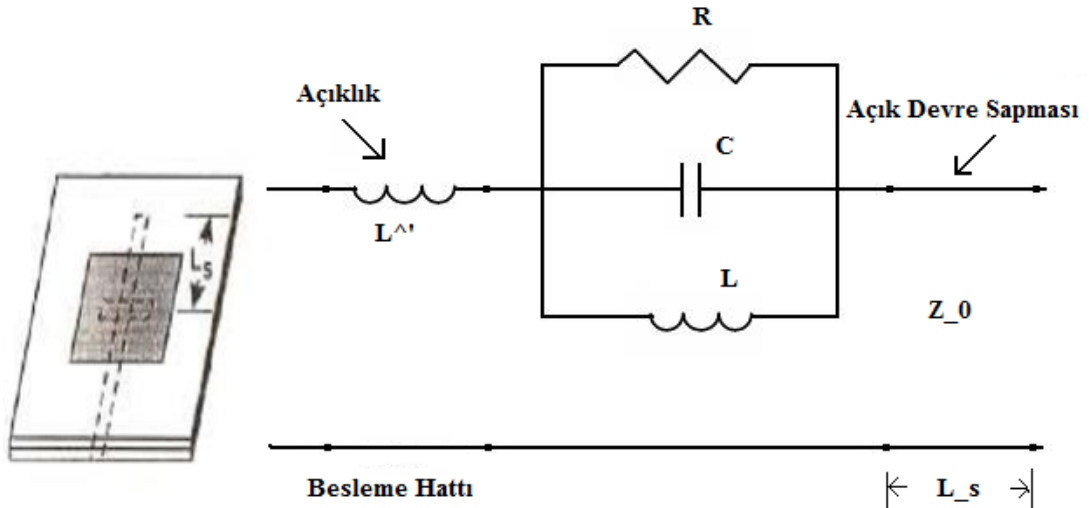
### 6.5.3.2. Koaksiyel prob ile besleme

Bu besleme tekniğinde koaksiyel yapı içerisindeki iletken, üst yüzeydeki yamaya temas edecek şekilde yerleştirilirken yapının dış iletken kısmı da bir bacak vasıtasıyla toprak yüzeye bağlanır. Şekil 6.16 (b)'de gösterilen yapının en önemli avantajı empedans uyumunun sağlanması açısından iletkenin yamanın herhangi bir noktasına temas ettirilebilmesidir. Buna ek olarak üretimi kolaydır ve mikroşerit

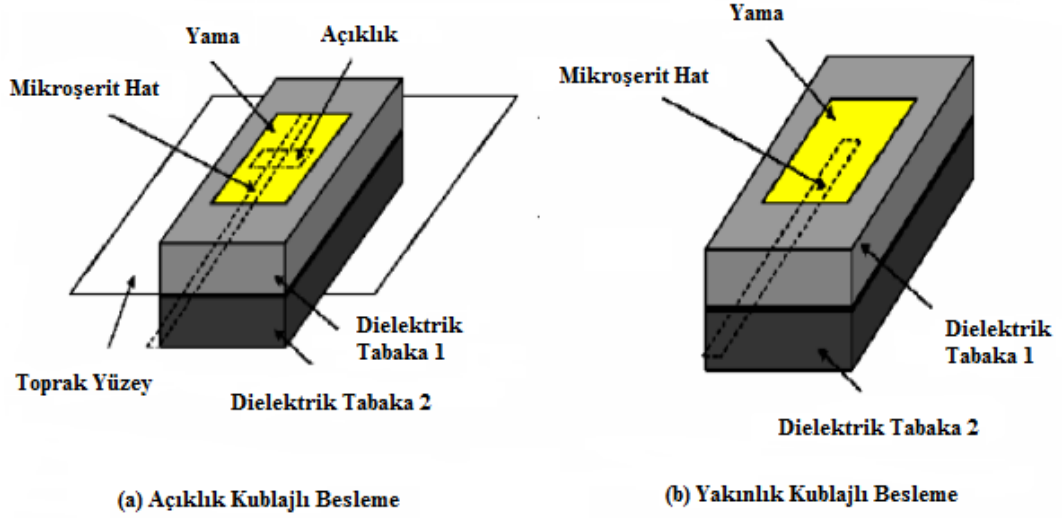
yapılara nazaran istenmeyen ışımaya düzeyi de düşüktür. Bunlara karşın dar bantlı ve kalın tabaka kullanıldığında modellemesi zor bir yapı ortaya koyar. Mikroşerit ve koaksiyel besleme çeşitlerinin her ikisi de yapıda asimetriye neden olarak çapraz polarizasyonlu ışımaya olanak veren yüksek dereceden modların oluşmasına sebep olurlar. Bu nedenle bazı durumlarda bu sorunu aşmak için bağlantısız besleme teknikleri kullanmak daha uygun olmaktadır.

### 6.5.3.3. Açıklık kuplajı

Bu yapı Şekil 6.21’de görüldüğü gibi toprak yüzeyin mikroşerit hat ve yama arasına yerleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Mikroşerit hat alttaki dielektrik tabakanın üstüne yerleştirilmiştir ve enerji toprak yüzeyde oluşturulan yarıklar sayesinde yamaya iletilebilmektedir. Alttaki dielektrik tabaka genellikle yüksek, üstteki de düşük dielektrik sabitli malzemelerden seçilir. Bu yapıda toprak yüzey besleme hattını ışımaya yapan yamadan izole ederek polarizasyon saflığını artırırken, istenmeyen ışımaların etkisini de düşürür. Yapının modellenmesi kolay olurken, üretimi bağlantılı besleme tekniklerine nazaran zor olmaktadır. Ayrıca dar bantlı davranış sergiler ve empedans uyumu genel olarak hat genişliğinin ve yarıklar uzunluklarının değiştirilmesiyle sağlanır.



Şekil 6.21. Açıklı kuplajlı besleme

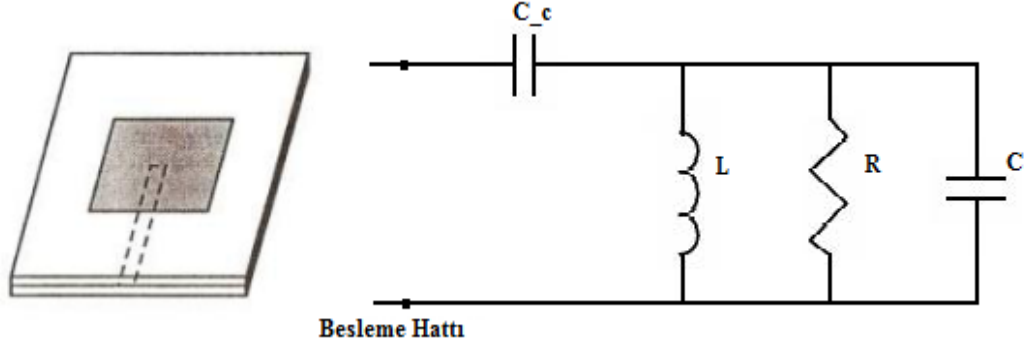


Şekil 6.22. Bağlantısız besleme yöntemleri

#### 6.5.3.4. Yakınlık kuplajı

Yakınlık kuplajı kullanacak şekilde tasarlanmış antenlerde iki tane dielektrik malzeme tabakası mevcuttur, besleme amaçlı kullanılan mikroşerit hat, iki dielektrik tabakanın ortasına yerleştirilir. Işımayı gerçekleştirecek olan sinyal yaması, yine üstteki dielektrik tabakanın üstünde yer alır. Toprak yaması ise alttaki dielektrik malzeme tabakasının altında yer alır. Sinyal yaması ile besleme arasında doğrudan bağlantı mevcut değildir, bunun yerine besleme hattına gelen elektriksel işaretler vasıtasıyla oluşan elektromanyetik dalgalar, sinyal yamasını indükleyerek, onun elektromanyetik dalga yayınlamasına sebep olurlar. Bu tip beslemeye sahip olan antenler, en yüksek band genişliğine ve en az sahte radyasyona sahip mikroşerit yama antenler olmakla birlikte, bu antenlerin tasarımı ve üretimi diğerlerine göre genel olarak daha zordur (Danış, 2009).

Bu yapının açıklık kuplajlı beslemeden farkı Şekil 6.23’de görüldüğü gibi besleme hattının toprak yüzeyin üstünde kalmasıdır.



Şekil 6.23. Mikroşerit yama antenlerde yakınlık bağışlımlı mikroşerit besleme eşdeğer devresi

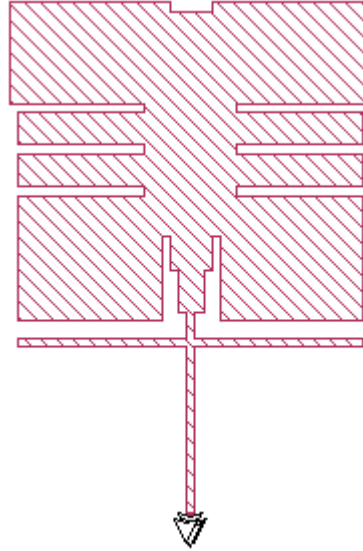
#### 6.5.4. Dizi antenler

Yukarıda haklarında bilgi verilen anten tiplerinin herhangi birinin, band genişliğini artırmak, yönlendiricilik kazancını veya çıkış gücünü yükseltmek gibi amaçlar için kendini belli bir benzerlik oranıyla tekrarlayan diziler şeklinde bir araya getirilmesi sonucunda ortaya çıkan anten tipine dizi anten adı verilir.

## 7. MİKROŞERİT YAMA ANTEN TASARIMI

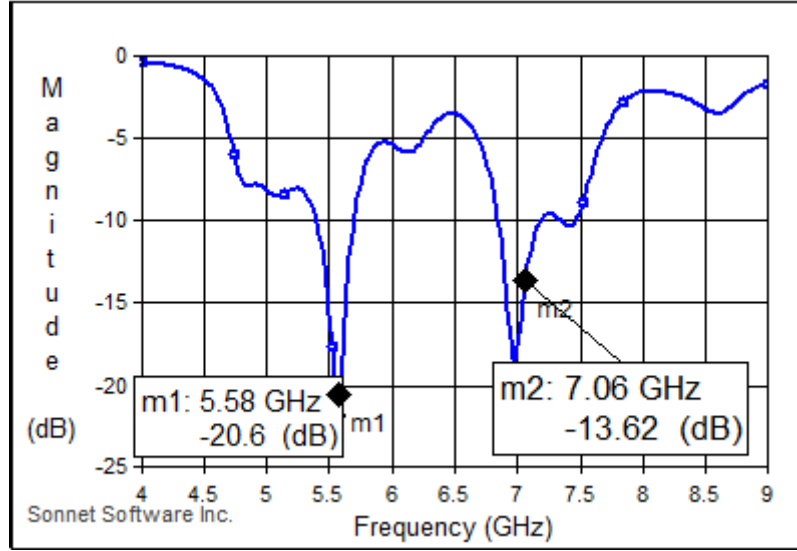
### TASARIM

Anten boyutları 30.15mm x 43.48mm. dielektrik kalınlığı 2.54mm, dielektrik sabiti 3.9 olarak tasarlanmıştır. Şekil 7.1’de antenin üstten görünümü ve Şekil 7.2’ de ilk tasarımın geri dönüş kaybı, Şekil 7.5’de phi-polarize elektrik alan radyasyon modeli, Tablo 7.1’de tasarım parametre değerleri gösterilmektedir. (Taha ve diğ., 2011)

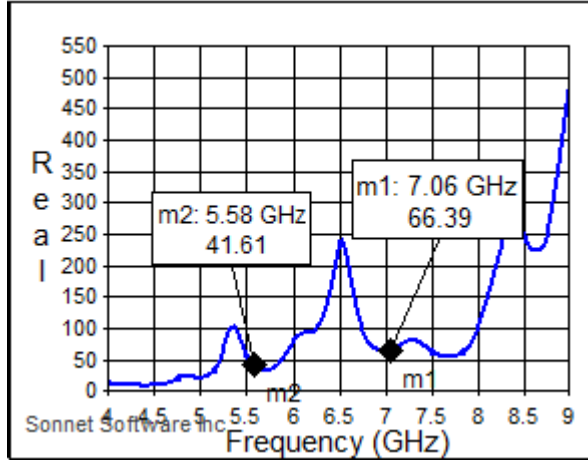


Şekil 7.1. Mikroşerit Antenin Üstten Görünümü

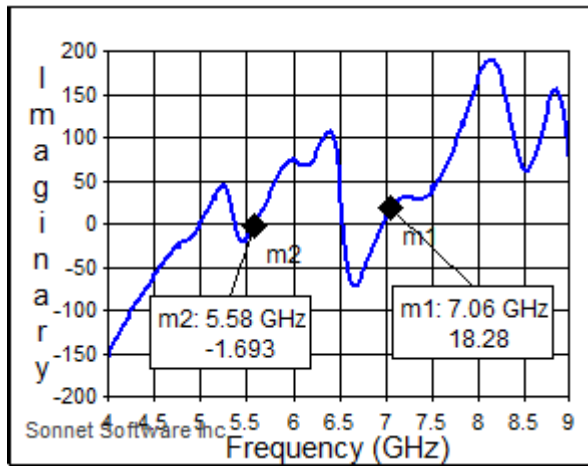




Şekil 7.2. Mikroşerit Yama Antende Geri Dönüş Kaybı

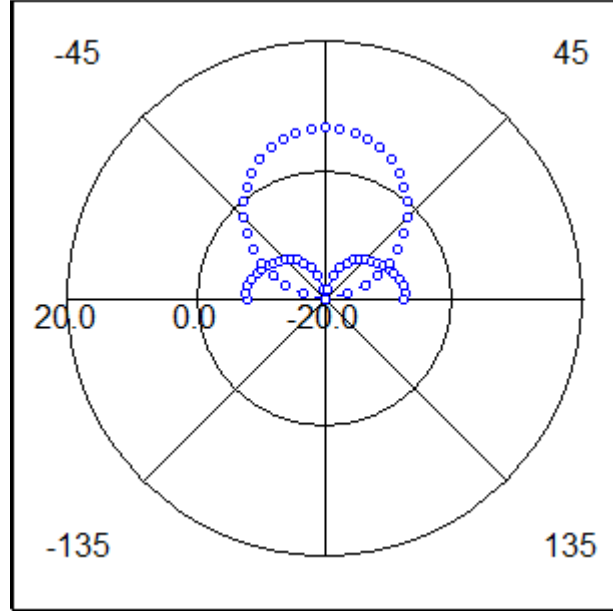


Şekil 7.3. Mikroşerit Yama Antenin Giriş Empedans Gerçel Kısmı



Şekil 7.4. Mikroşerit Yama Antenin Giriş Empedans İmajiner Kısmı

Şekil 7.3 ve Şekil 7.4’de 7.06GHz’de giriş empedansının gerçel kısmı 66.39  $\Omega$  ve imajiner kısmı 18.28  $\Omega$  olmaktadır.



Şekil 7.5. Mikroşerit Yama Antenin Uzak Alan Radyasyon Paterni

Tablo 7.1. Mikroşerit Yama Antenin Parametre Değerleri

Rezonans frekansı(GHz)	Band Genişliği(%)	Kazanç(dB)
7.06GHz	3.96%	6.75dB

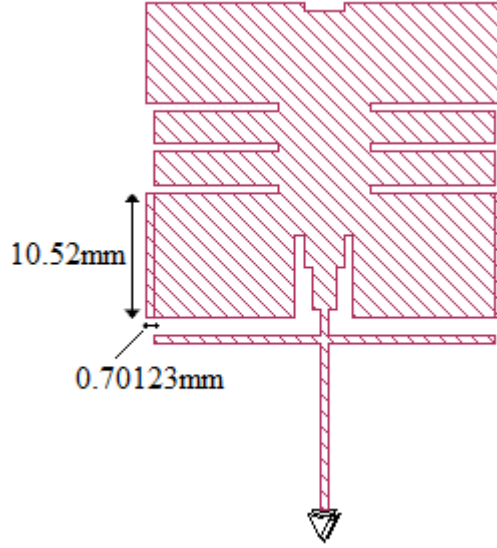
7.06GHz için geri dönüş kaybı -13.62dB, band genişliği %3.96 olmaktadır. Rezonans frekansı 5.58GHz’de kazanç elde edilmemektedir. Şekil 7.5’de çapraz polarizasyon düzeyleri (E-theta) -10dB etrafında olmaktadır.

Bu noktadan sonra farklı tasarımdan oluşan tasarım özelliklerini karşılaştırmak için bir parametrik çalışma yapıldı.

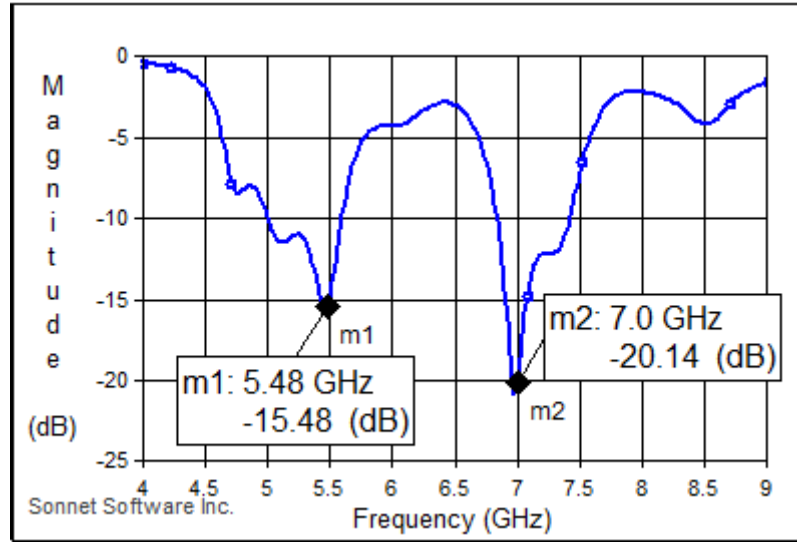
#### A. Tasarım 1

Şekil 7.6’de görüldüğü gibi iki dikdörtgen iletim hatları, antenin her iki tarafına eklendi. Şekil 7.7’de geri dönüş kaybı, Şekil 7.8 ve Şekil 7.9’da giriş empedansının gerçel ve imajiner kısmı, Şekil 7.11’de uzak alan radyasyon paterni gösterilmektedir.

Sonuç olarak geri dönüş kaybı, band genişliği ve kazanç bu adımda artmaktadır.

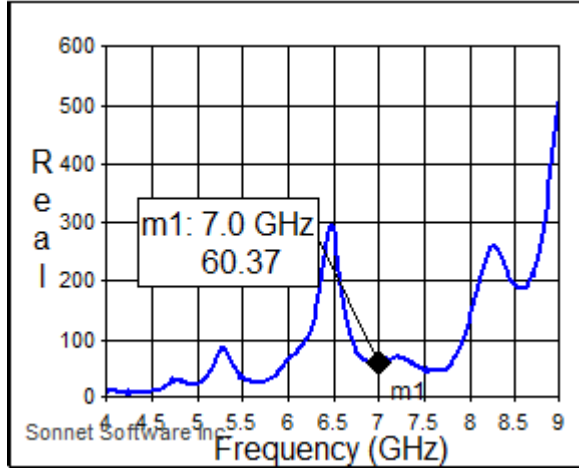


Şekil 7.6. Tasarım1'in Üstten Görünümü

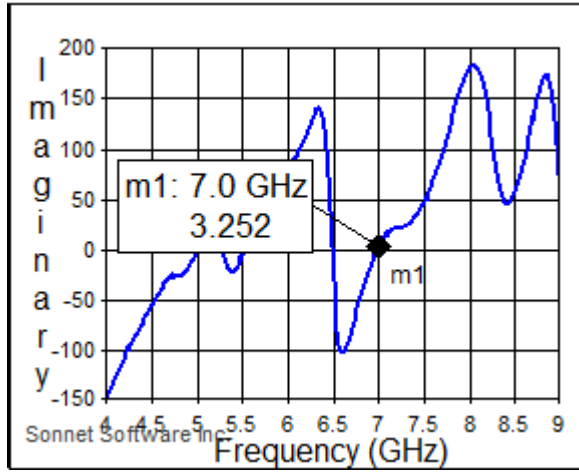


Şekil 7.7. Tasarım 1'in Geri Dönüş Kaybı

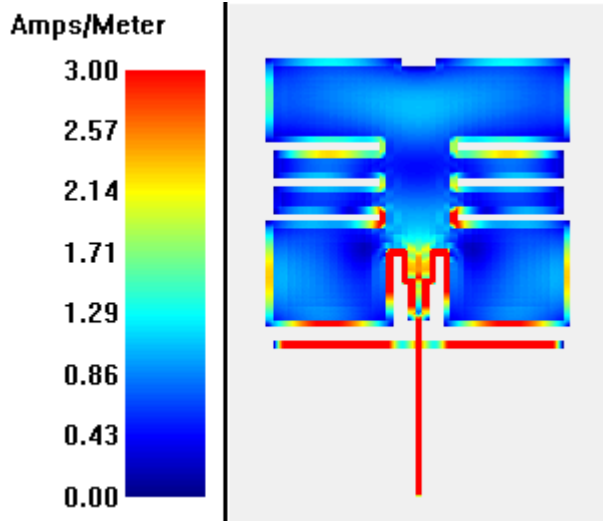
Şekil 7.7'de 2 rezonans frekansın da  $-15.48\text{dB}$  ve  $-20.14\text{dB}$ 'de ışımaya görünmektedir.  $5.48\text{GHz}$ 'de kazanç olmamaktadır. Tablo 7.2'de elde edilen parametre sonuçları yer almıştır.



Şekil 7.8. Tasarım 1'in Giriş Empedans Gerçel Kısmı



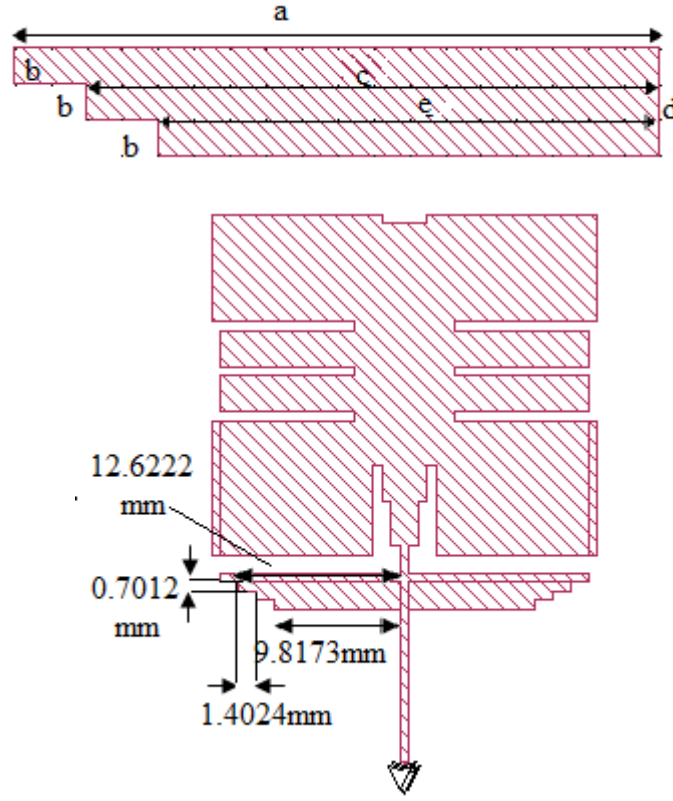
Şekil 7.9. Tasarım 1'in Giriş Empedans İmajiner Kısmı



Şekil 7.10. Tasarım 1'in 7GHz'de Akım Dağılımı



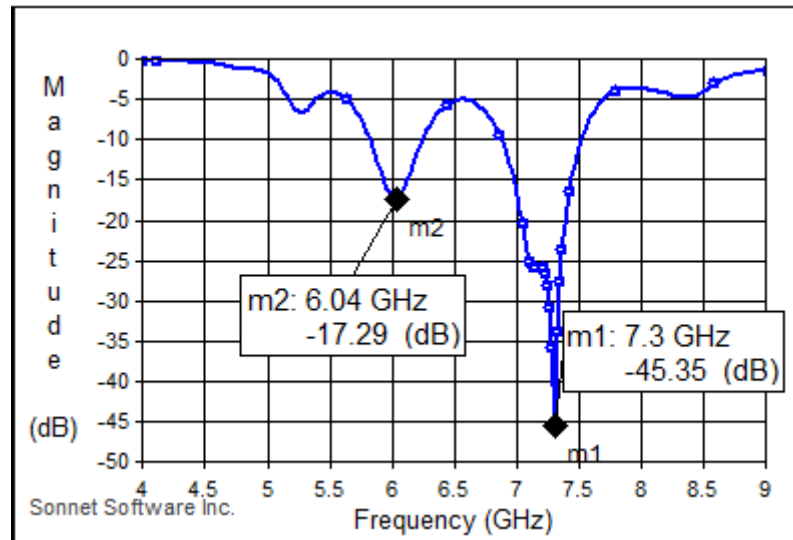
$$\text{Alan} = a.b+c.b+e.b = 23.6016 \text{ mm}^2$$



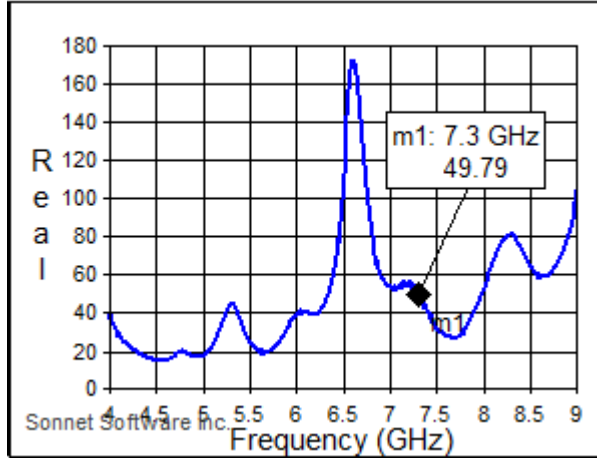
Şekil 7.12. Tasarım 2'nin Üstten Görünümü

Şekil 7.13'de geri dönüş kaybı ve Şekil 7.17'de uzak alan radyasyon paterni vardır. Tablo 7.3'de parametre değerleri gösterilmektedir.

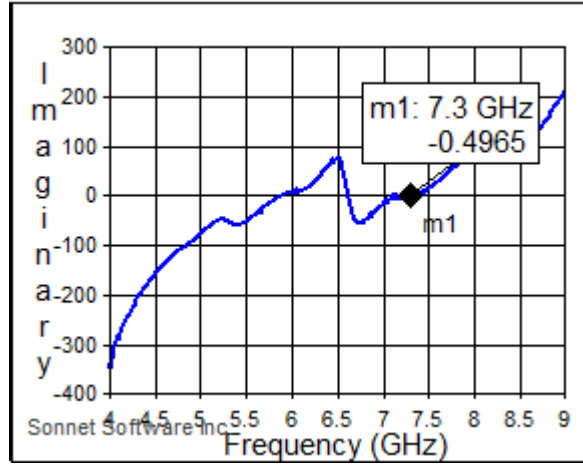
Geri dönüş kaybı önemli ölçüde azalır; band genişliği ve kazanç bu adım ile biraz artar.



Şekil 7.13. Tasarım 2'nin Geri Dönüş Kaybı

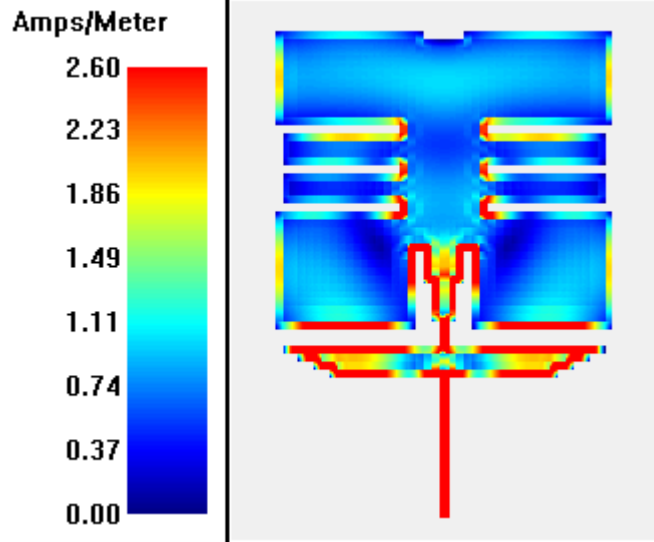


Şekil 7.14. Tasarım 2'nin Giriş Empedans Gerçel Kısmı

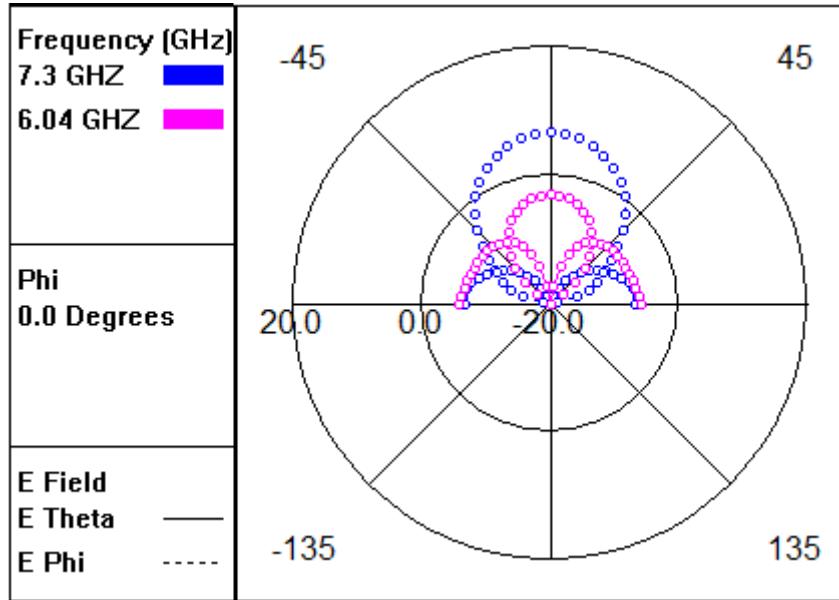


Şekil 7.15. Tasarım 2'nin Giriş Empedans İmajiner Kısmı

Şekil 7.14 ve Şekil 7.15'de giriş empedansının gerçel kısmı  $49.79\Omega$  ve imajiner kısmı  $-0.4965\Omega$  olmaktadır.



Şekil 7.16. Tasarım 2'nin Akım Dağılımı



Şekil 7.17. Tasarım 2'nin Uzak Alan Radyasyon Paterni

Tablo 7.3. Tasarım 2'nin Parametre Değerleri

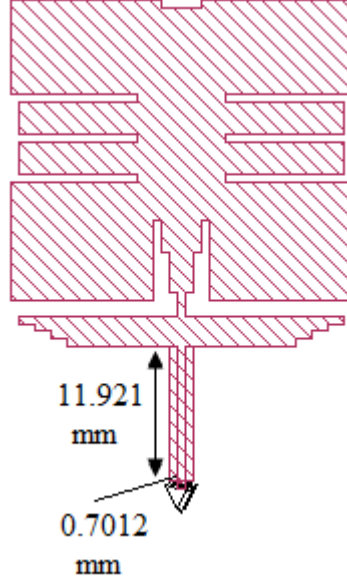
Rezonans Frek.(GHz)	Band Genişliği (%)	Kazanç (dB)
7.3GHz	8.76%	6.568dB

7.3GHz için geri dönüş kaybı -45.35dB, band genişliği %8.49 olmaktadır. Şekil 7.17'de çapraz polarizasyon düzeyleri (E-theta) -10dB etrafında olmaktadır.



### C. Tasarım 3

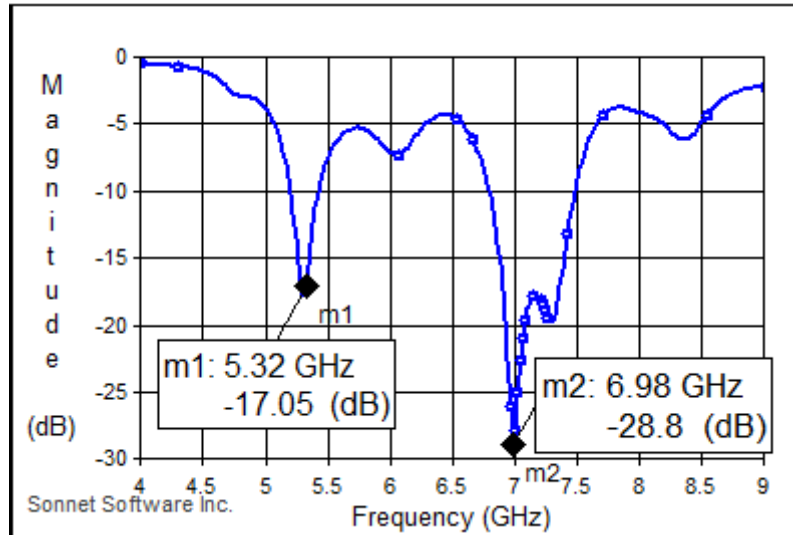
Bu adımda Şekil 7.18’de gösterildiği gibi besleme hattı genişletildi.



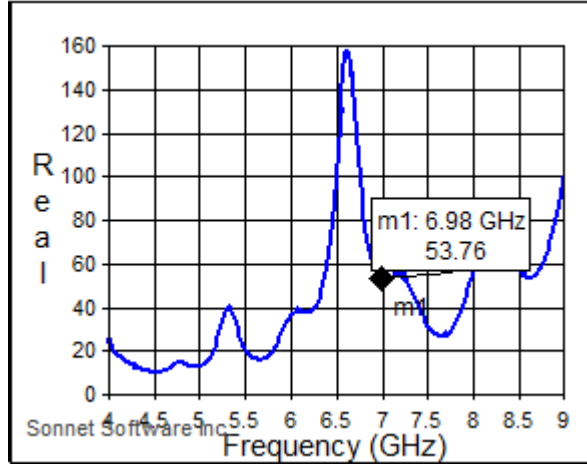
Şekil 7.18. Tasarım 3’ün Üstten Görünümü

Şekil 7.19’da geri dönüş kaybı, Şekil 7.23’de radyasyon paterni, Tablo 7.4’de parametre değerleri gösterilmektedir.

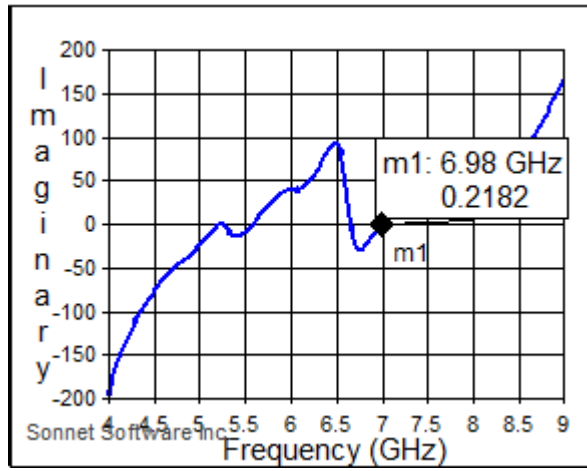
Sonuç olarak band genişliği ve kazanç bu adım ile biraz daha arttı.



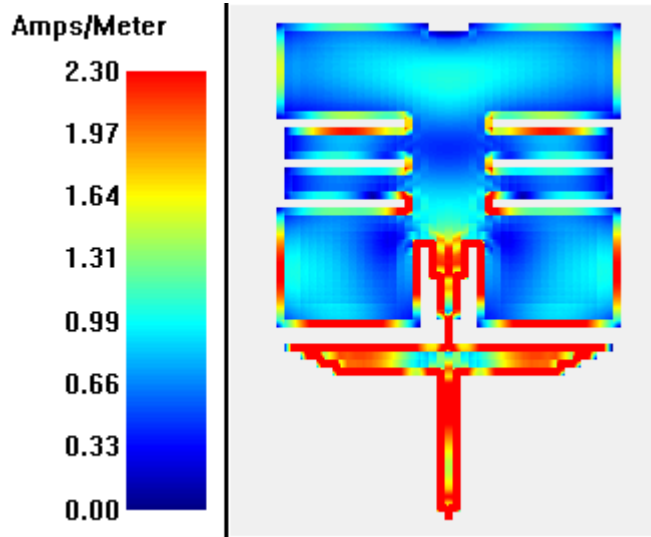
Şekil 7.19. Tasarım 3’ün Geri Dönüş Kaybı



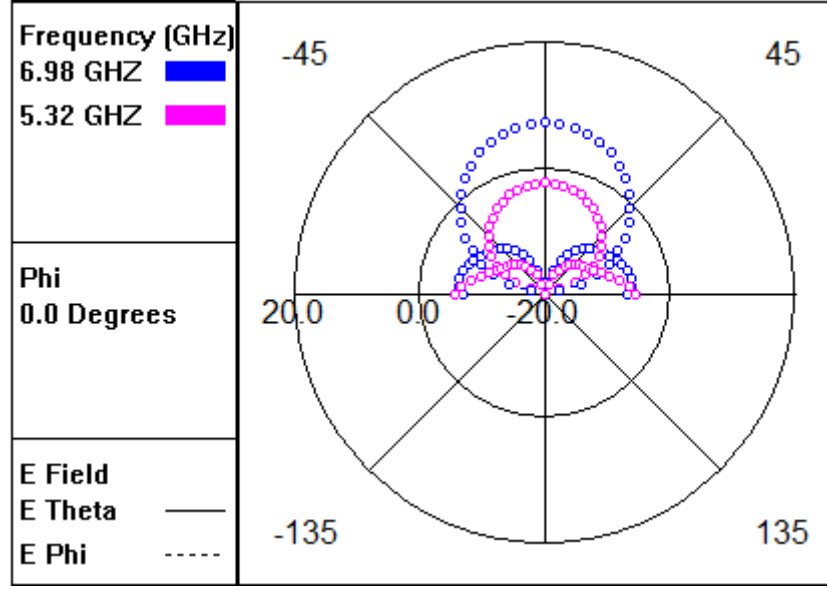
Şekil 7.20. Tasarım 3'ün Giriş Empedans Gerçel Kısmı



Şekil 7.21. Tasarım 3'ün Giriş Empedansının İmajiner Kısmı



Şekil 7.22. Tasarım 3'ün Akım Dağılımı



Şekil 7.23. Tasarım 3'ün Uzak Alan Radyasyon Paterni.

Tablo 7.4. Tasarım 3'ün Parametre Değerleri

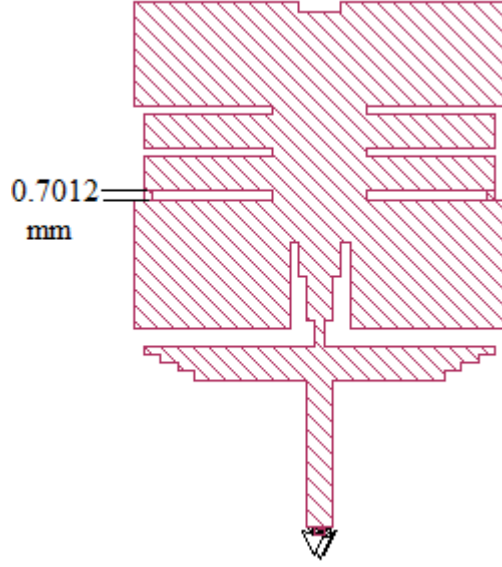
Rezonans Frek.(GHz)	Band Genişliği (%)	Kazanç (dB)
6.98GHz	9.74%	7.129dB

6.98GHz için geri dönüş kaybı -28.8dB, band genişliği %9.74 olmaktadır. Şekil 7.23'de çapraz polarizasyon düzeyleri (E-theta) -10dB etrafında olmaktadır. Şekil 7.20 ve Şekil 7.21'de giriş empedansının gerçel kısmı 53.76  $\Omega$  ve imajiner kısmı 0.2182  $\Omega$  olmaktadır.

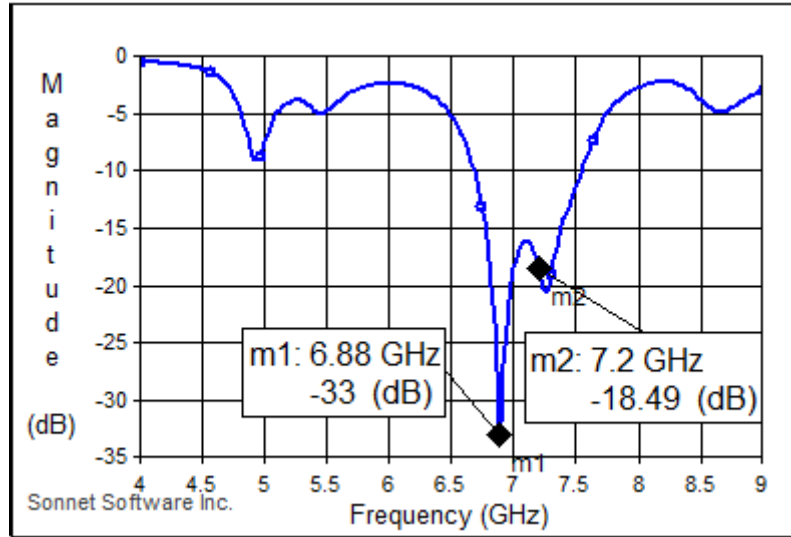
#### D. Tasarım 4

Şekil 7.24'de alt yarıklar küçük metallere ekleyerek yarıklar kapatıldı. Şekil 7.25'de geri dönüş kaybı, Şekil 7.30'da radyasyon paterni ve Tablo 7.5'de parametre değerleri gösterilmektedir.

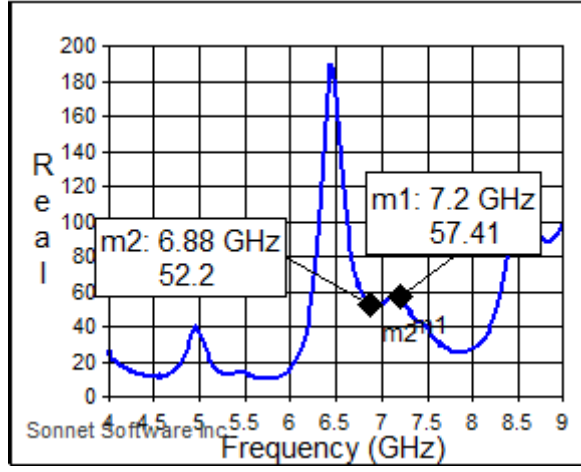
Sonuç olarak band genişliği %12.2'ye çıkmıştır.



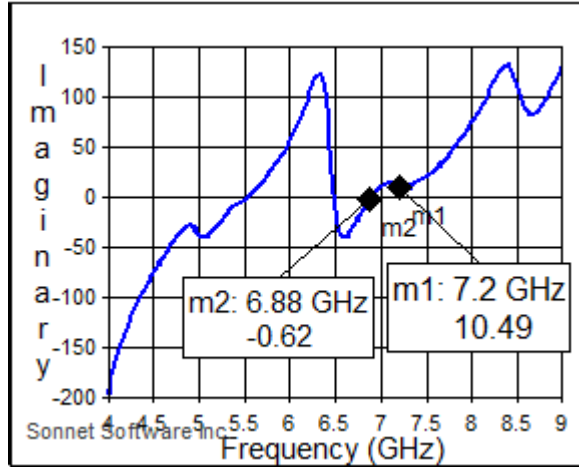
Şekil 7.24. Tasarım 4'ün Üstten Görünümü



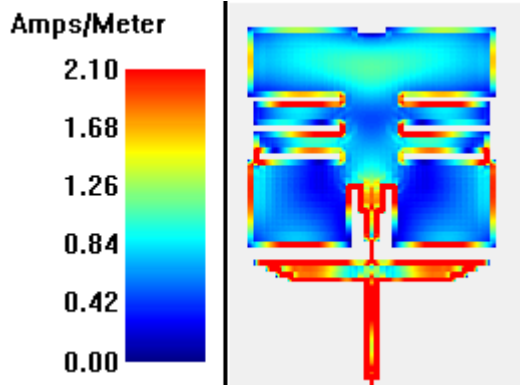
Şekil 7.25. Tasarım 4'ün Geri Dönüş Kaybı



Şekil 7.26. Tasarım 4'ün Giriş Empedans Gerçel Kısmı

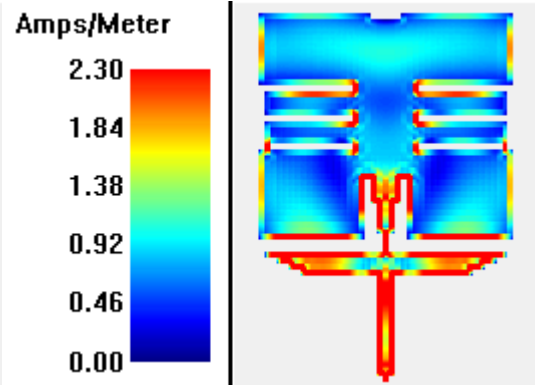


Şekil 7.27. Tasarım 4'ün Giriş Empedansının İmajiner Kısmı



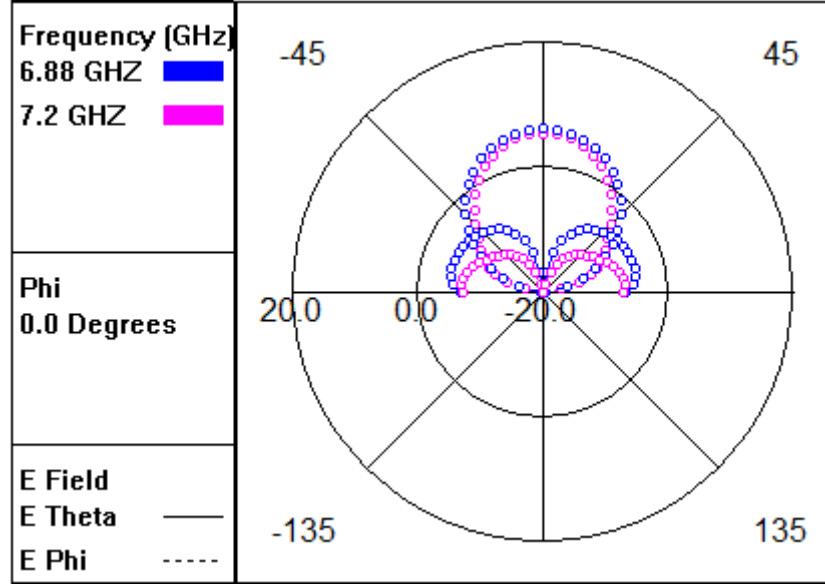
Şekil 7.28. Tasarım 4'ün 6.88GHz'de

Akım Dağılımı



Şekil 7.29. Tasarım 4'ün 7.2GHz'de

Akım Dağılımı



Şekil 7.30. Tasarım 4'ün Uzak Alan Radyasyon Paterni.

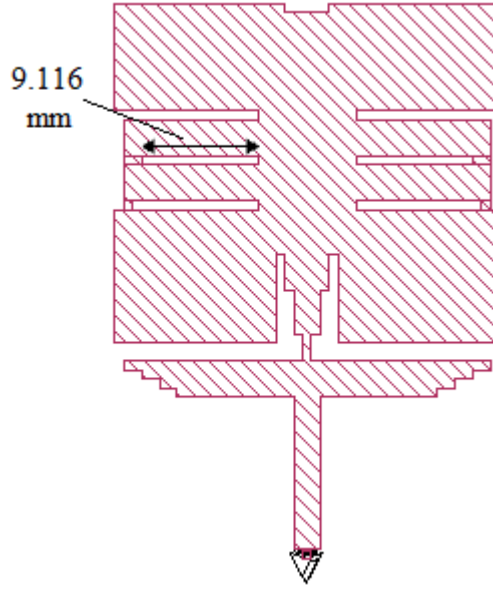
Tablo 7.5. Tasarım 4'ün Parametre Değerleri

Rezonans Frek.(GHz)	Band Genişliği (%)	Kazanç (dB)
6.88GHz	12.2%	6.156dB
7.2GHz	11.94%	5.378dB

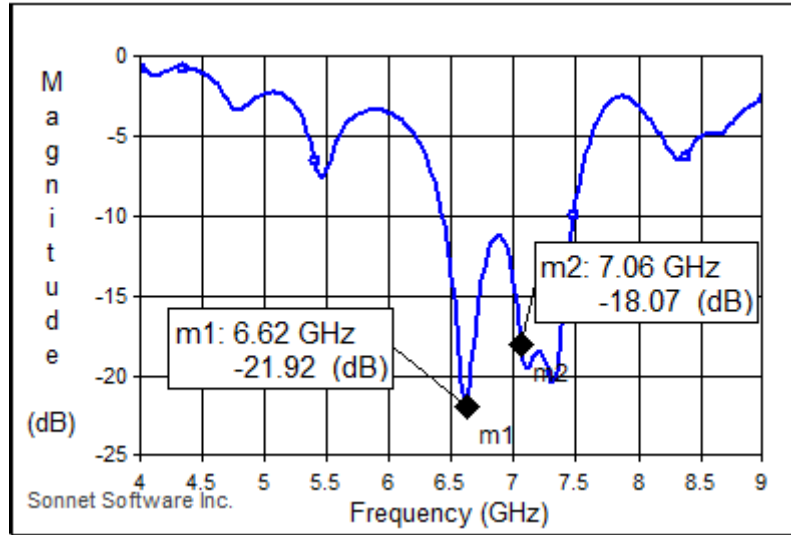
6.88GHz için geri dönüş kaybı -33dB, band genişliği %12.2 olmaktadır. Şekil 7.30'da çapraz polarizasyon düzeyleri (E-theta) -5dB ve -10dB etrafında olmaktadır. Şekil 7.26 ve Şekil 7.27'de giriş empedansının reel kısmı 52.2  $\Omega$  ve imajiner kısmı -0.62  $\Omega$  olmaktadır.

### E. Tasarım 5

Antende paralel olarak küçük metaller ekleyerek tekrardan üst yarıklar kapatıldı. Tasarım 4'e benzer bir adım daha burada yapılmış oldu. Şekil 7.31'de 1.4024mm x 0.7012mm boyutlarında metal parçalar gösterilmektedir. Bunun sonucunda 9.116mm uzunluğunda, küçük metaller ekleyerek iki simetrik parça eklendi. Şekil 7.32'de geri dönüş kaybı gösterilmektedir.

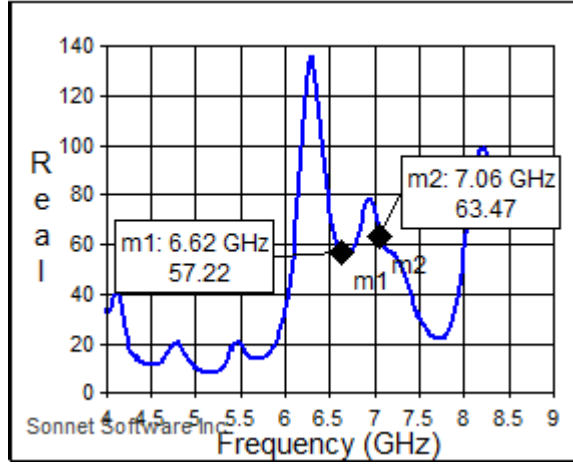


Şekil 7.31. Tasarım 5'in Üstten Görünümü

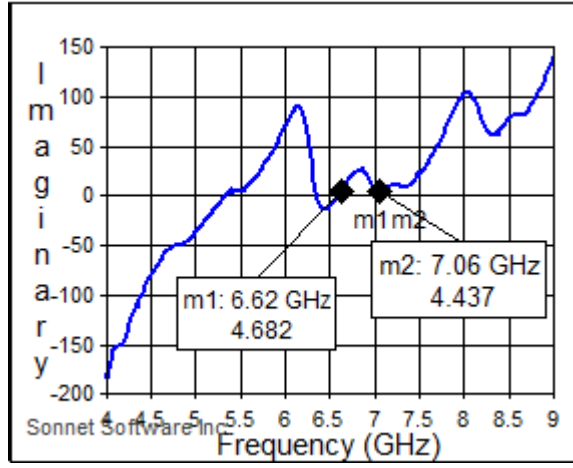


Şekil 7.32. Tasarım 5'in Geri Dönüş Kaybı

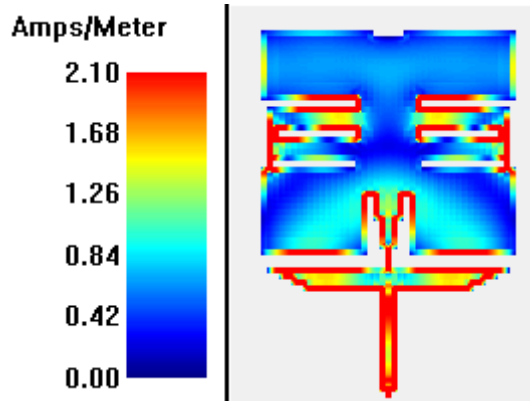
Sonuç olarak, kazanç azaldı ama band genişliği %14.4'e çıkmıştır.



Şekil 7.33. Tasarım 5'in Giriş Empedans Gerçek Kısmı

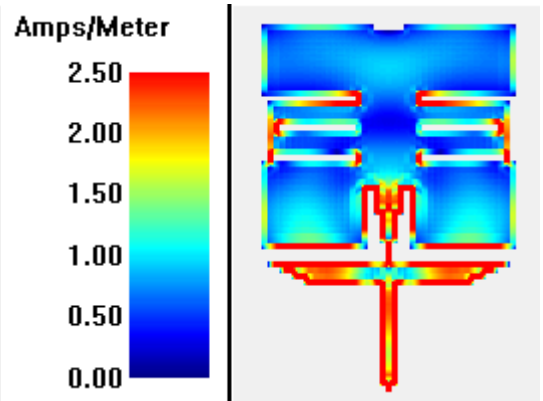


Şekil 7.34. Tasarım 5'in Giriş Empedans İmajiner Kısmı



Şekil 7.35. 6.6GHz Tasarım 5'in

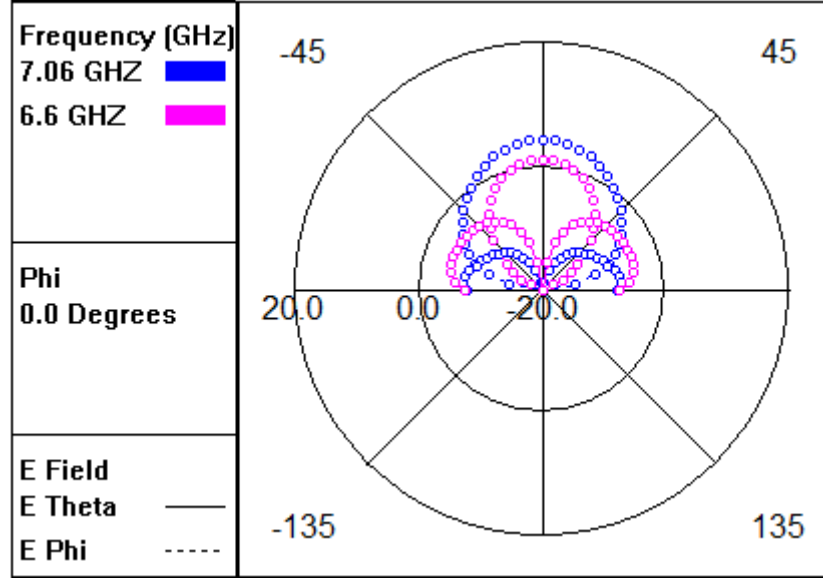
Akım Dağılımı



Şekil 7.36. 7.06GHz'de Tasarım 5'in

Akım Dağılımı





Şekil 7.37. 7.06GHz'de Tasarım 5'in Uzak Alan Radyasyon Paterni.

Tablo 7.6. Tasarım 5'in Parametre Değerleri

Rezonans Frekansı (GHz)	6.6GHz	7.06 GHz
S11	-21.92dB	-18.07dB
Band Genişliği (%)	15.45 %	14.4 %
Kazanç (dB)	0.98 dB	4.19 dB

7.06GHz için geri dönüş kaybı -18.07dB, band genişliği %14.4 olmaktadır. Şekil 7.37'de çapraz polarizasyon düzeyleri (E-theta) -10dB etrafında olmaktadır. Şekil 7.33 ve Şekil 7.34'de 7.06GHz için giriş empedansının gerçel kısmı 63.47  $\Omega$  ve imajiner kısmı 4.437  $\Omega$ , 6.6GHz için gerçel kısmı 57.22  $\Omega$  ve imajiner kısmı 4.682  $\Omega$  olmaktadır.

Parça uzunluğu arttığı zaman, yarık 8.4148mm ye düşürüldüğünde, tasarımın parametre değerleri değişimi Tablo 7.7'de gösterilmektedir. Burada kazançta artış görülmektedir.

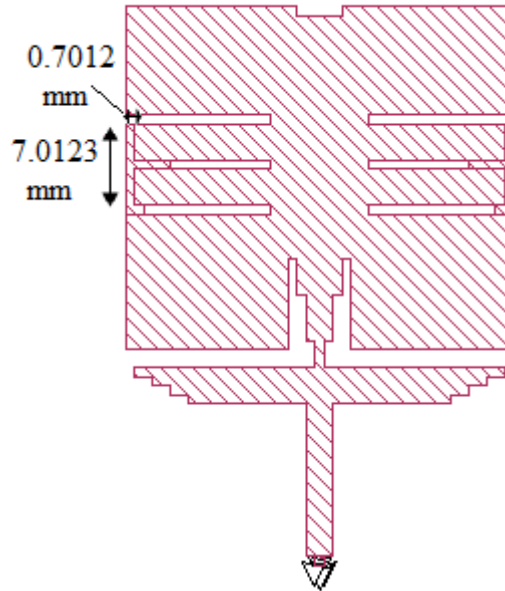
Tablo 7.7. Slot uzunlukları değiştirildiğindeki parametre değerleri

Rezonans Frekansı (GHz)	6.6GHz	7.12 GHz
S11	-20dB	-19.62dB
Band Genişliği (%)	15.1 %	14.04 %
Kazanç (dB)	1.99 dB	4.68 dB

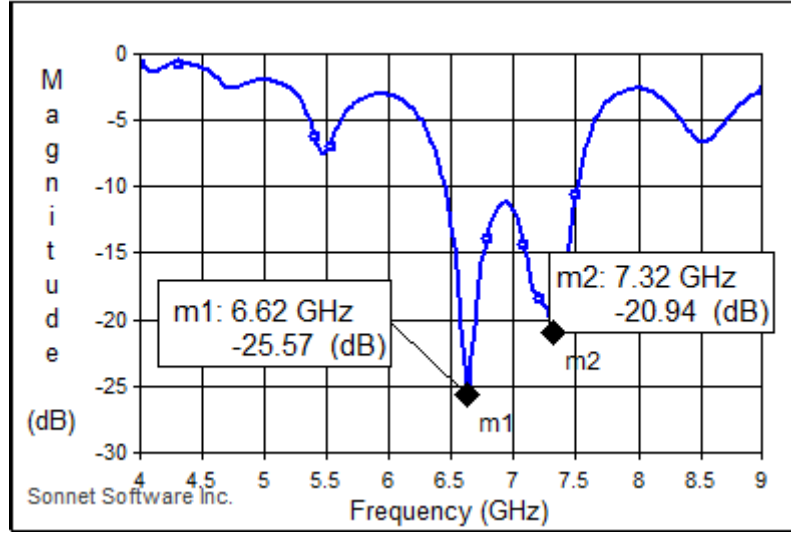
## F. Tasarım 6

Şekil 7.38’de gösterildiği gibi antenin her iki tarafına 7mm uzunluğunda metallere sağ ve sol taraf seviyesi için eklenir. Şekil 7.39’da geri dönüş kaybı, Şekil 7.44’de iki rezonans frekansı için radyasyon paterni gösterilmektedir (Derya, 2012).

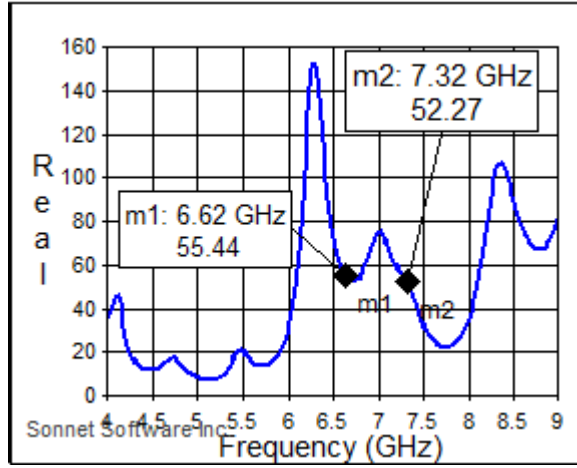
Sonuç olarak, 6.62GHz rezonans frekansında kazanç artmıştır.



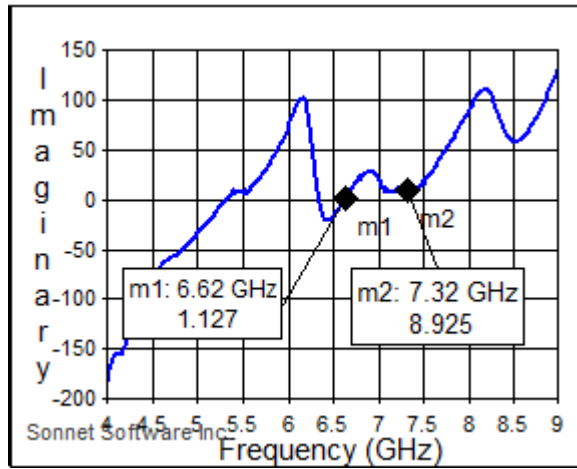
Şekil 7.38. Tasarım 6'nın Üstten Görünümü



Şekil 7.39. Tasarım 6'nın Geri Dönüş Kaybı

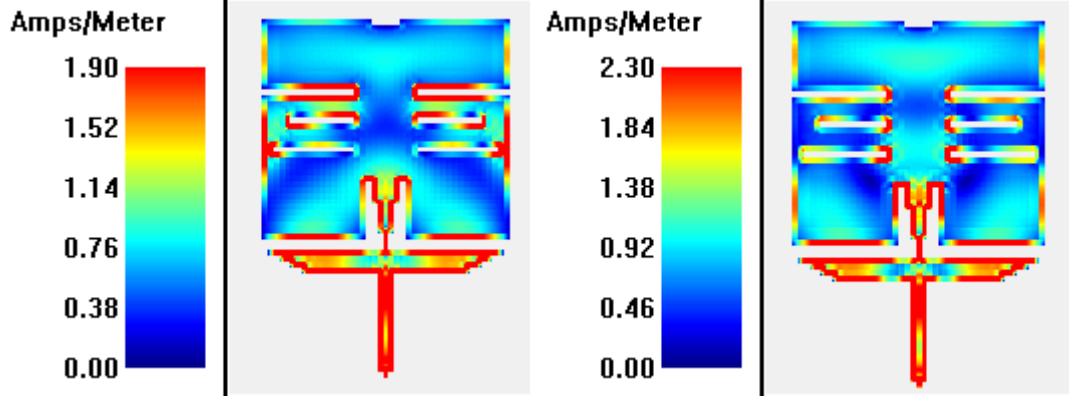


Şekil 7.40. Tasarım 6'nın Giriş Empedans Gerçel Kısmı



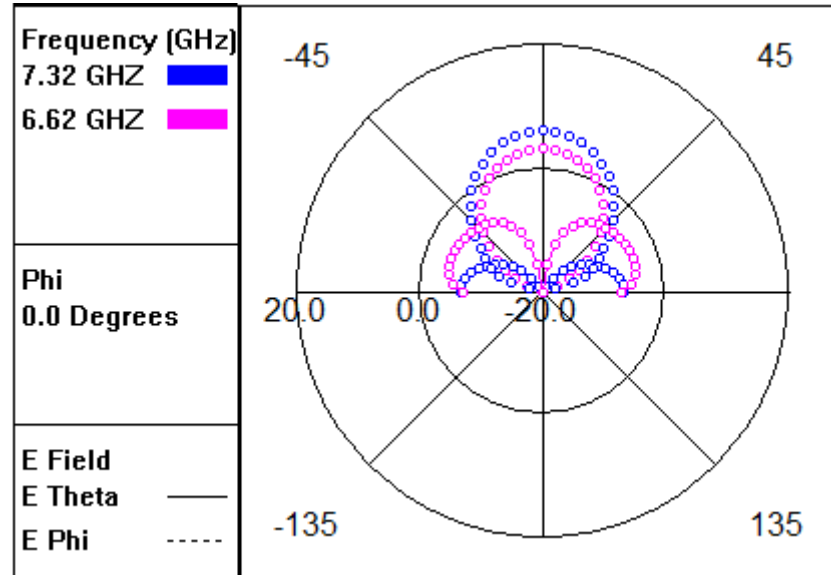
Şekil 7.41. Tasarım 6'nın Giriş Empedans İmajiner Kısmı

Şekil 7.39'da 6.62GHz için geri dönüş kaybı -25.57dB, band genişliği %15.7 ve 7.32GHz'de geri dönüş kaybı -20.94dB, band genişliği %14.2 olmaktadır. Şekil 7.40 ve Şekil 41'de 7.32GHz'de giriş empedansının reel kısmı 52.27  $\Omega$  ve imajiner kısmı 8.925  $\Omega$ , 6.62GHz'de 55.44  $\Omega$  ve imajiner kısmı 1.127  $\Omega$  olmaktadır. Şekil 7.42 ve Şekil 43'de mikroşerit yama antenin akım yoğun dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 7.42. 6.62GHz Tasarım 6'nın Akım Dağılımı

Şekil 7.43. 7.32GHz'de Tasarım 6'nın Akım Dağılımı



Şekil 7.44. 6.62 GHz ve 7.32 GHz'de Tasarım 6'nın Uzak Alan Radyasyon Paterni

Şekil 7.44'de çapraz polarizasyon düzeyleri (E-theta) -10dB ve -5dB etrafında olmaktadır.

Tablo 7.8. Tasarım 6'nın Parametre Değerleri

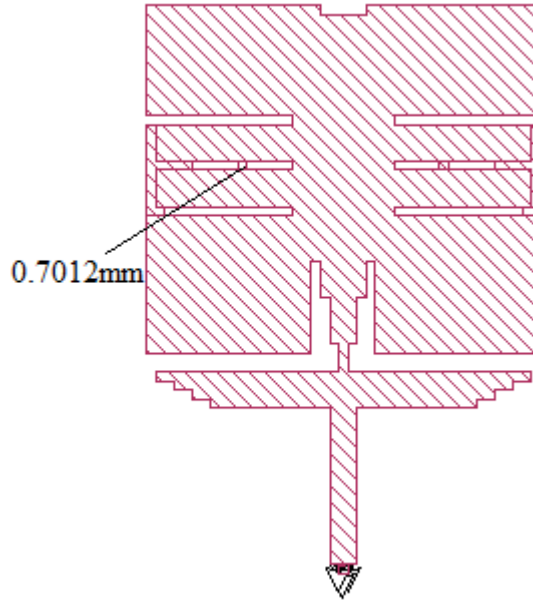
Rezonans Frekansı (GHz)	6.62GHz	7.32 GHz
S11	-25.57dB	-20.94dB
Band Genişliği (%)	15.7 %	14.2 %
Kazanç (dB)	3.116 dB	6.09 dB

Tablo 7.8'de rezonans frekanslarına göre S11, band genişliği ve kazanç değerleri verilmiştir.

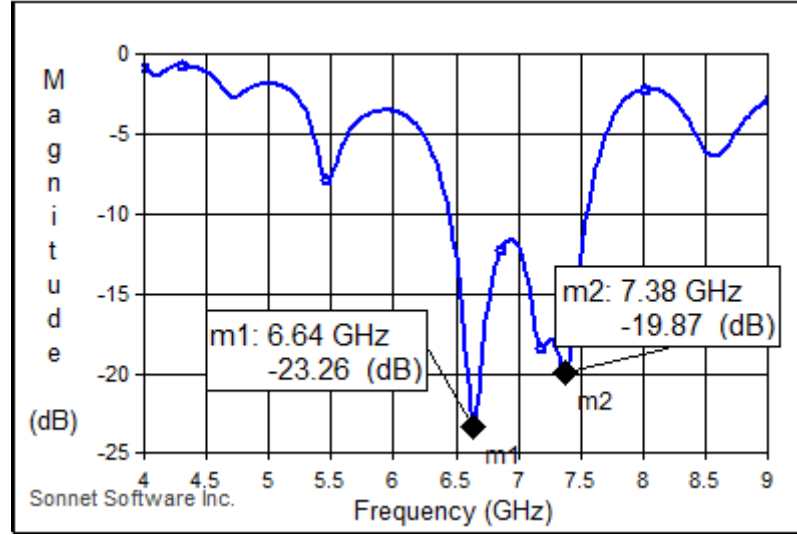
### G. Tasarım 7

Şekil 7.45'de görüldüğü gibi 0.7012mmX0.7012mm uzunluğunda sağ ve sol tarafa küçük metaller eklenmektedir. Şekil 7.46'da geri dönüş kaybı gösterilmektedir.

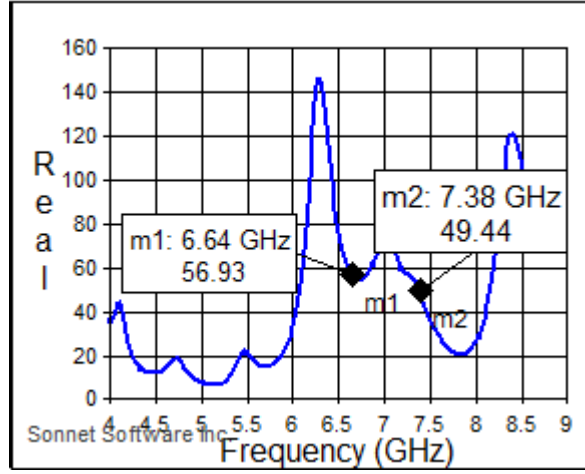
Sonuç olarak, band genişliği ve kazanç biraz artmaktadır.



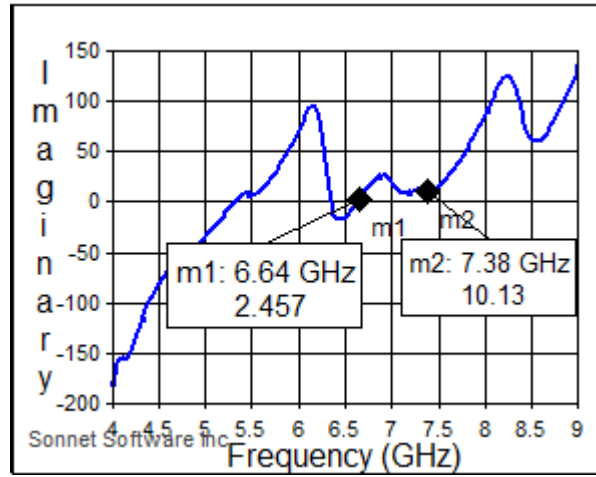
Şekil 7.45. Tasarım 7'nin Üstten Görünümü



Şekil 7.46. Tasarım 7'nin Geri Dönüş Kaybı

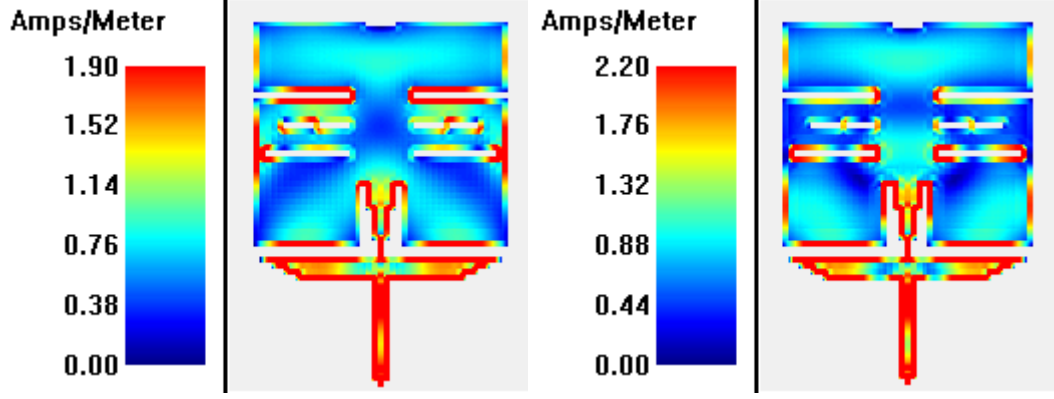


Şekil 7.47. Tasarım 7'nin Giriş Empedans Gerçel Kısmı



Şekil 7.48. Tasarım 7'nin Giriş Empedans İmajiner Kısmı

Şekil 7.47 ve Şekil 7.48’de 6.64GHz’de giriş empedansının reel kısmı 56.93  $\Omega$  ve imajiner kısmı 2.457  $\Omega$ , 7.38GHz’de 49.44  $\Omega$  ve imajiner kısmı 10.13  $\Omega$  olmaktadır. Antenin akım dağılım yoğunluğu Şekil 7.49 ve Şekil 7.50’de gösterilmektedir.

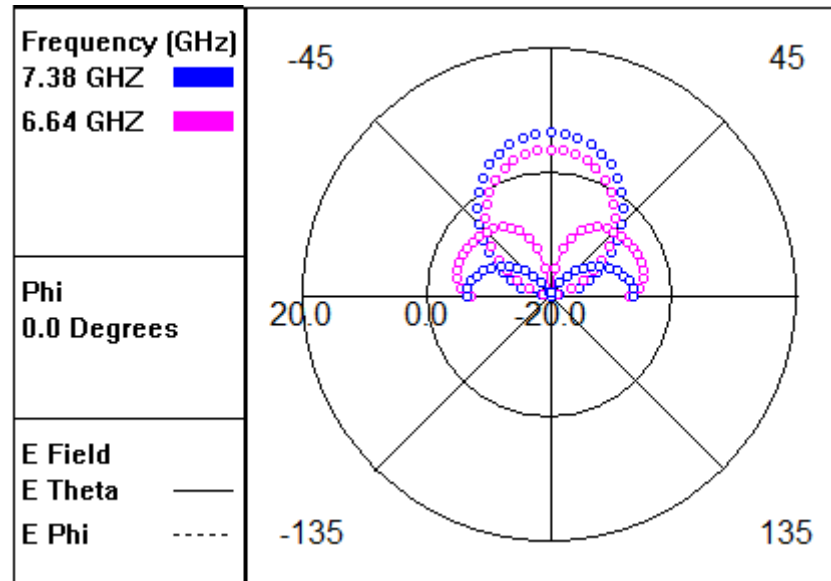


Şekil 7.49. 6.64GHz Tasarım 7’nin

Şekil 7.50. 7.38GHz’de Tasarım 7’nin

Akım Dağılımı

Akım Dağılımı

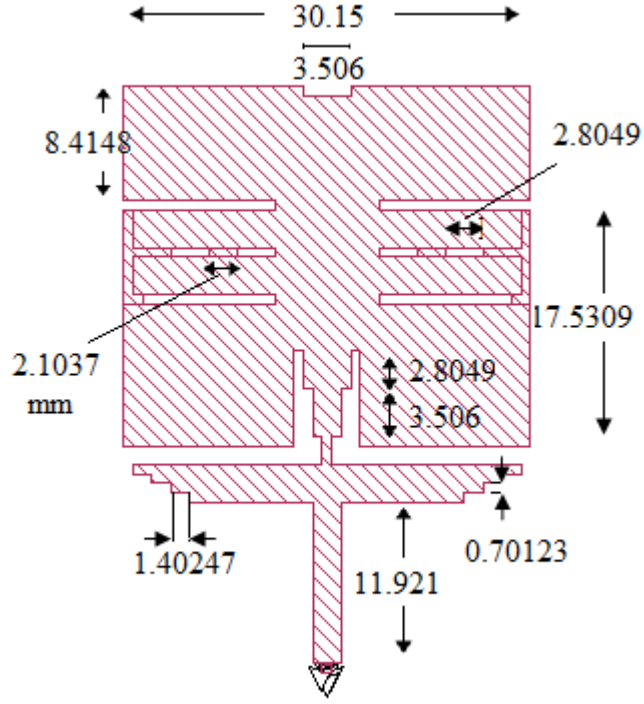


Şekil 7.51. 6.64GHz ve 7.38GHz ‘de Tasarım 7’nin Uzak Alan Radyasyon Paterni

Şekil 7.51’de çapraz polarizasyon düzeyleri (E-theta) -10dB ve -5dB etrafında olmaktadır. Tablo 7.9’da parametre değer değişimleri gösterilmektedir.

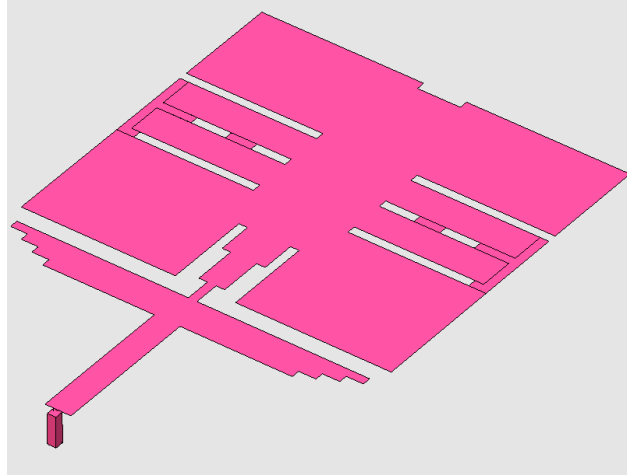




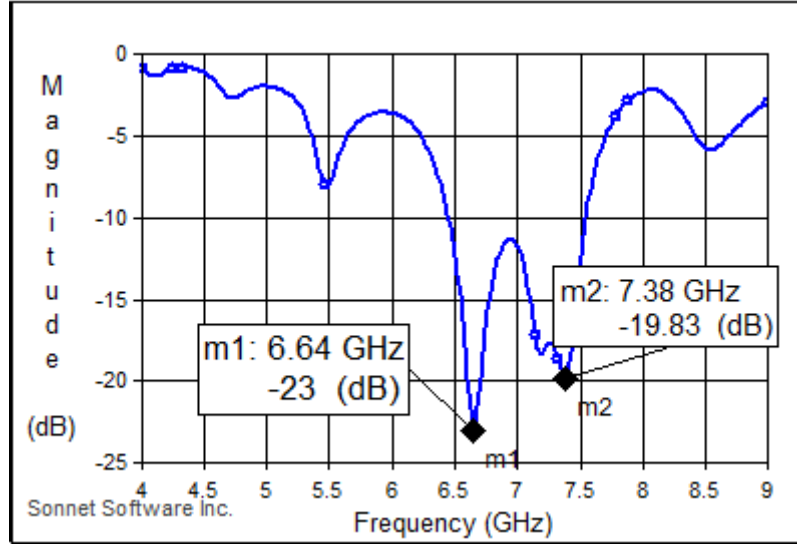


Şekil 7.53. Tasarım 8'in Anten Boyutları

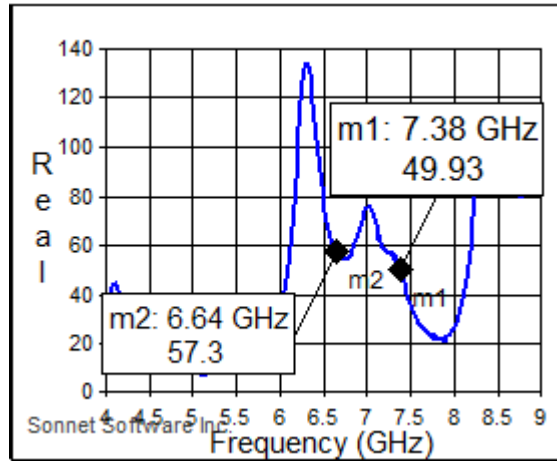
Şekil 7.54'de 3D anten görünümü, Şekil 7.55'da geri dönüş kaybı, Şekil 7.56 ve Şekil 7.57'de giriş empedansların real ve imajiner kısımlar gösterilmektedir.



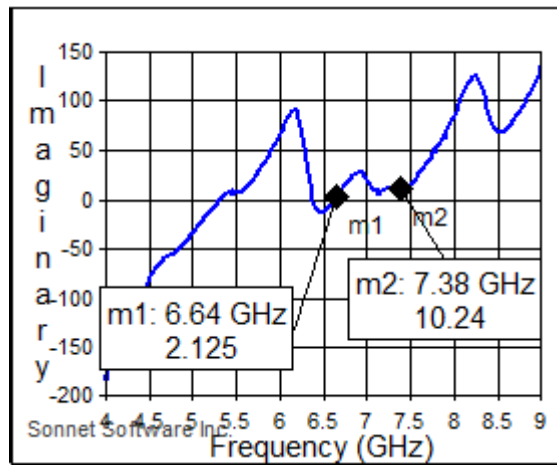
Şekil 7.54. Tasarım 8'de Mikroserit Yama Antenin 3D Görünümü



Şekil 7.55. Tasarım 8'in Geri Dönüş Kaybı

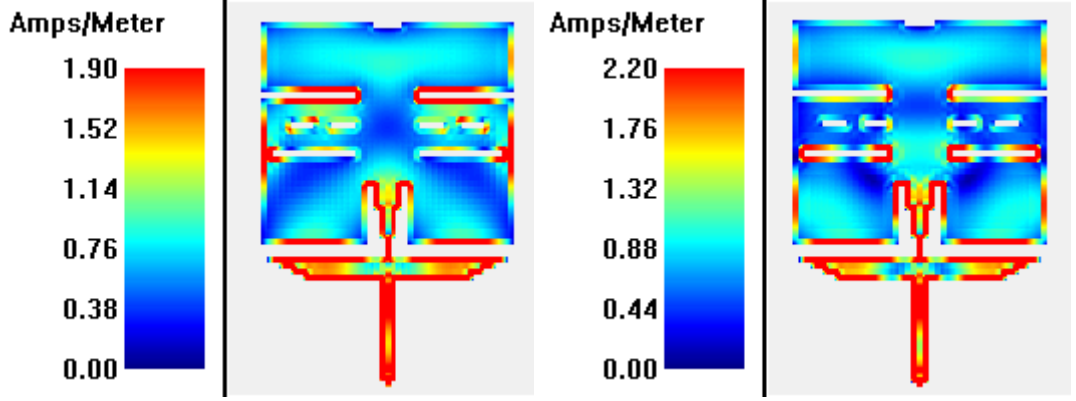


Şekil 7.56. Tasarım 8'in Giriş Empedans Gerçel Kısmı



Şekil 7.57. Tasarım 8'in Giriş Empedans İmajiner Kısmı

Şekil 7.56 ve Şekil 7.57’de 6.64GHz’de giriş empedansının reel kısmı 57.3  $\Omega$  ve imajiner kısmı 2.125  $\Omega$ , 7.38GHz’de reel kısmı 49.93  $\Omega$  ve imajiner kısmı 10.24  $\Omega$  olmaktadır.



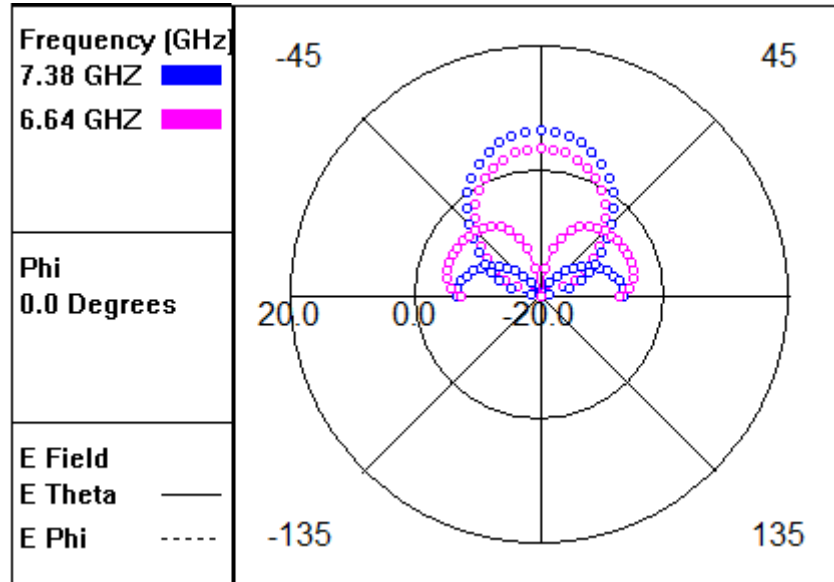
Şekil 7.58. 6.64GHz Tasarım 8’in

Şekil 7.59. 7.38GHz’de Tasarım 8’in

Akım Dağılımı

Akım Dağılımı

Antenin akım dağılım yoğunluğu Şekil 7.58 ve Şekil 7.59’da gösterilmektedir.



Şekil 7.60. Tasarım 8’in 6.64GHz ve 7.38GHz’de Uzak Alan Radrasyon Paterni

Şekil 7.60’de çapraz polarizasyon düzeyleri (E-theta) -10dB ve -5dB etrafında olmaktadır. Tablo 7.10’da parametre değerleri gösterilmektedir.

Tablo 7.10. Tasarım 8'in Parametre Değerleri

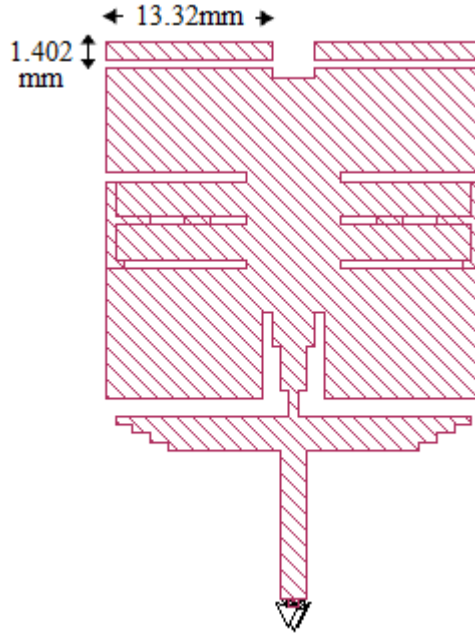
Rezonans Frekansı (GHz)	6.64 GHz	7.38 GHz
S11	-22.9976 dB	-19.8287 dB
Band Genişliği (%)	16.2 %	14.6 %
Kazanç (dB)	3.59 dB	6.4 dB

Tablo 7.11. Dielektrik Kalınlığının Karşılaştırılması

Dielektrik kalınlığı (mm)	Rez. Frek. (GHz)	Magnitude (S11:dB)	BW (%)	Kazanç (dB)
2.00	7.02	-16.42	13.9	1.65
	7.26	-15.85	13.5	4.4
	7.5	-16.65	13.1	6.6
<b>2.54</b>	<b>6.64</b>	<b>-22.99</b>	<b>16.2</b>	<b>3.59</b>
	<b>7.38</b>	<b>-19.82</b>	<b>14.6</b>	<b>6.4</b>
3.00	7.3	-20.16	6.5	5.91
4.00	7.12	-12.65	3.9	4.07

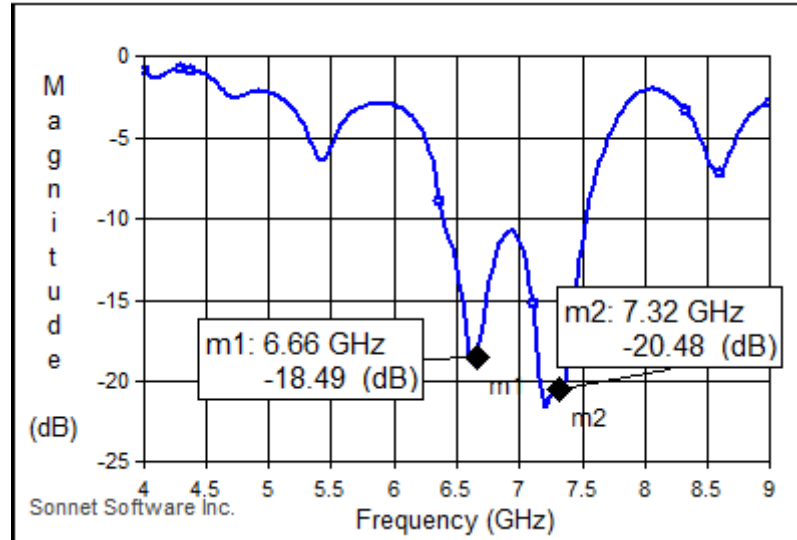
Tablo 7.11'de görüldüğü gibi en iyi sonuç, dielektrik kalınlığı 2.54 mm olduğunda elde edilmektedir. Düşük dielektrik sabiti yüksek band genişliği ve kaliteli ışıma sağlamaktadır.

## İ. Tasarım 9

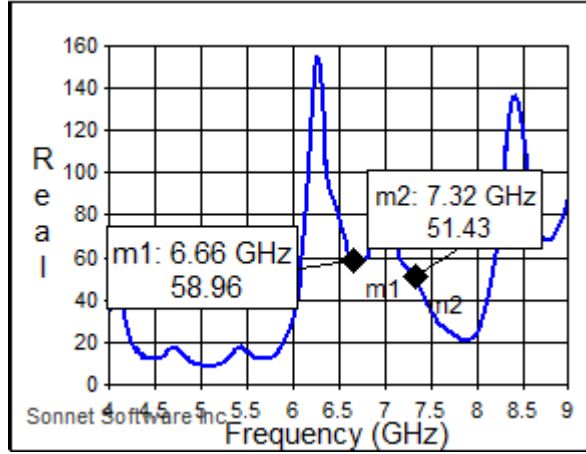


Şekil 7.61. Tasarım 9'un Üstten Görünümü

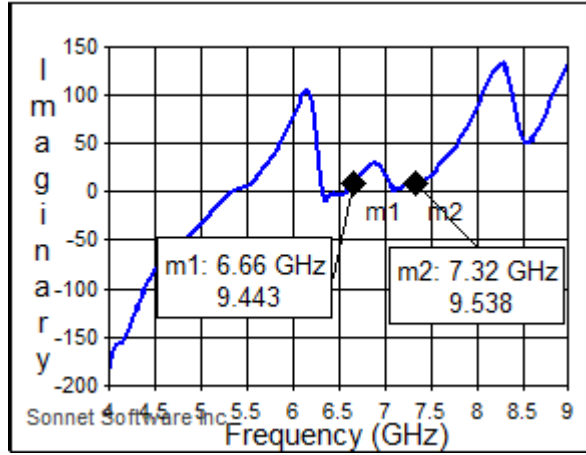
Bu tasarım örneğinde 13.32mmx1.402mm uzunluğunda üst tarafa 2 eşit radyatör parçası eklendi.



Şekil 7.62. Tasarım 9'un Geri Dönüş Kaybı

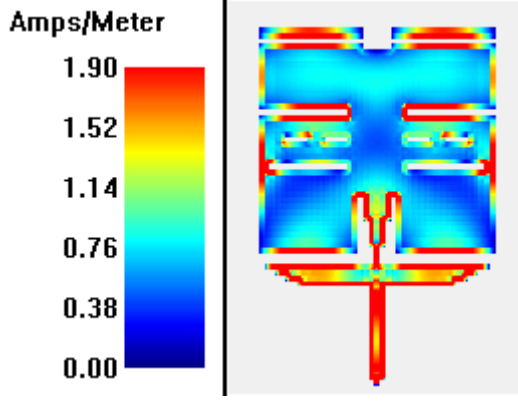


Şekil 7.63. Tasarım 9'un Giriş Empedans Gerçel Kısmı

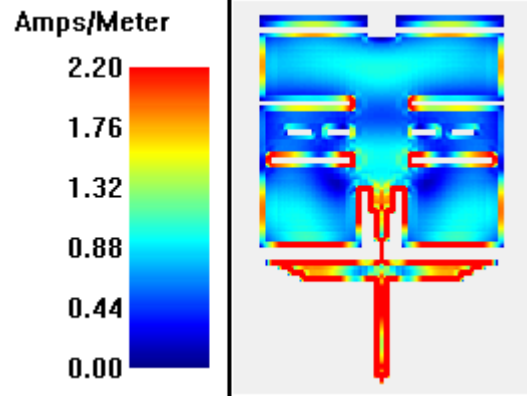


Şekil 7.64. Tasarım 9'un Giriş Empedans İmajiner Kısmı

6.66GHz'de band genişliğimiz 17.12%, giriş empedansının gerçel kısmı 58.96  $\Omega$  ve imajiner kısmı 9.443  $\Omega$ , 7.32GHz'de band genişliği 15.3%, gerçel kısmı 51.43  $\Omega$  ve imajiner kısmı 9.538  $\Omega$  olmaktadır.

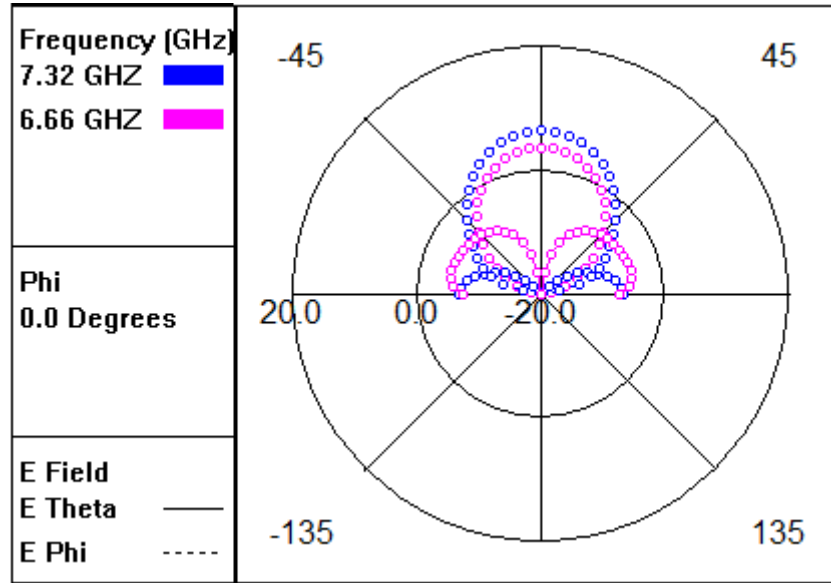


Şekil 7.65. 6.66GHz Tasarım 9'un Akım Dağılımı



Şekil 7.66. 7.32GHz'de Tasarım 9'un Akım Dağılımı

Şekil 7.65 ve Şekil 7.66'da 6.66GHz ve 7.32GHz de antenin akım dağılımı, 6.66GHz'de eklenen radyatörlerin akım dağılımının daha yoğun olduğu, Tablo 7.12'de parametre değerleri gösterilmektedir.



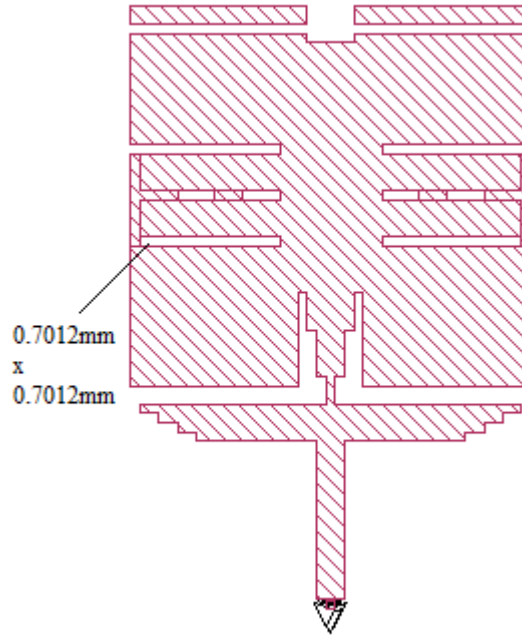
Şekil 7.67. Tasarım 9'un 6.66GHz ve 7.32GHz'de Uzak Alan Radyasyon Paterni

Şekil 7.67'da 6.66GHz ve 7.32GHz de antenin uzak alan radyasyon paterni gösterilmektedir. Çapraz polarizasyon düzeyleri (E-theta) -10dB ve -5dB etrafında olmaktadır.

Tablo 7.12. Tasarım 9'un Parametre değerleri

Rezonans Frekansını (GHz)	6.66GHz	7.32 GHz
S11	-18.49 dB	-20.48 dB
Band Genişliği (%)	17.12 %	15.3 %
Kazanç (dB)	3.6 dB	6.24 dB

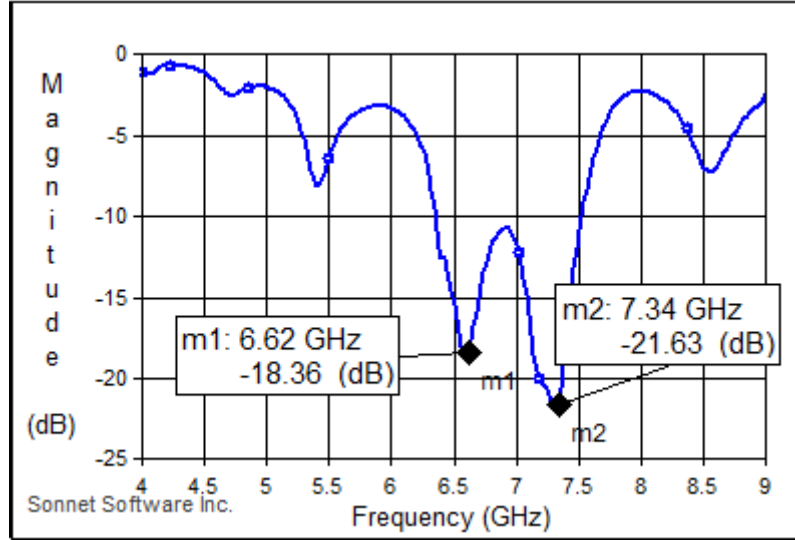
## J. Tasarım 10



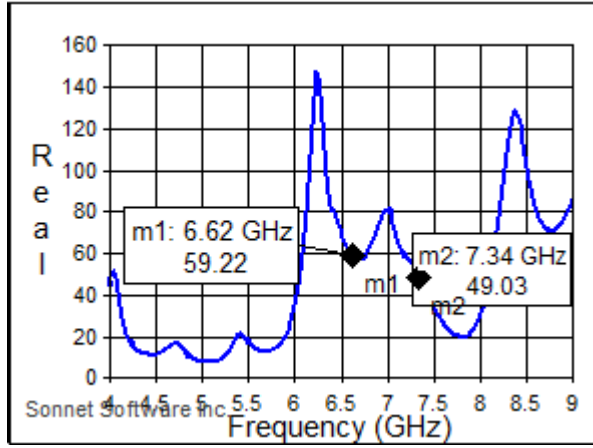
Şekil 7.68. Tasarım 10'un Őstten Görünümü

Şekil 7.68'de yarık genişliği büyütüldüğünde aşağıdaki sonuçlar çıkmaktadır:

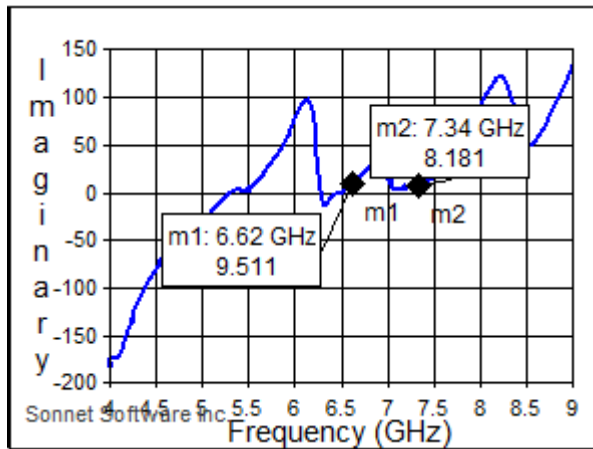




Şekil 7.69. Tasarım 10'un Geri Dönüş Kaybı

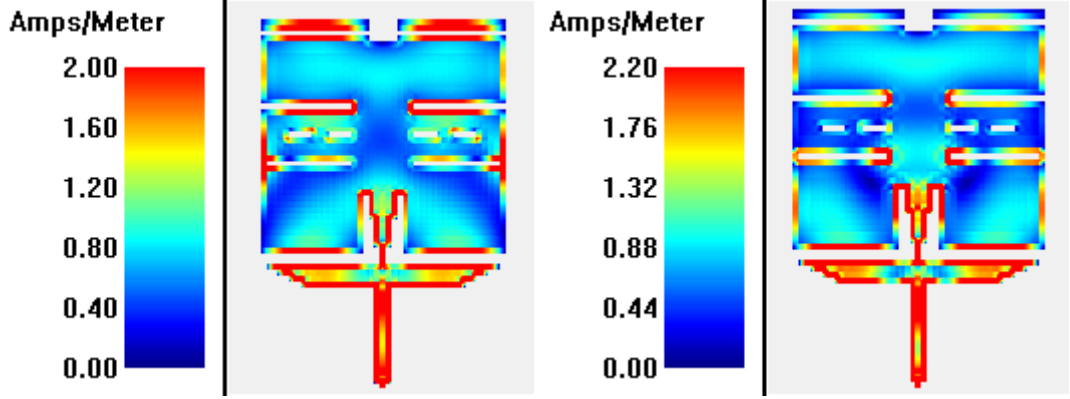


Şekil 7.70. Tasarım 10 'un Giriş Empedans Gerçel Kısmı



Şekil 7.71. Tasarım 10 'un Giriş Empedans İmajiner Kısmı

Şekil 7.69’da görüldüğü gibi 2 rezonans frekansı görülmektedir. Mikroşerit yama antenler -10dB’nin altında kalan frekans bölgelerinde çalışabilecektir. Şekil 7.70 ve Şekil 7.71’de 6.62GHz’de giriş empedansının gerçel kısmı 59.22  $\Omega$  ve imajiner kısmı 9.511  $\Omega$  olmakta, 7.34GHz’de gerçel kısmı 49.03  $\Omega$  ve imajiner kısmı 8.181  $\Omega$  olmaktadır.

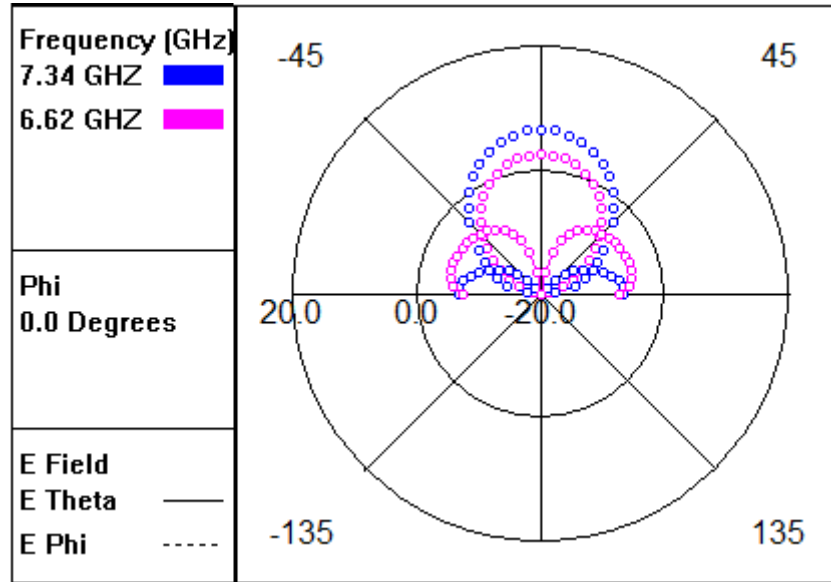


Şekil 7.72. 6.62GHz Tasarım 10’un

Akım Dağılımı

Şekil 7.73. 7.34GHz’de Tasarım 10’un

Akım Dağılımı



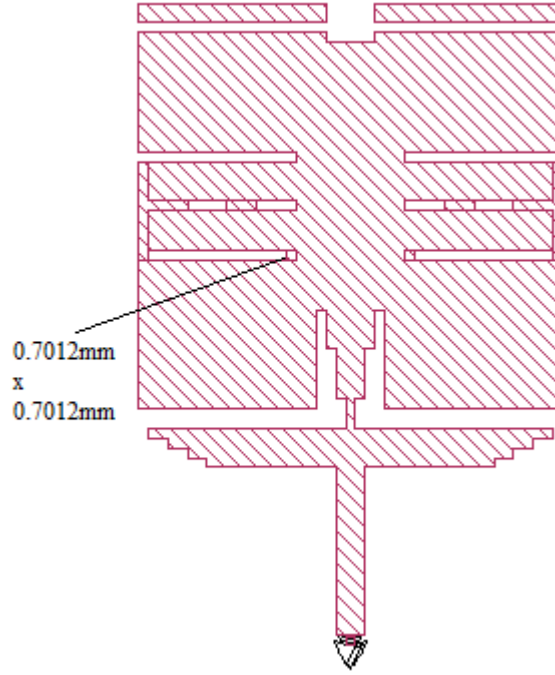
Şekil 7.74. Tasarım 10’un 6.62GHz ve 7.34GHz’de Uzak Alan Radyasyon Paterni

Şekil 7.74’de antenin uzak alan radyasyon paterni gösterilmektedir.

Tablo 7.13. Tasarım 10'un Parametre Değerleri

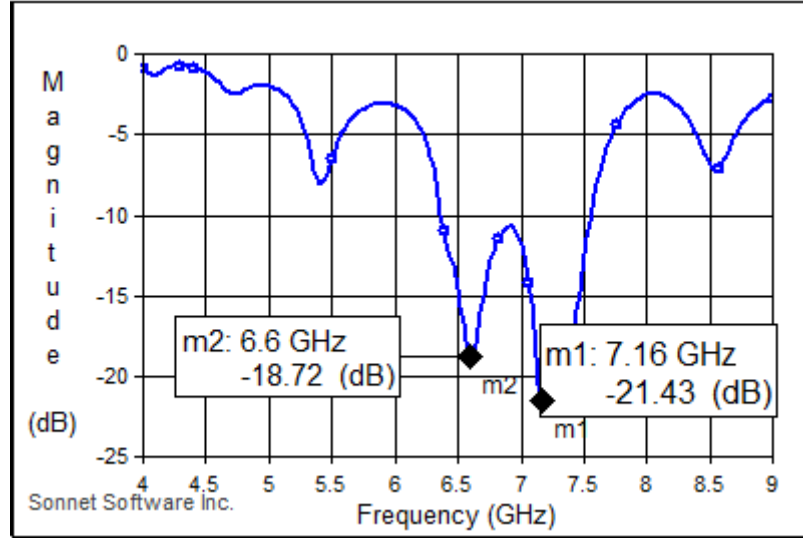
Rezonans Frekansı (GHz)	6.62GHz	7.34 GHz
S11	-18.36 dB	-21.63 dB
Band Genişliği (%)	17.82 %	15.8 %
Kazanç (dB)	2.55 dB	6.46 dB

### K. Tasarım 11

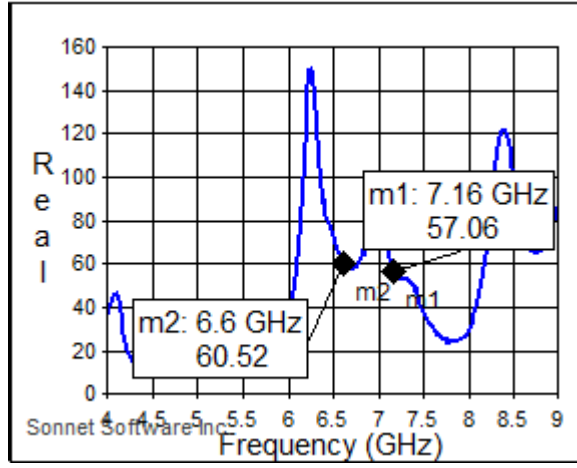


Şekil 7.75. Tasarım 11'in Üstten Görünümü

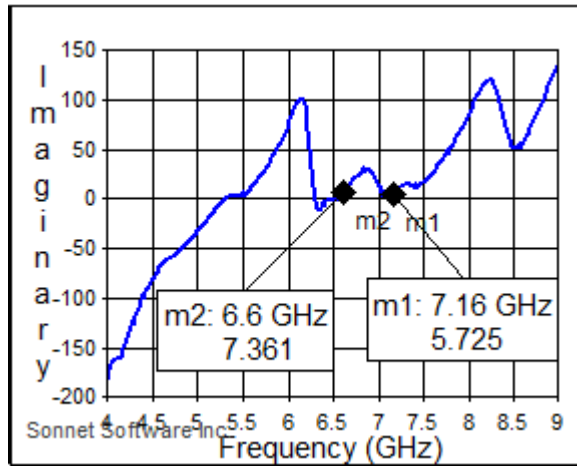
Şekil 7.75'de 0.7012mm X 0.7012mm boyutlarında radyatör eklenip slot aralığı küçültüldüğünde band genişliği %16.48'e çıkmaktadır ve kazanç düşmektedir.



Şekil 7.76. Tasarım 11'in Geri Dönüş Kaybı

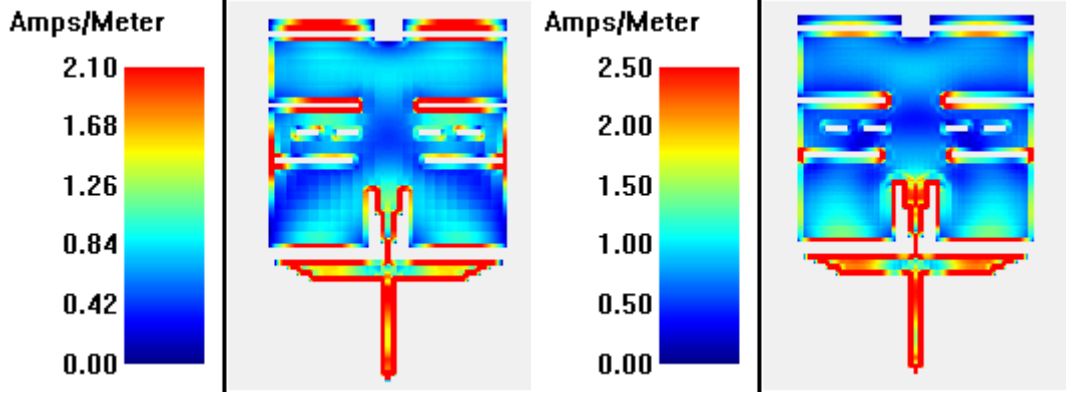


Şekil 7.77. Tasarım 11'in Giriş Empedans Gerçel Kısmı



Şekil 7.78. Tasarım 11'in Giriş Empedans İmajiner Kısmı

Şekil 7.76’de görüldüğü gibi 2 frekans çalışmaktadır, S11 değeri, band genişliği ve kazanç değerleri Tablo 7.14’de verilmektedir. Şekil 7.77 ve Şekil 7.78’de giriş empedansının gerçel ve imajiner kısmı gösterilmektedir.



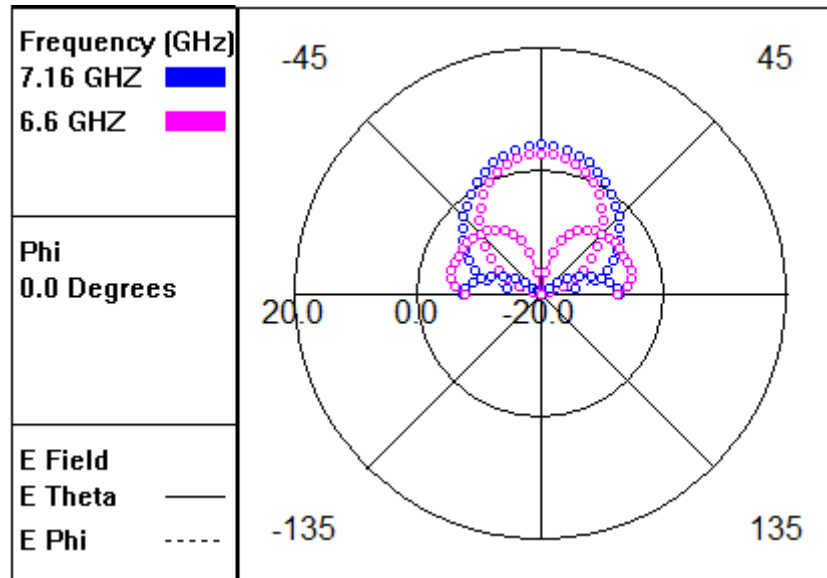
Şekil 7.79. 6.62GHz Tasarım 11’in

Akım Dağılımı

Şekil 7.80. 7.34GHz’de Tasarım 11’in

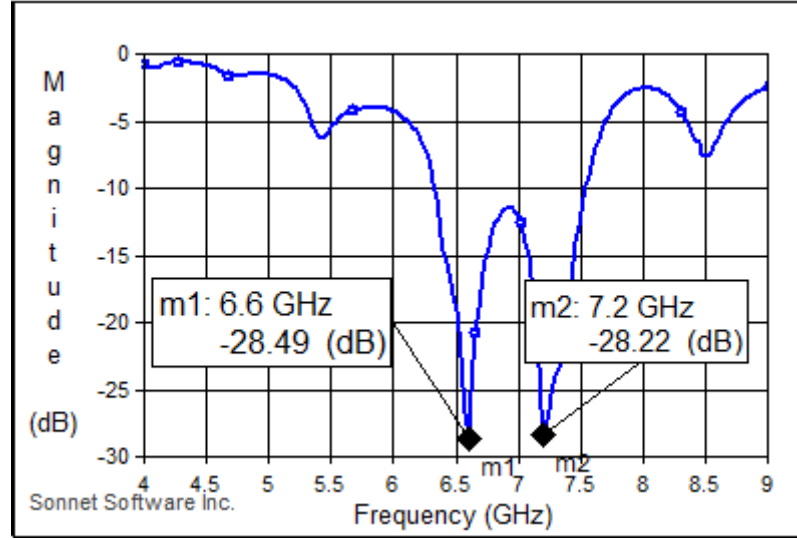
Akım Dağılımı

Antenin akım yoğunluğu eklenen parçanın olduğu yerde de görünmektedir. Tablo 7.14’da geri dönüş kaybı band genişliği ve kazanç değerleri gösterilmektedir.

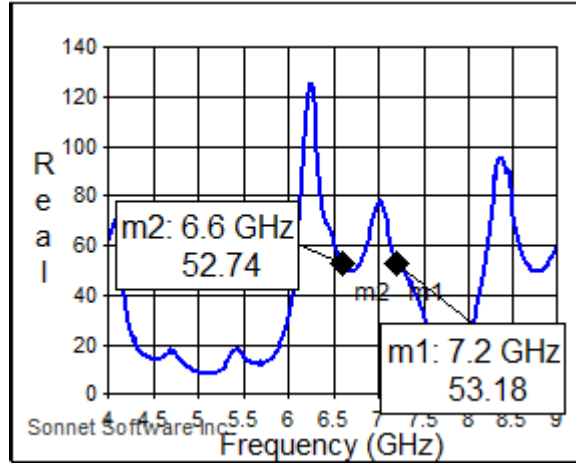


Şekil 7.81. Tasarım 11’in Uzak Alan Radyasyon Paterni

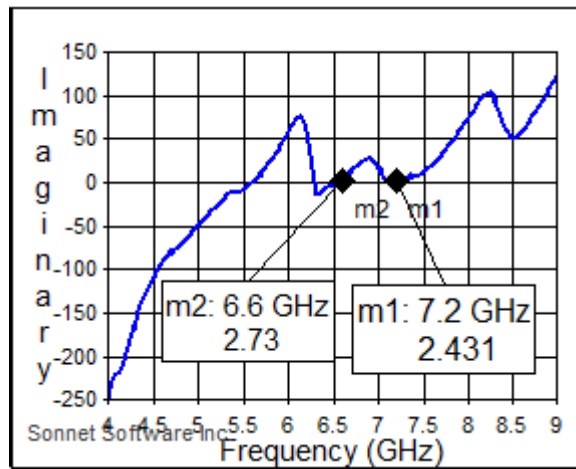




Şekil 7.83. Tasarım 12'nin Geri Dönüş Kaybı

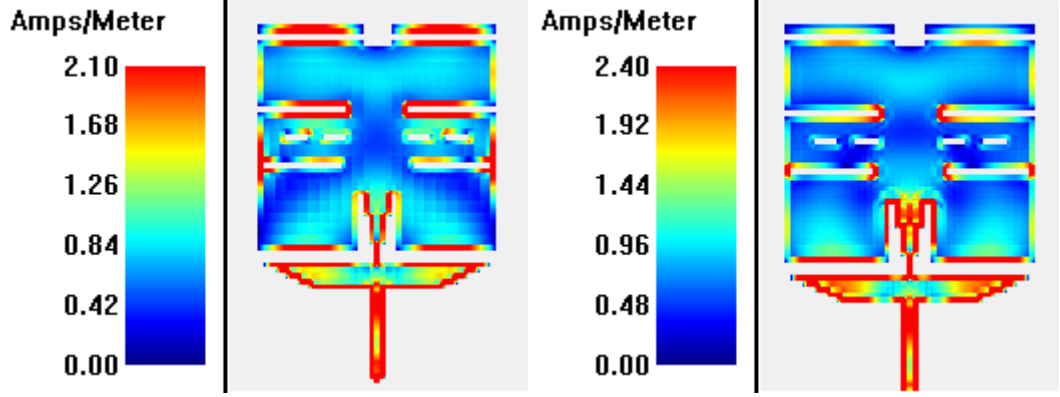


Şekil 7.84. Tasarım 12'nin Giriş Empedans Gerçek Kısmı



Şekil 7.85. Tasarım 12'nin Giriş Empedans İmajiner Kısmı

Şekil 7.84 ve 6.85’de giriş empedansının reel ve imajiner kısmı olmaktadır. Şekil 7.86’de akım dağılımının eklene radyatördeki yoğunluğu da gösterilmektedir.

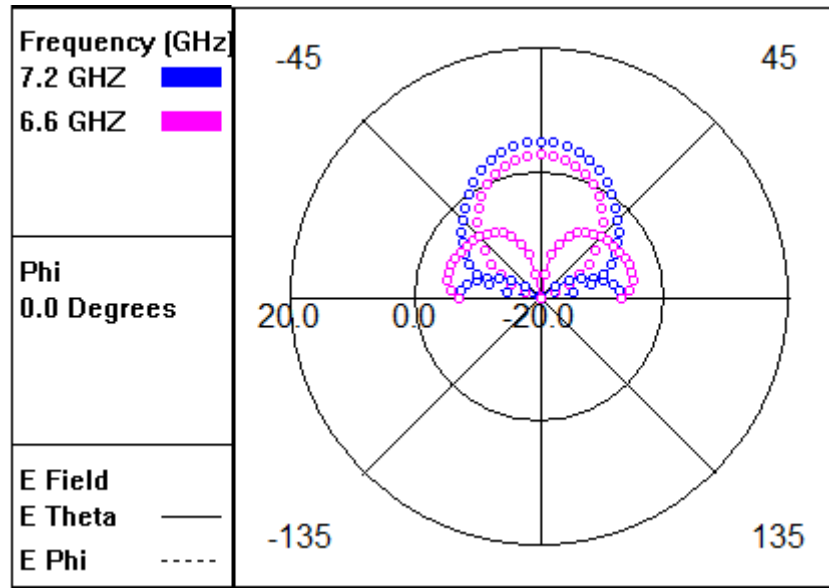


Şekil 7.86. 6.62GHz’de Tasarım 12’nin

Akım Dağılımı

Şekil 7.87. 7.34GHz’de Tasarım 12’nin

Akım Dağılımı



Şekil 7.88. Tasarım 12’nin Uzak Alan Radyasyon Paterni

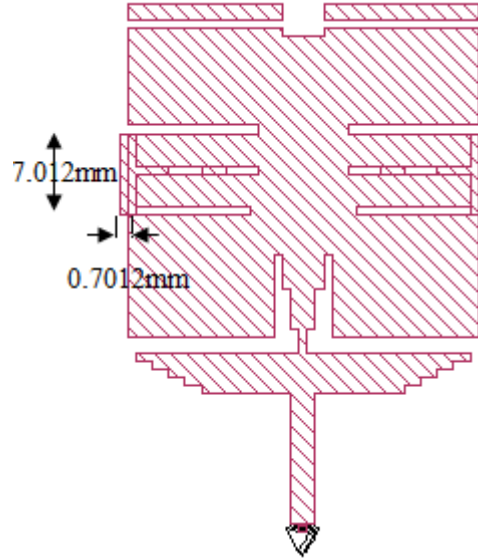
Tablo 7.15. Tasarım 12’in Parametre Değerleri

Rezonans Frekansı(GHz)	Band Genişliği (%)	S11	Kazanç (dB)
7.2GHz	16.66%	-28.22dB	4.94dB
6.6GHz	17.87%	-28.49dB	2.84dB

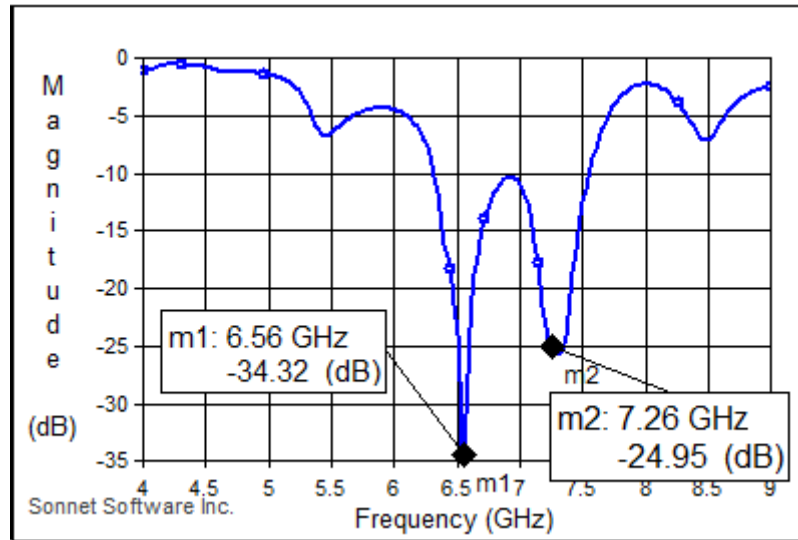


## M. Tasarım 13

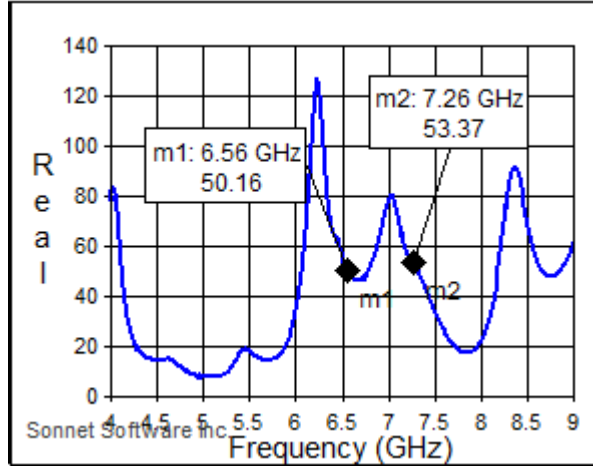
Şekil 7.89’da 7.012mm X 0.7012m boyutunda radyatör eklenip sonuçlar elde edildi.



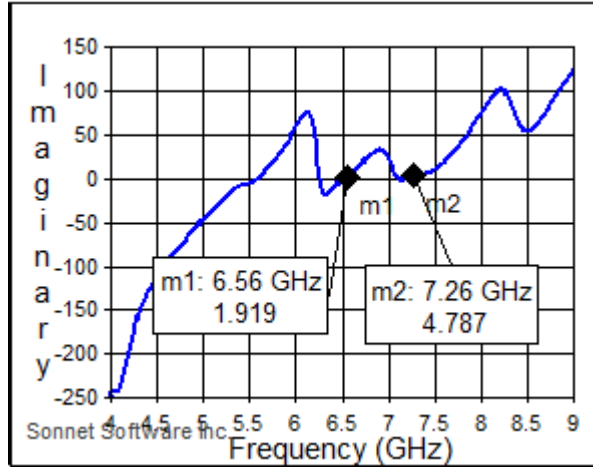
Şekil 7.89. Tasarım 13’ün Üstten Görünümü



Şekil 7.90. Tasarım 13’ün Geri Dönüş Kaybı

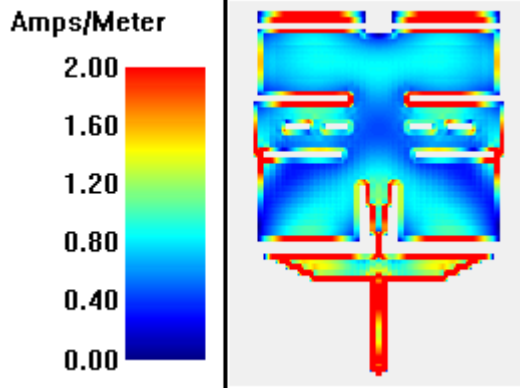


Şekil 7.91. Tasarım 13'ün Giriş Empedans Gerçel Kısmı

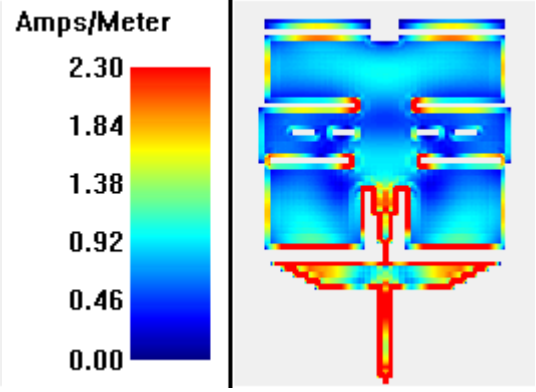


Şekil 7.92. Tasarım 13'ün Giriş Empedans İmajiner Kısmı

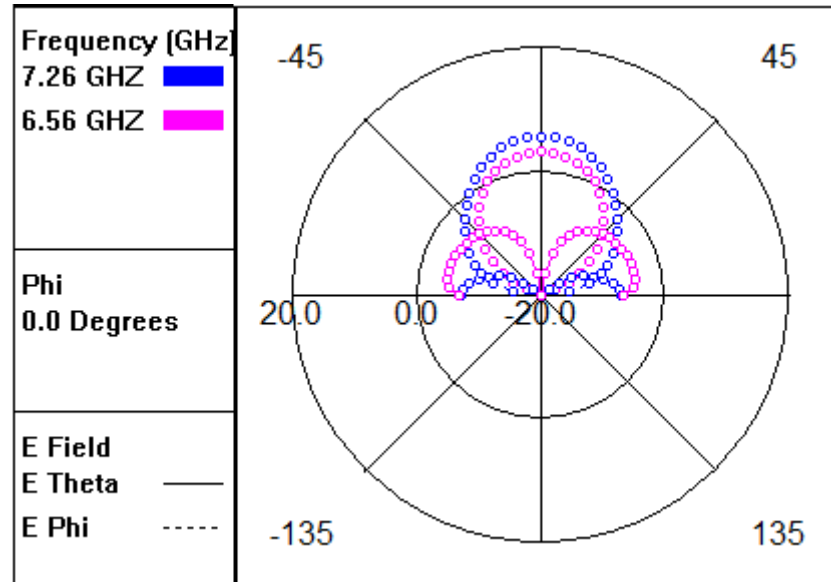
Şekil 7.66'de 7.26GHz'de giriş empedansının reel kısmı 53.37  $\Omega$  ve imajiner kısmı 4.787  $\Omega$ , 6.56GHz'de reel kısmı 50.16  $\Omega$  ve imajiner kısmı 1.919  $\Omega$  olmaktadır.



Şekil 7.93. 6.56GHz'de Tasarım 13'ün Akım Dağılımı



Şekil 7.94. 7.26GHz'de Tasarım 13'ün Akım Dağılımı



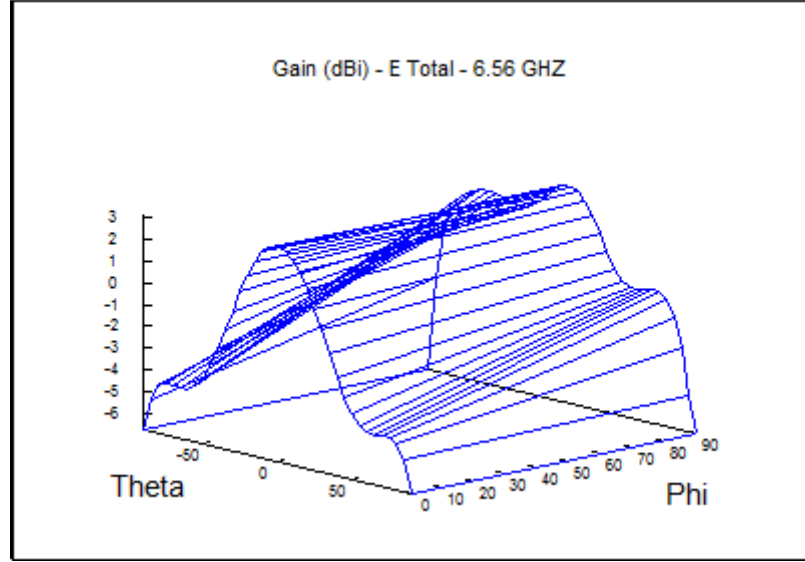
Şekil 7.95. Tasarım 13'ün Uzak Alan Radyasyon Paterni

Tablo 7.16. Tasarım 13'ün Parametre Değerleri

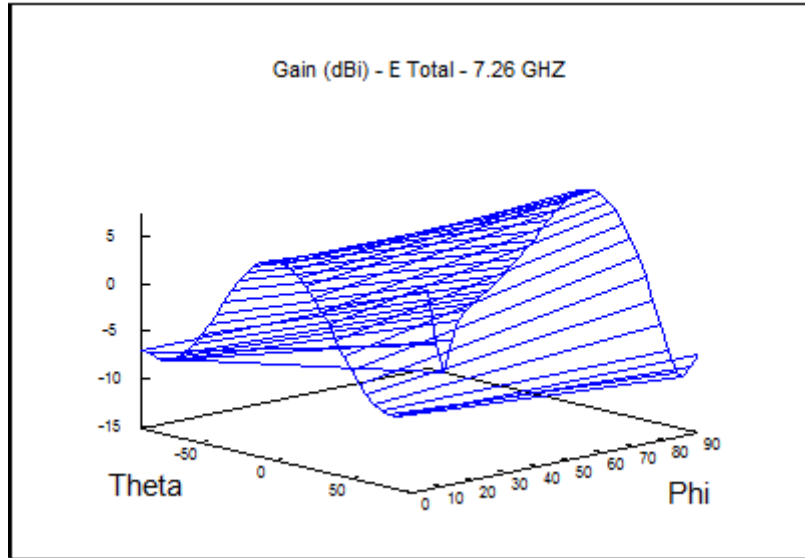
Rezonans Frekansı (GHz)	6.56GHz	7.26 GHz
S11	-34.32 dB	-24.95 dB
Band Genişliği (%)	18.59 %	16.8 %
Kazanç (dB)	3.139 dB	5.584 dB

Tablo 7.16’da Tasarım 13’ün giriş empedans değerleri gösterilmektedir. Tablo 6.13’de farklı dielektrik kalınlıkları ile değişimler vardır.

Tablo 7.17’da yapılan tasarım adımlarının sonuçları gösterilmektedir. En iyi band genişliği Tasarım 13’de 2 rezonans frekansı için %18.59 ve %16.8 çıkmaktadır.



Şekil 7.96. 6.56GHz’de Işıma diyagramının yüzeysel görünümü



Şekil 7.97. 7.26GHz’de Işıma diyagramının yüzeysel görünümü

Tablo 7.17. Tasarım Adımlarının Parametre Değerleri

Tasarım Adımları	Rezonans Frekansı(GHz)	Magnitude (S11:dB)	Band genişliği %	Kazanç (dB)
1	5.48	-15.48	-	-
	7.00	-20.14	8%	6.85
2	7.3	-45.35	8.49%	6.568
3	5.32	-17.05	-	-
	6.98	-28.8	9.74%	7.13
4	6.88	-33	12.2%	6.159
	7.2	-18.49	11.94%	5.378
5	6.62	-21.92	15.45%	0.98
	7.06	-18.07	14.4%	4.16
6	6.62	-25.57	15.7%	3.11
	7.32	-20.94	14.2%	6.09
7	6.64	-23.26	16.2%	3.53
	7.38	-19.87	14.6%	6.38
8	6.64	-22.99	16.2%	3.59
	7.38	-19.82	14.6%	6.4
9	6.66	-18.49	17.12%	3.6
	7.32	-20.48	15.3%	6.24
10	6.62	-18.36	17.82%	2.55
	7.34	-21.63	15.8%	6.46
11	7.16	-21.43	16.48%	4.19
	6.6	-18.72	17.87%	2.725
12	7.2	-28.22	16.66%	4.94
13	<b>6.56</b>	<b>-34.32</b>	<b>18.59%</b>	<b>3.18</b>
	<b>7.26</b>	<b>-20.48</b>	<b>16.8%</b>	<b>5.58</b>

Tablo 7.18. Giriş Empedansının Parametre Değerleri

Tasarım Adımlar	Rezonans Frekansı(GHz)	$Z_{in}$ (Real)	$Z_{in}$ (imaginary)
1	7.0	60.36	3.25
2	7.3	49.79	-0.496
3	6.98	53.759	0.218
4	6.88	52.2	-0.62
	7.2	57.41	10.49
5	6.62	57.22	4.68
	7.06	63.47	4.44
6	6.62	55.43	1.126
	7.32	52.27	8.92
7	6.64	56.92	2.457
	7.38	49.44	10.13
8	6.64	57.3	2.125
	7.38	49.93	10.24
9	6.66	58.96	9.443
	7.32	51.43	9.538
10	6.66	59.22	9.511
	7.32	49.03	8.181
11	7.16	57.06	5.725
	6.6	60.52	7.361
12	7.2	53.18	2.431
13	<b>6.56</b>	<b>50.16</b>	<b>1.919</b>
	<b>7.26</b>	<b>53.37</b>	<b>4.787</b>

## 8. SONUÇLAR

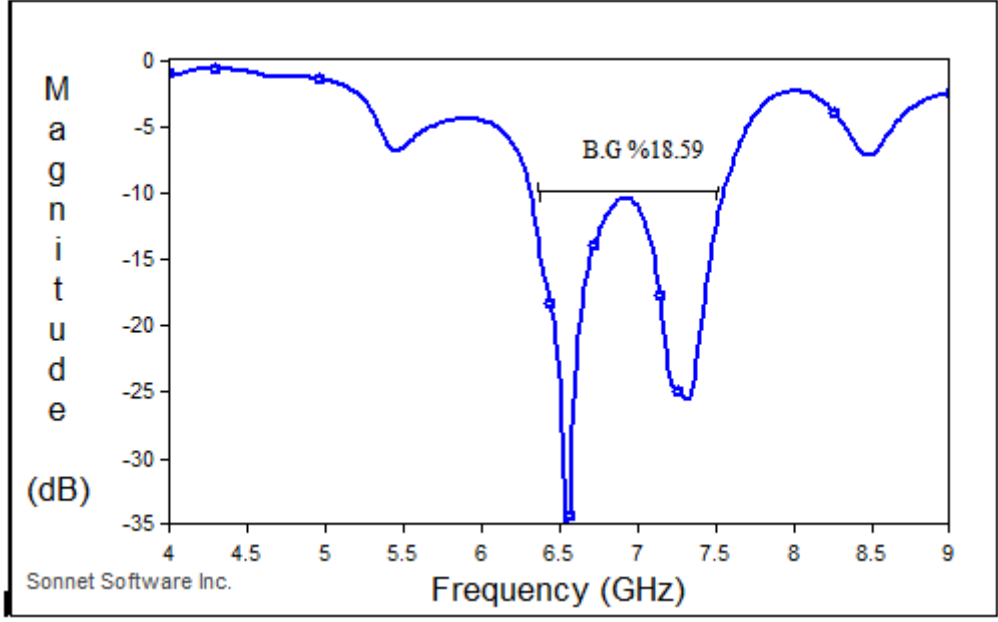
Mikroşerit yama anten  $50.16 \Omega$  giriş empedansı ile rezonans frekansı  $6.56\text{GHz}$ 'de %18.59 band genişliği ve  $3.18\text{dB}$  phi-polarizasyon kazancı,  $53.37\Omega$  giriş empedansı ile rezonans frekansı  $7.26\text{GHz}$ 'de %16.8 band genişliği ve  $5.58\text{dB}$  phi polarizasyon kazancı elde edilmektedir. Tasarım, tasarım özelliklerine ulaşmak için geometri ve dielektrik kalınlığı değiştirilerek güncellenmiştir. Önceki çalışmalar ve bu çalışmalar gösteriyor ki artan band genişliğinde geometri yarıklarının yardımı olmuştur. Yarıkların yanı sıra geometride küçük kesikler, metal radyatörler ve yarıklar eklenmiştir. Tüm bu geometri şekiller anten tasarımında farklı derecelerde özgürlük vermektedir.

Daha önce yapılan çalışmada 'ACES Conference 2011' de band genişliği %5.23, kazanç maksimum  $4.49\text{dB}$ , geri dönüş kaybı  $-17.02\text{dB}$  elde edildi. Yapılan çalışmalar ileriye taşınarak yarıklar oluşturuldu ve radyatörler eklendi. Bunun sonucunda daha iyi sonuçlar elde edildi. 'ICNFI 2012' konferansında maksimum band genişliği %16.2, kazanç  $6.4\text{dB}$  olmaktadır.

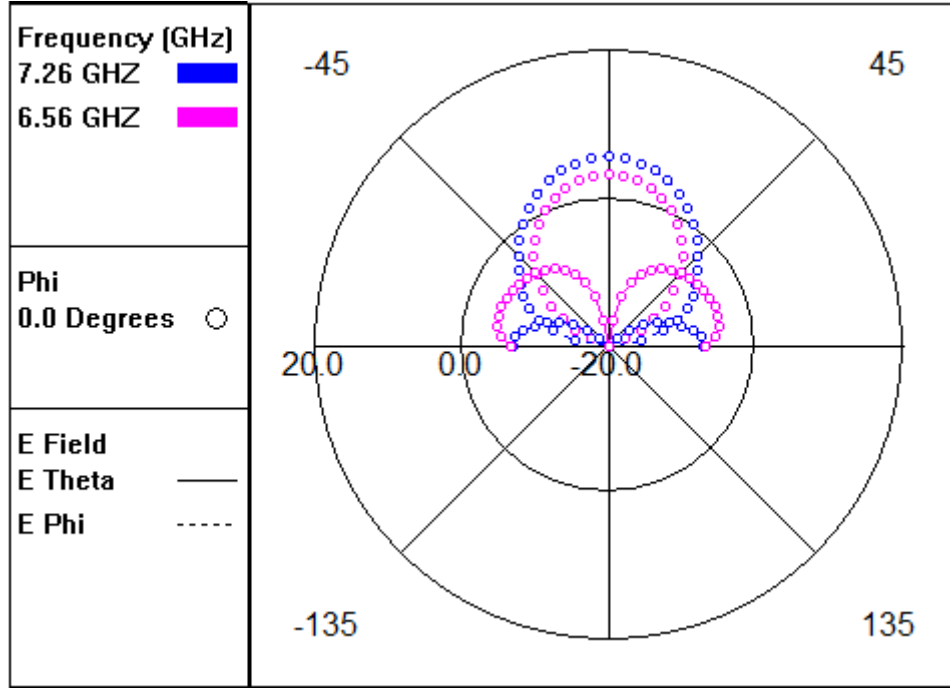
Kin-Lu Wong, "Compact and Broadband Microstrip Antennas" referansında da belirtildiği gibi yama üzerindeki yarıklar band genişliğinde önemli fayda sağlamaktadır.

L. Le Coq, O. Roncière, R. Sauleau, K. Mahdjoubi, "A Stepwise and Effective Procedure for Impedance Matching of Slot-Fed Planar Antennas. Application to the Design of Wide Band Printed Antennas and Reconfigurable Ebg Resonator" referansında da band genişliğini arttırmak için empedans eşleştirme modeli metodu tasarımlarında uygulanmış ve  $7\text{GHz}$ 'de %20 band genişliği elde edilmiştir.

Şekil 8.1 ve Şekil 8.2'de anten simüle sonuçları vardır. Çapraz polarizasyon seviyeleri  $-10\text{dB}$  seviyesi altındadır.



Şekil 8.1. Geri Dönüş Kaybı Simülasyon Sonucu



Şekil 8.2. Uzak Alan Radyasyon Paterni

Şekil 8.2’de 7.26GHz için maksimum kazanç 5.58dB olmaktadır.



## 9. KAYNAKLAR

- C. A. Balanis, Modern Antenna Handbook, 1st ed., Danvers, MA: John Wiley & Sons, 2008.
- Daniş Özdemir, 2009: Genişband GSM – UMTS Mikroşerit Yama Anten Tasarımı
- Derya Arıcan ve Ş. Taha İmeci “Wideband Microstrip Patch Antenna at 7 GHz” ICNFI 2012, İstanbul, Turkey.
- E. Arvas, Planar Microwave Antennas Course Notes, Syracuse University, Spring 2003.
- Emre Çetme, 2009: Yarıkli Mikroşerit Yama Anten Dizayını
- İpek Tansarıkaya, 2007: Geniş Bandlı Yama Anten Tasarımı
- Jawad K. Ali “A New Compact Size Microstrip Patch Antenna with Irregular Slots for Handheld GPS Application” Eng.& Technology, Vol.26, No.10, 2008.
- Jagdish. M. Rathod, ”Comparative Study of Microstrip Patch Antenna for Wireless Communication Application” Management and Technology, Vol. 1, No. 2, June 2010
- Kin-Lu Wong, “Compact and Broadband Microstrip Antennas”.
- L.Sevgi, Ağustos 2005. Doğuş Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliğı Bölümü, [http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LSevgi/E%26O/LS\\_Agu05.pdf](http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LSevgi/E%26O/LS_Agu05.pdf)
- L. Le Coq, O. Roncière, R. Sauleau, K. Mahdjoubi, “A Stepwise and Effective Procedure for Impedance Matching of Slot-Fed Planar Antennas.Application to the Design of Wide Band Printed Antennas and Reconfigurable Ebg Resonator” , *Proceedings of The European Conference on Antennas and Propagation: EuCAP 2006*, Pages 1-5.
- M. T. Islam, M. N. Shakib and N. Misran “Design Analysis of High Gain Wideband L-Probe Fed Microstrip Patch”, 2009.
- Mohammad Tariqul Islam , Mohammed Nazmus Shakib and Norbahiah Misran “High Gain Microstrip Patch Antenna”, 2009.
- Taha İmeci, Derya Arıcan, ve Hakan Hızarcıoğlu “Wideband Microstrip Patch Antenna at 7 GHz”, ACES Conference, Williamsburg, VA, March 27<sup>th</sup>-31<sup>st</sup>, 2011.
- Sonnet Software, version 12.56, [www.sonnetsoftware.com](http://www.sonnetsoftware.com), 2009.
- Prof.Dr.David K. Cheng, 2003: Dalga ve Alan Elektromanyetizması

## 10. ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında doğdu. İlk, orta, lise ve üniversite öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2005-2009 yılları arasında Haliç Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendislik Bölümünde okudu. 2010 yılında Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendislik Bölümünde öğrenime başladı. Yüksek lisans eğitimi süresince yaptığı çalışmalar sırayla aşağıdaki gibidir;

Ulusal Hakemli Konferansda;

Derya Arıcan, Z.Merve Sencan ve Taha İmeci, "Sanal Stüdyo Tasarımı ve İzleme Seti Kalibrasyon Hesaplamaları" 5. URSİ- Türkiye 2010 Bilimsel kongresi, 25-27 Ağustos 2010, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Kuzey Kıbrıs.

Uluslararası Hakemli Konferansda;

Derya Arıcan, Hakan Hizarcıoğlu ve Taha İmeci " Wideband Microstrip Patch Antenna at 7 GHz", ACES (Applied Computational Electromagnetic Society) Conference 2011, March 27th-31st, 2011 in Williamsburg, Virginia.

Hakan Hizarcıoğlu, Derya Arıcan ve Taha İmeci " , Dual-Band Patch Antenna at 15 GHz", ACES (Applied Computational Electromagnetic Society) Conference 2011, March 27th-31st, 2011 in Williamsburg, Virginia.

Derya Arıcan "Wideband Microstrip Patch Antenna at 7 GHz" International Conference on Networking and Future Internet (ICNFI 2012), 25-27 Nisan 2012 İstanbul.

Kasım 2011'de Atempo Şirketler Grubunda Zayıf Akım Sistemleri konularında Proje Mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2012 yılının Haziran ayından itibaren Baran Bilişim Teknolojisinde TV Yayıncılık Sistemleri üzerine Proje Mühendisi olarak çalışmalarına devam etmektedir.