

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİZİ ANTENLERDE YAN KULAKÇIK SEVİYELERİNİN
AZALTILMASI

GİZEM ŞENOL

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİZİ ANTENLERDE YAN KULAKÇIK SEVİYELERİNİN
AZALTILMASI

GİZEM ŞENOL

Prof. Dr. Gonca ÇAKIR
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Doç. Dr. Sibel ÇİMEN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Hilmi NİŞANCI
Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi


.....

.....

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 10.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında dizi antenlerde yan ve arka kulakçık ışıma seviyelerinin azaltılması için yöntemler sunulmuş, çalışmalar simülasyon ve gerçeklemlerle desteklenmiştir. Bu alanda çalışma yapan her bilim insanı için faydalı olmasını temenni ediyorum.

Yapmış olduğum bu tez çalışması boyunca her türlü desteği sağlayan, birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum bana akademiye sevdiren değerli hocam Prof. Dr. Gonca ÇAKIR 'a, çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübesini esirgemeyerek desteğini her daim tutan sevgili hocam Doç. Dr. Sibel ÇİMEN 'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu tez çalışması boyunca çalışmalarımı destekleyen birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum müdürüm Semih ÖNGİR 'e ve Pirelli Otomobil Lastikleri A.Ş. Ar-Ge Merkezi 'ne çalışma hayatım boyunca eğitimime verdikleri destek için teşekkürlerimi sunarım.

Tez süreci boyunca yanımda olamayan ama manevi desteğiyle en yorucu günlerde bana umut olan sevgili kardeşim Onur ŞENOL 'a, bana her daim inanan ve güvenen sevgili kardeşim Ecem ŞENOL 'a ve doğduğum günden beri sonsuz sevgi ve emeğiyle bugünlere gelmemdeki en büyük güç anne ve babama sonsuz teşekkürler. Siz olmasanız her şey çok daha zor olurdu.

Haziran – 2019

Gizem ŞENOL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER.....	2
1.1. Mikroşerit Antenler.....	3
1.2. Temel Mikroşerit Yama Anten Tasarımı	5
1.3. Temel Mikroşerit Yama Antenin CST Studio Suit Modellemesi ve Analizi.....	8
1.4. Temel Mikroşerit Yama Anten İçin Besleme Yöntemleri.....	12
2. MİKROŞERİT DİZİ ANTENLER	16
2.1. Düzgün Doğrusal Diziler	16
2.1.1. Işıma deseni çarpım ilkesi	19
2.1.2. Ana demet doğrultusu	19
2.1.3. Sıfır konumları	20
2.1.4. Ana demet eni	20
2.1.5. Yan kulakçık konumları.....	20
2.1.6. İlk yan kulakçık seviyesi.....	20
2.1.7. Görünür bölge	21
2.1.8. Saçak kulakçıklar	21
2.2. 1×4 Mikroşerit Yama Dizi Anten Tasarımı	21
2.3. 1×4 Mikroşerit Yama Dizi Anten İçin Yansıtıcı Yüzey Etkisi.....	23
2.3.1. Yansıtıcı yüzeylerin yerleştirilme açılarının ön-yan ve ön- arka kulakçık oranlarına etkisi	26
2.3.2. Yansıtıcı yüzeylerin şekilsel farklılıklarının ön-yan ve ön- arka kulakçık oranlarına etkisi	28
2.4. Dizi Elemanlarının Dağılımının Mikroşerit Yama Dizi Antenin Işıma Desenine Etkisi	30
2.4.1. Eşit aralıklı dizi elemanlarının mikroşerit yama dizi antenin ışma desenine etkisi	31
2.4.2. Eşit olmayan aralıklı dizi elemanlarının mikroşerit yama dizi antenin ışma desenine etkisi	31
2.4.3. Yan kulakçık seviyesi ve arka kulakçık seviyesi düşürülmüş dizi anten.....	35
3. UYGULAMA.....	36
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	39
KAYNAKLAR	41
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	43
ÖZGEÇMİŞ	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Anten ışına kulakçıkları	3
Şekil 1.2.	Temel mikroşerit anten.....	4
Şekil 1.3.	Temel mikroşerit anten için temel boyutlandırmalar	6
Şekil 1.4.	Dikdörtgensel mikroşerit yamanın fiziksel ve etkin uzunlukları	7
Şekil 1.5.	Rezonans giriş direnci hesaplayan yazılım aracı arayüzü	7
Şekil 1.6.	CST Microwave studio simülasyon programı.....	8
Şekil 1.7.	CST Microwave Studio modelleme araçları	9
Şekil 1.8.	Temel mikroşerit yama anten cst microwave studio modeli.....	9
Şekil 1.9.	Temel mikroşerit yama antenin S11 parametresi.....	10
Şekil 1.10.	Farklı boyutsal ölçüler için antenin S11 parametresi.....	10
Şekil 1.11.	$F_i=1,539$ cm olan antenin ışına deseni	11
Şekil 1.12.	Optimize edilmiş mikroşerit yama anten için S11 parametresi.....	12
Şekil 1.13.	Çeyrek dalga doğrultucu	13
Şekil 1.14.	1×4 'lük dizi anten için besleme hattı modeli.....	13
Şekil 1.15.	Çeyrek dalga dönüştürücü için hesaplama kodu	14
Şekil 2.1.	İki öğeli dizi	16
Şekil 2.2.	x eksenine yerleştirilmiş doğrusal dizi anten	17
Şekil 2.3.	y eksenine yerleştirilmiş doğrusal dizi anten	17
Şekil 2.4.	z eksenine yerleştirilmiş doğrusal dizi anten.....	18
Şekil 2.5.	Genel doğrusal dizi.....	19
Şekil 2.6.	1×4 'lük dizi anten konfigürasyonu	22
Şekil 2.7.	1×4 'lük dizi antenin S11 parametresi.....	22
Şekil 2.8.	1×4 'lük dizi antenin 2,45 GHz, Theta=90 için Phi ışına deseni	23
Şekil 2.9.	1×4 'lük dizi anten için yansıtıcı yüzey konfigürasyonu	24
Şekil 2.10.	1×4 'lük dizi anten için y-z düzlemine yerleştirilen yansıtıcı yüzey konfigürasyonu	24
Şekil 2.11.	1×4 'lük dizi antenin 2,45 GHz, Theta=90, 1-3 numaralı plakalar için Phi ışına deseni.....	25
Şekil 2.12.	1×4 'lük dizi anten için x-y düzlemine yerleştirilen yansıtıcı yüzey konfigürasyonu	26
Şekil 2.13.	1×4 'lük dizi antende x-y düzlemine yerleştirilen yansıtıcı yüzey için ön-arka kulakçık oranı	26
Şekil 2.14.	1×4 'lük dizi anten için y-z ekseninde saat yönünde 45° açı kazandırılmış yansıtıcı yüzey konfigürasyonu.....	27
Şekil 2.15.	1×4 'lük dizi anten için y-z ekseninde saat yönünde 45° açı kazandırılmış yansıtıcı yüzey konfigürasyonu için ön-arka kulakçık oranı.....	27
Şekil 2.16.	1×4 'lük dizi anten için y-z ekseninde saat yönünün tersinde 45° açı kazandırılmış yansıtıcı yüzey konfigürasyonu.....	28
Şekil 2.17.	1×4 'lük dizi anten için y-z ekseninde saat yönünün tersinde 45° açı kazandırılmış yansıtıcı yüzey konfigürasyonu için yan kulakçık seviyesi	28

Şekil 2.18.	1×4 'lük dizi anten için x-y düzlemine yerleştirilen oval yansıtıcı yüzey konfigürasyonu.....	29
Şekil 2.19.	1×4 'lük dizi anten, oval yansıtıcı yüzey konfigürasyonu için ışınma deseni.....	29
Şekil 2.20.	1×4 'lük dizi anten için x-y düzlemine yerleştirilen silindirik yansıtıcı yüzey konfigürasyonu.....	30
Şekil 2.21.	1×4 'lük dizi anten, silindirik yansıtıcı yüzey konfigürasyonu için ışınma deseni.....	30
Şekil 2.22.	1×4 'lük dizi anten için eşit eleman aralıklı dizi konfigürasyonu.....	31
Şekil 2.23.	1×4 'lük dizi anten için eşit olmayan eleman aralıklı dizi konfigürasyonu.....	32
Şekil 2.24.	$d=0,6\lambda_0$ için 1×4 'lük dizi anten konfigürasyonu.....	32
Şekil 2.25.	$d=0,6\lambda_0$ için 1×4 'lik dizi antenin ışınma deseni.....	32
Şekil 2.26.	$d=0,5\lambda_0$ için 1×4 'lik dizi anten konfigürasyonu.....	33
Şekil 2.27.	$d=0,5\lambda_0$ için 1×4 'lük dizi antenin ışınma deseni.....	33
Şekil 2.28.	$d=0,4\lambda_0$ için 1×4 'lik dizi anten konfigürasyonu.....	34
Şekil 2.29.	$d=0,4\lambda_0$ için 1×4 'lük dizi antenin ışınma deseni.....	34
Şekil 2.30.	1×4 'lük dizi anten için x-y düzlemine yerleştirilen yansıtıcı yüzey ve eşit olmayan dizi aralıklı konfigürasyon.....	35
Şekil 2.31.	Yan kulakçık seviyesi ve arka kulakçık seviyesi düşürülmüş dizi anten ışınma deseni.....	35
Şekil 3.1.	3,4 GHz ve $d=0,7\lambda_0$ için dizi anten.....	36
Şekil 3.2.	3,4 GHz ve $d=0,4\lambda_0$ için dizi anten.....	36
Şekil 3.3.	3,4 GHz, $d=0,7\lambda_0$ için CST simülasyonları ve anten ölçümü.....	37
Şekil 3.4.	3,4 GHz, $d=0,4\lambda_0$ için CST simülasyonları ve anten ölçümü.....	37
Şekil 3.5.	$d=0,7\lambda_0$ ve $d=0,4\lambda_0$ için anten ölçüm sonuçları.....	38

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Temel mikroşerit yama anten parametreleri (cm).....	9
Tablo 1.2. Temel mikroşerit yama anten için optimize parametreler (cm).....	11
Tablo 1.3. 100 Ω , 70 Ω ve 50 Ω için çeyrek dalga dönüştürücü genişlik değerleri (cm).....	15



SİMGELER DİZİNİ

W	:Mikroşerit yama genişliği
c	:Işık hızı (m/sn)
f_0	:Merkez frekans, rezonans frekansı (GHz)
ϵ_{ref}	:Efektif dielektrik sabiti
h	:Dielektrik tabaka kalınlığı (cm)
ΔL	:Saçaklanma uzunluğu (cm)
L_{eff}	:Mikroşerit yamanın efektif uzunluğu (cm)
L	:Mikroşerit yama için gerçek uzunluk (cm)
R_{inn}	:Rezonans giriş direnci (ohm)
$F_i(y_0)$:Girinti uzunluğu (cm)
M_t	:Bakır hat kalınlığı (cm)
G_{pf}	:Girinti genişliği (cm)
S_{11}	:Yansıma genliği
λ_0	:Boş uzay dalga boyu (cm)
λ_g	:Kılavuz dalga boyu (cm)
$l_{\text{çeyrek_dalga}}$:Çeyrek dalga dönüştürücü uzunluğu (cm)
$w_{\text{çeyrek_dalga}}$:Çeyrek dalga dönüştürücü genişliği (cm)
l_{50}	:50 Ω 'luk hat için uzunluk (cm)
w_{50}	:50 Ω 'luk hat için genişlik (cm)
L_G	:Tek yama anten için toprak tabaka uzunluğu (cm)
W_G	:Tek yama anten için toprak tabaka genişliği (cm)
L_S	:Tek yama anten için dielektrik malzeme uzunluğu (cm)
W_S	:Tek yama anten için dielektrik malzeme genişliği (cm)
$A(n)$:Dizi faktörü
ψ	:Kompleks dalga sayısı
Σ	:Toplam ışıma
$F(\theta, \phi)$:Işıma diyagramı
μ_n	:Sıfır noktaları
ξ_n	:Sıfır noktaları
D	:Dizi uzunluğu (cm)
A	:Dizi eleman aralığı

DİZİ ANTENLERDE YAN KULAKÇIK SEVİYELERİNİN AZALTIILMASI

ÖZET

Bugün haberleşme teknolojilerinin her aşamasında büyük önem taşıyan antenler sivil ve askeri birçok uygulamada geniş çalışma alanı bulmuştur. Wi-Fi, Wi-Max gibi haberleşme sistemlerinin yanı sıra radar sistemlerinde sistem performansını belirleyen en önemli parametrelerdendir. Dizi anten tasarımında sıklıkla karşılaşılan yüksek yan kulakçık ve yüksek arka kulakçık seviyesi istenmeyen yönlerde ışımalara sebep olur ve mümkün olduğunca düşük olmaları istenir. Yapmış olduğum bu tez çalışmasında yan ve arka kulakçık seviyelerini düşürmek için yansıtıcı yüzeylerle çalışma yapılarak dizi elemanlarının dağılımının ışımaya desenine olan etkileri incelenmiştir. Düşük maliyeti, kolay üretim ve yönlendirme yeteneği, hafif ve hacimsel olarak sundukları avantajlarından dolayı mikroşerit dizi antenler tercih edilmiştir.

Yapılan tez çalışmasıyla temel bir mikroşerit antenin tasarımından başlanılarak mikroşerit bir dizinin oluşturulup analizlerinin yapılarak ışımaya deseni ile ilgili değerlendirmeleri yapabilecek seviyede bilgi edinilmesi çalışmanın hedefidir. CST Microwave Studio kullanılarak gerçekleştirilen simülasyonlar pratik uygulamalarla desteklenerek sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arka Kulakçık Seviyesi, Mikroşerit Dizi Anten, Yan Kulakçık Seviyesi, Yansıtıcı Yüzeyler.

SIDE LOBE LEVELS REDUCTION FOR ARRAY ANTENNA

ABSTRACT

These days, antennas, which are great importance in every stage of communication technologies, have found wide working areas in many civil and military applications. Antennas are one of the most important parameters determining the system performance in radar systems as well as communication systems such as Wi-Fi and Wi-Max.

High side lobe and high back lobe, which are frequently encountered in array antenna design, cause irradiation in undesirable directions and are desirable to be as low as possible. In this thesis, the effects of the distribution of array elements on the radiation pattern were investigated by working with reflective surfaces in order to reduce the side and back lobe levels. Microstrip array antennas have been preferred because of their low cost, easy production and directing capability, light and volumetric advantages.

The aim of this study is to obtain a level of information about radiation pattern design by analyzing a microstrip array by designing a basic microstrip antenna.

The simulations performed by using CST microwave Studio were supported by practical applications.

Keywords: Back Lobe Level, Microstrip Array Antenna, Side Lobe Level, Reflective Surfaces.

GİRİŞ

Mikroşerit yapıdaki antenlerin üretiminin kolaylığı ve uygulamalarda sunduğu avantajlar nedeniyle her geçen gün anten uygulamalarında kullanım alanları artmaktadır. Mikroşerit antenlerin git gide kullanım alanlarının artmasının nedenleri; küçük boyutlara sahip olmaları, düşük güç tüketmesi, geniş band uygulamalarında kullanılabilmesi, üretiminin kolay olması, gibi başlıca özellikleri ile açıklanabilir. Mikroşerit antenler uzay araçları, uçaklar, radarlar, uydu haberleşmesi, güdümlü mermi gibi birçok askeri alanda kolaylıkla kullanılabilir olması nedeniyle 1970'li yıllarda çok popüler hale gelmiş ve mikrodalga antenleri içinde başlı başına bir konu halini almıştır [1-10].

Mikroşerit antenler, metal bir yamanın topraklanmış bir alt tabaka üzerinde yerleştirilmesi ile oluşturulur. Metalik yamalar çok farklı yapıda olabilir. Ancak dikdörtgen ve dairesel yamalar analiz, imalat kolaylığı ve özellikle ışıma özellikleri nedeniyle en popüler olanlardır. Mikroşerit antenlerin başlıca operasyonel dezavantajları düşük verimlilik, düşük güç, zayıf kutuplanma, parazit besleme ışıması, düşük frekans bant genişliklerine sahip olmalarıdır. Mikroşerit plakada yapılan bazı yöntemler verimliliği ve bant genişliğini artırmada kullanılabilir fakat yüzey dalgaları oluşturması ve toplam ışıma gücünü düşürmesi gibi nedenlerden dolayı istenmez [1-10]. Bu çalışmada 2,45 GHz frekans bandında çalışan dikdörtgen yapıdaki mikroşerit antenin yan kulakçıklarının bastırılması için yansıtıcı yüzeyler, eşit ve eşit olmayan anten bileşeni dağılımları denenmiş ve sonuçları incelenmiştir.

1. GENEL BİLGİLER

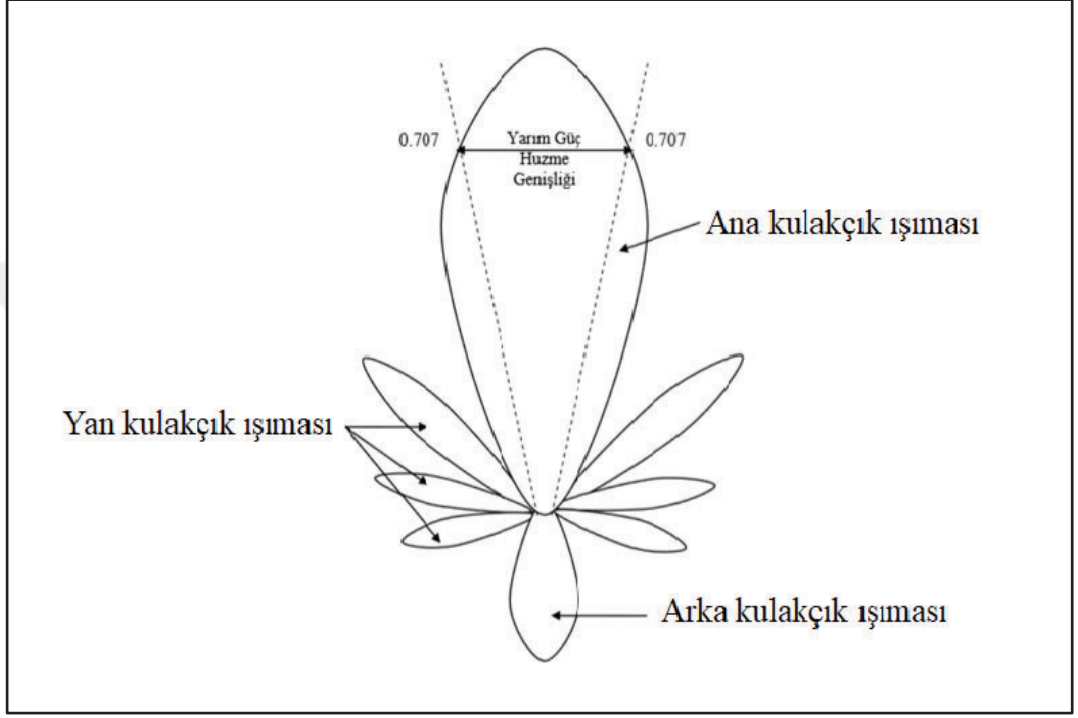
Antenler en genel tanımlamalarıyla radyo dalgalarını iletmekte ya da almakta kullanılan cihazlardır. Haberleşme teknolojilerinin hızla gelişmesi ve hayatımızın her alanında kullanılan farklı uygulamaları sebebiyle her geçen gün haberleşme sistemlerinin en önemli bileşenleri olan antenler ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı da artmaktadır. Antenler kendi başlarına başlı başına bir araştırma konusu olmalarının ötesinde eski ve yeni nesil haberleşme sistemlerinde çok geniş bir alanda kullanım alanı bulmalarıyla beraber iletişim sistemlerinin vazgeçilmez bir parçası olarak yeni çalışmalara konu olmaktadır.

Bir parça telin de anten görevi görebileceği gibi bir açıklık, bir yama, dizi ya da yansıtıcı yüzeyler de anten görevi görebilir [1]. Antenleri tanımlarken antenler için önemli olan birkaç karakteristik özellikten yola çıkılır. Bu karakteristik özellikler antenin ışınma özelliklerini ifade ederler. Anten için ışınma deseni en önemli karakteristiklerinden biridir. Bir antenin maksimum ışınma yaptığı yönü, antenin ışınma deseni ile belirtilir. Bir diğer ifadeyle antenin kazancının maksimum olduğu açı değerini ifade eder. Kazancın maksimum olduğu açı değerinde antenin ışıdığı güç de maksimum olacaktır. Işınma deseninin çeşitli kısımlarına kulak adı verilirken bunlar ana veya temel, ikincil, yan ve arka kulakçık olarak alt sınıflara ayrılabilirler. Şekil 1.1 'de birçok sayıda ışınma kulakçığı içeren kutupsal bir ışınma deseni gösterilmektedir.

Bu kulakçıkların bazıları diğerlerine göre daha büyük ışınma şiddeti gösterirler. Ana kulakçık maksimum ışınma şiddetini gösteren yöndeki ışınma kulakçığı olarak tanımlanır. İkincil kulakçık, ana kulakçık haricindeki herhangi bir kulakçık olabilir. Ana kulakçık haricindeki tüm kulakçıklar ikincil kulakçık olarak sınıflandırılabilir. İkincil kulakçıklar genellikle istenmeyen yönlerdeki ışınmayı temsil ederler ve minimize edilmeleri gerekir.

Yan kulakçıklar ikincil kulakçıkların en büyükleridir. İkincil kulakçıkların seviyesi, genellikle ikincil kulakçık güç yoğunluğunun ana kulakçığın güç yoğunluğuna oranı

olarak tanımlanırlar. Bu oran yan kulakçık oranı veya yan kulakçık seviyesi olarak tanımlanır. Bu çalışmada diğer anten türlerine kıyasla üstün olan yönlerinden dolayı çoğu kez askeri birçok teknoloji ve uydu teknolojilerinde çok yaygın olarak kullanımı tercih edilen mikroşerit yapıdaki antenlerin ışınım karakteristiğinde yan kulakçık ışınımalarının azaltılması için yeni bir çalışma sunulmuştur.

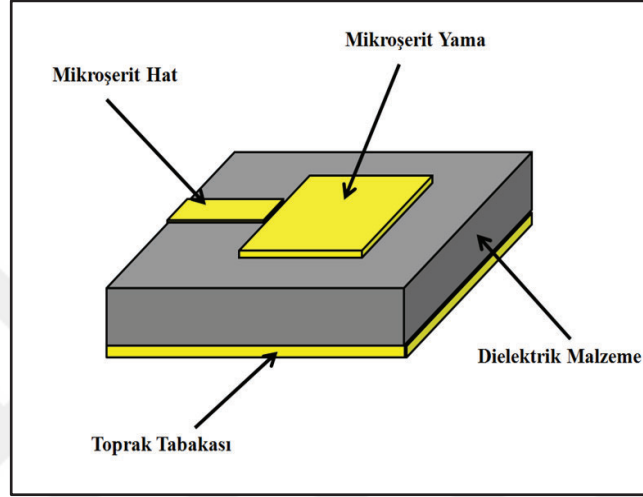


Şekil 1.1. Anten ışınım kulakçıkları

1.1. Mikroşerit Antenler

Mikroşerit antenler öncelikli olarak uzay uygulamaları, uydu haberleşmeleri uygulamalarında kullanım kolaylığı nedeniyle 1970'li yıllarda çok popüler hale gelmiştir [1]. Mikroşerit anten kavramı ilk olarak 1953 yılında Deschamps tarafından önerilmiş, 1955 yılında Fransada Gutton ve Bassinot adına patenti alınmıştır [2]. Metal bir yamanın topraklanmış bir alt tabaka üzerinde yerleştirilmesi ile oluşturulan mikroşerit antenler çok farklı yapılandırmalar alabilir [1]. Yaklaşık olarak 100 MHz'den 50 GHz'e kadar geniş bir frekans aralığında kullanılan mikroşerit antenlerin bilinen mikrodalga antenlerine göre daha hafif ve küçük hacimli, düşük üretim maliyetli, düzlemsel yapıda oluşu nedeniyle kullanışlı olması, çok ince yapıda tasarlanabilmeleri sebebiyle uzay araçlarının aerodinamik yapısını bozmamaları, güdümlü mermiler ve roketler üzerine önemli değişikliklere gerek duyulmaksızın

yerleştirilebilir olması, düşük saçılma kesitine sahip olmaları gibi avantajlarından dolayı çok sık tercih edilir olmuştur [1-10]. Bu avantajların yanı sıra dar band genişliğine sahip olmaları, çeşitli kayıplar sonucu düşük kazançlı olmaları, düşük güç kapasiteleri gibi dezavantajlarından dolayı çok sık araştırma konusu olmuşlardır. Şekil 1.2 'de ışıma tabakası, dielektrik tabaka ve toprak plakadan oluşan temel mikroşerit yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Temel mikroşerit anten

Altta toprak tabakası iletken ve mikroşerit antenlerin tek yönlü ışıma yapmasını sağlar. Orta tabaka dielektrik malzemeden oluşur ve idealde dielektrik sabiti 2,5 'den küçük olması beklenir. Dielektrik malzeme kalınlığı genellikle 0,005 cm ile 0,635 cm arasında değişkenlik gösterebilir. Bu tabakanın kalınlığı ve dielektrik sabiti, ışıma değerleri ve bant genişliği gibi anten parametrelerini doğrudan etkilemektedir. Anten performansını artırmak için, düşük dielektrik sabitine sahip, kalın dielektrik tabaka seçilmelidir [3]. Üst tabaka ise genelde altın, gümüş ya da bakırdan yapılabilen, antenin ışıma yaptığı iletken tabakadır. Kalınlığı 0,35 cm ile 0,70 cm arasında değişir [3]. Anten beslediği bu tabaka dikdörtgen, üçgen, daire, çember dilimi gibi farklı geometrilere sahip olabilir. İletken tabakanın alacağı şekil ve besleme farklılıkları, anten parametrelerini doğrudan etkiler ve analiz için farklı varyasyonlar sunar. Mikroşerit antenlerin besleme düzenleri, bant genişliği, anten kazancı, geri dönüş kaybı gibi anten parametrelerini ve anten performansını büyük ölçüde etkilemektedir. Bundan dolayı birçok besleme yöntemi geliştirilmiştir. Temel olarak; mikroşerit besleme, koaksiyel besleme, yakınlık bağlantılı besleme ve açıklık bağlantılı besleme olmak üzere dört ana çeşit besleme yönteminden bahsedilebilir.

1.2. Temel Mikroşerit Yama Anten Tasarımı

Bu çalışmada mikroşerit yama anten boyutları hesaplaması için iletim hattı modeli kullanılmıştır. Bu çalışmanın ana fikri mikroşerit dizi antenlerin yan kulakçık saçılmalarının azaltılması için yansıtıcı yüzeyler tasarlanarak diziler arası mesafesin anten ışımaya deseni üzerindeki etkisinin incelenmesi üzerinedir. Bunun için öncelikle temel dikdörtgen yama anten tasarlandıktan sonra, antendeki dikdörtgen yamanın boyutlarını, besleme hatlarını ve diğer parametreleri optimize ederek tasarım sonlandırılacaktır.

Tasarlanan antenin 2,45 GHz rezonans frekansında çalışması istenmektedir. Bunun için uygun alt tabaka malzemesi olarak, bağıl dielektrik sabiti $\epsilon_r=3$ olan plaka seçilmiş ve dielektrik malzeme kalınlığı 1,524 mm olarak belirlenmiştir. Tasarımın bundan sonraki aşaması, malzemenin dielektrik sabitini, kalınlığını kullanarak yama boyutlarını hesaplamaktır. Şekil 1.3 'de tasarımı gerçekleştirilecek yama anten için hesaplanması gereken temel boyutlar gösterilmektedir [4].

Yama genişliği W, Eşitlik (1.1) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır [1-14];

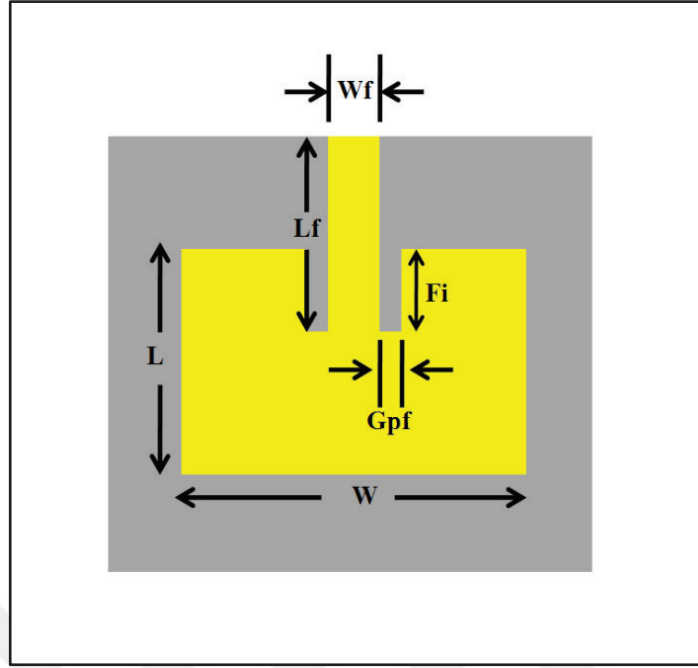
$$W = \frac{c}{2f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1.1)$$

Bu eşitlikte c ışık hızı ve f_0 merkez frekanstır. $f_0=2,45$ GHz merkez frekans için $W=4,33$ cm olarak hesaplanır. Eğer $\frac{w}{h} \geq 1$ ise, efektif dielektrik sabiti (ϵ_{ref}) Eşitlik (1.2) ile verilir [1-14];

$$\epsilon_{ref} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right] \quad (1.2)$$

$\frac{w}{h} = 2,84$ olarak hesaplanan tasarım için $\epsilon_r=3$, $h=0,1524$ cm ve $W=4,33$ cm değerleri için $\epsilon_{ref}=2,438$ olarak elde edilir.

İletim hattı modeli kullanılarak tasarımı gerçekleştirilen mikroşerit anten için yamanın boyutları, uzunluğu ve genişliği sonlu olacak ve kenarlarından alanlar saçılacaktır. Bu saçaklanma etkisinden dolayı mikroşerit anten yaması elektriksel olarak, fiziksel boyutlarından daha büyük gözükür. Bu saçaklanma etkisi Şekil 1.4 'de gösterilmiştir. Yamanın boyu her iki ucundan ΔL mesafesi kadar genişletilmiştir.



Şekil 1.3. Temel mikroşerit anten için temel boyutlandırmalar

Bu saçılma etkisinden dolayı yamanın boyunda yapılacak olan ΔL kadarlık genişletilme için Eşitlik (1.3) kullanılarak hesaplama yapılmıştır [1-14].

$$\frac{\Delta L}{h} = 0,412 \frac{(\epsilon_{ref} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{ref} - 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.8\right)} \quad (1.3)$$

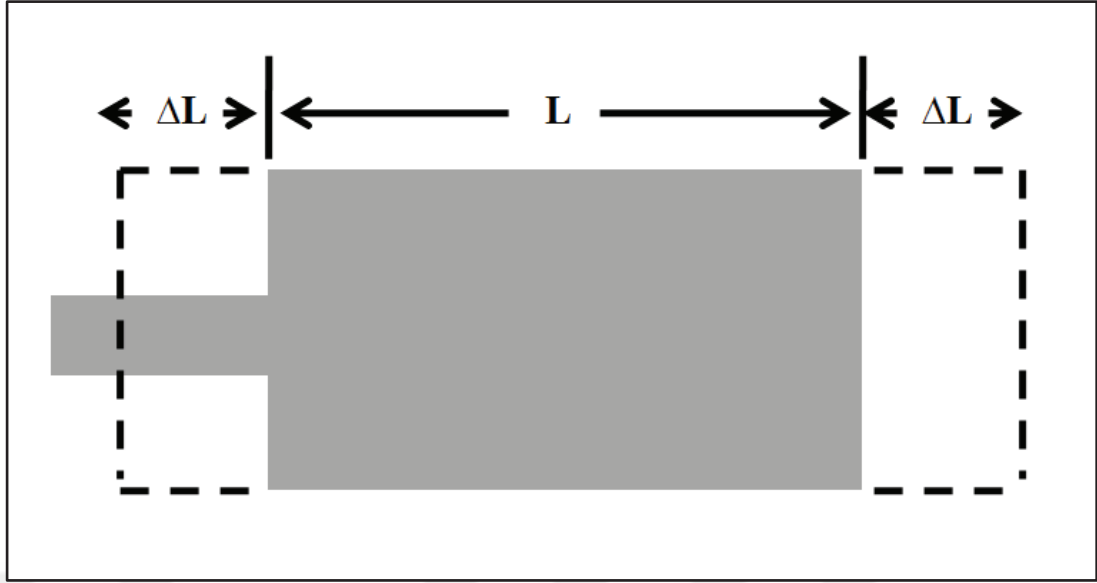
Yamanın uzunluğu her iki tarafından ΔL kadar genişletildiği için yamanın etkin uzunluğu Eşitlik (1.4) 'deki gibi olacaktır [1-14].

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (1.4)$$

$\epsilon_{ref} = 2,438$ için ΔL Eşitlik (1.3) kullanılarak 0,672 cm olarak hesaplanmıştır. Yamanın gerçek uzunluk değerinin hesaplanabilmesi için L_{eff} için Eşitlik (1.5) 'deki yaklaşım sunulmuş ve L_{eff} 'in değeri 3,922 cm olarak bulunmuştur.

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{ref}}} \quad (1.5)$$

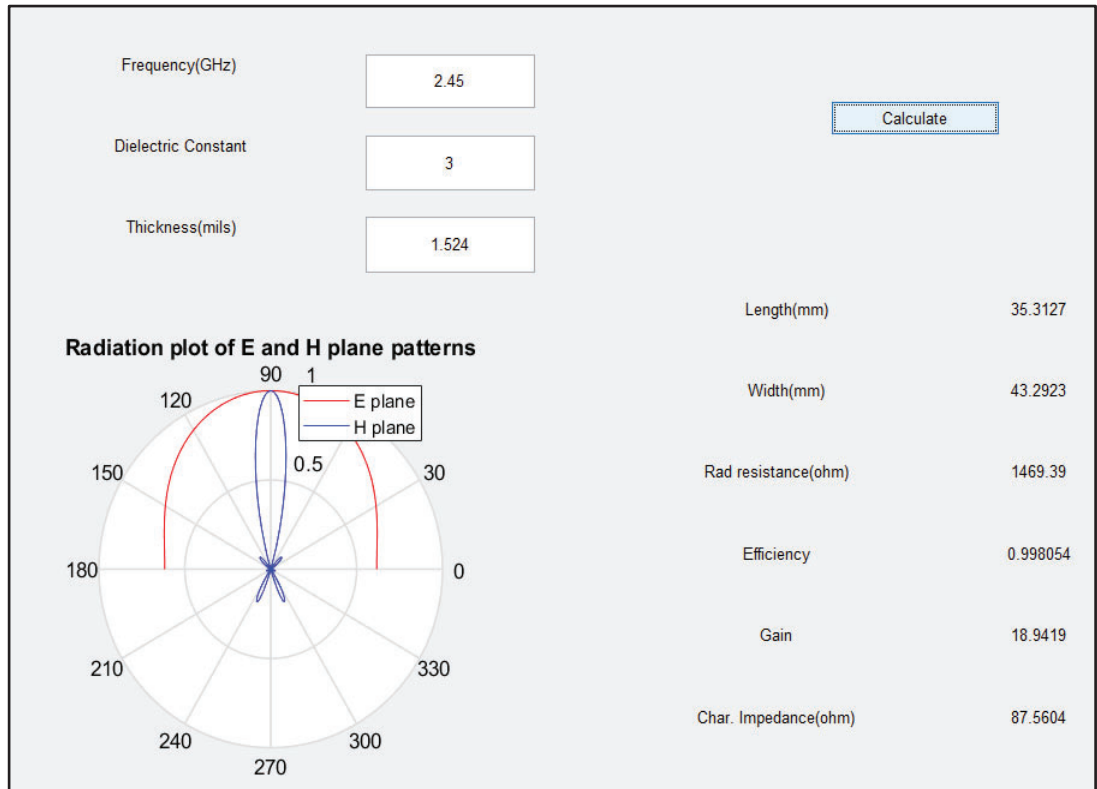
Yama için gerçek uzunluk L Eşitlik (1.4) ve Eşitlik (1.5) kullanılarak 2,58 cm olarak bulunmuştur. Son olarak Şekil 1.3 'de gösterilen F_i (yo) değerinin hesaplanması için rezonans giriş direnci R_{inn} Şekil 1.5 'de arayüzü gösterilen yazılım aracı kullanılarak 1469,39 ohm bulunmuştur [18].



Şekil 1.4. Dikdörtgensel mikroşerit yamanın fiziksel ve etkin uzunlukları

1469,39 ohm bulunan R_{inn} direnci Eşitlik (1.6) 'da yerine koyularak $F_i(y_0)$ değeri 1,137 cm olarak hesaplanmıştır.

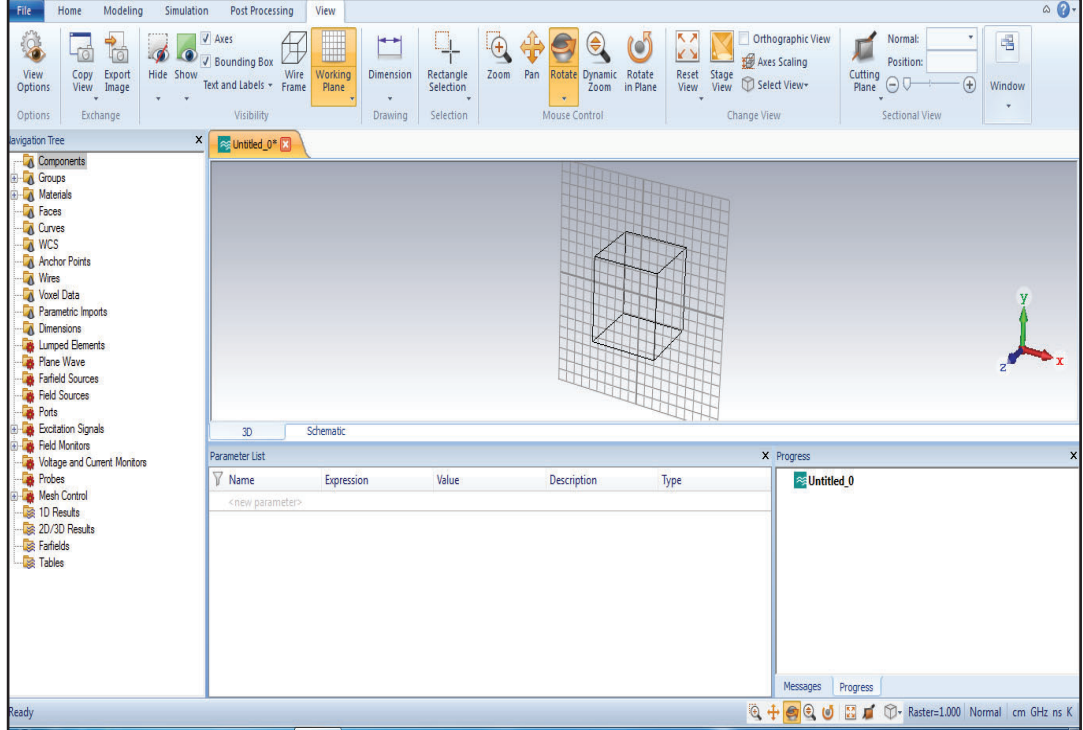
$$F_i(y_0) = \frac{L}{\pi} \cos^{-1} \sqrt{\frac{R_{in}(y=y_0)}{R_{in}(y=0)}} \quad (1.6)$$



Şekil 1.5. Rezonans giriş direnci hesaplayan yazılım aracı arayüzü

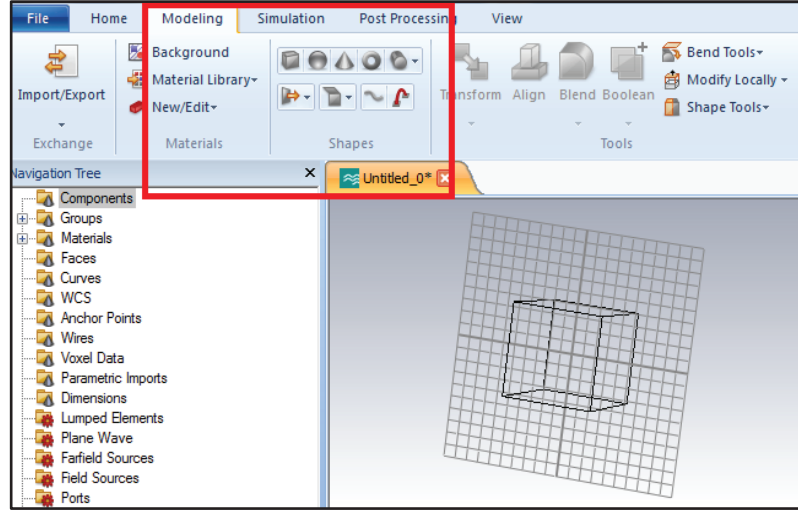
1.3. Temel Mikroşerit Yama Antenin CST Studio Suit Modellemesi ve Analizi

Bu çalışmada kolay kullanımı ve sunduğu esnek çözümler sebebiyle mikroşerit anten tasarımı için CST Microwave Studio programı kullanılmıştır. Mikro dalga frekansları gibi yüksek frekans çözümlerinde sıklıkla tercih edilen bu simülasyon ve tasarım programı üç boyutlu grafiksel bir çözüm önermektedir. CST Microwave programı bir çok çözüm metodu sunmaktadır. Bu çözüm metotları Geçici Cevap (Transient), Frekans Ortamında (Frekans Domain), İntegral Eşitliği, Çok Katmanlı ve Özdeğer (Eigenmode) gibi çözümlerdir. En çok tercih edilen ve uygulanabilirliği yüksek olan Geçici Cevap çözümdür [12]. Bu çalışmada Geçici Cevap çözüm metodu kullanılacaktır. Ayrıca zengin ve güncel materyal kütüphanesi ile üretime uygun ürün tasarımında oldukça avantajlıdır. CST Microwave Studio, kullanıcıları Şekil 1.6 'daki gibi bir ekranla karşılar. Temel mikroşerit yamanın ve aynı yamanın dizi anten konfigürasyonunun modellenmesinde CST Microwave Studio programının modelleme ve simülasyon araçları kullanılmıştır. Şekil 1.7 'de temel mikroşerit yamanın tasarımında kullanılan modelleme araçları gösterilmektedir.



Şekil 1.6. CST Microwave studio simülasyon programı

1.2. Temel mikroşerit yama anten tasarımı bölümünde elde edilen Tablo 1.1 'de gösterilen anten boyutlarına göre temel yama anten modellenmiştir.

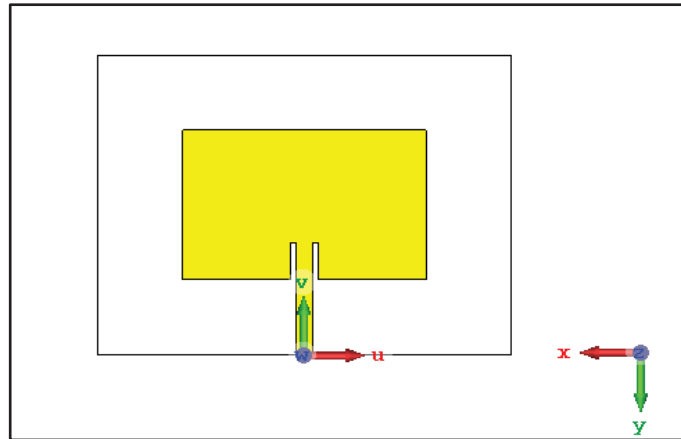


Şekil 1.7. CST Microwave Studio modelleme araçları

Tablo 1.1. Temel mikroşerit yama anten parametreleri (cm)

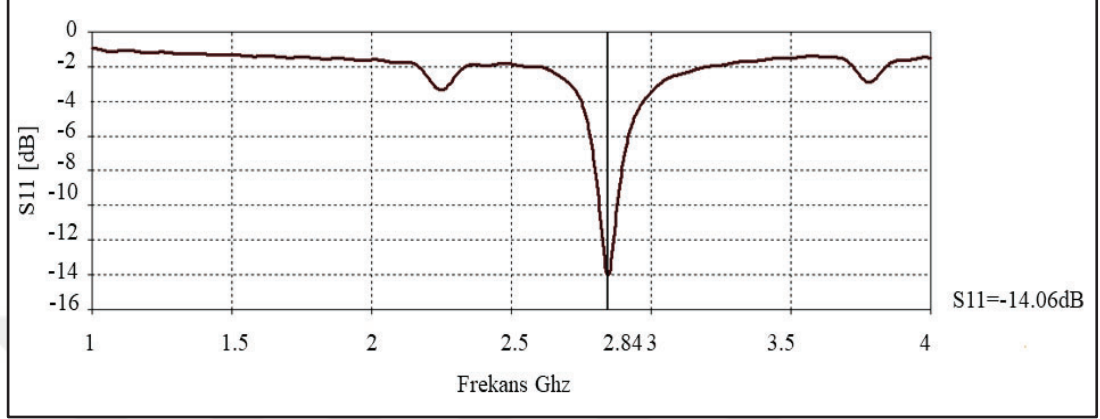
L	2,578
W	4,33
Lf	1,809
Wf	0,25
Fi	1,137
Gpf	0,1
h	0,1524
Mt	0,01

Tablo 1.1 'de verilen parametreler temel boyutlandırmalarıdır. Antenin ışıma desenini doğrudan etkileyen anten boyutlarının hesaplanmasında deneysel formüller kullanılmış olup istenilen frekans bandında anten çalışana denk optimizasyon çalışmaları yapılması gerekmektedir. Şekil 1.8 'de CST Microwave Studio ortamında modellenmesi gerçekleştirilen anten gösterilmektedir.



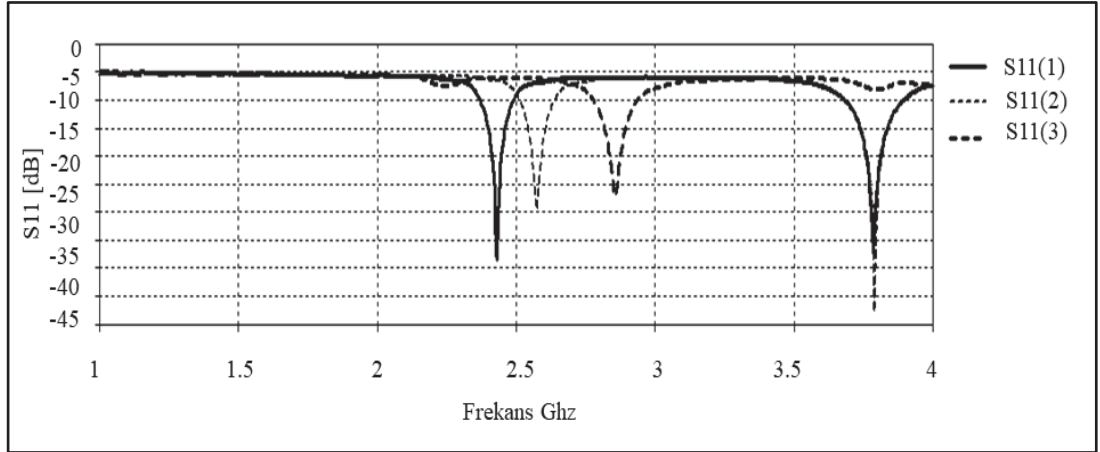
Şekil 1.8. Temel mikroşerit yama anten cst microwave studio modeli

Tasarımın analizi için CST Microwave Studio programının simülasyon araçları kullanılarak antenin parametreleri incelenmiştir. 2,45 GHz 'de çalışması istenen temel mikroşerit yama anten için S11 parametresi Şekil 1.9 'da görüldüğü gibi elde edilmiştir.



Şekil 1.9. Temel mikroşerit yama antenin S11 parametresi

İstenilenin aksine 2,84 GHz frekans bandında ışına yapan anten için boyutsal optimizasyon çalışmaları yapılarak temel yapıdaki mikroşerit antenin çalışma frekansı 2,45 GHz olacak şekilde tasarım yenilenmiştir. Antenin çalışma frekansını 2,45 GHz 'e çekmek için öncelikli olarak temel boyutları l ve w değerleri ile oynanarak yama boyutlarının ışına frekansı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

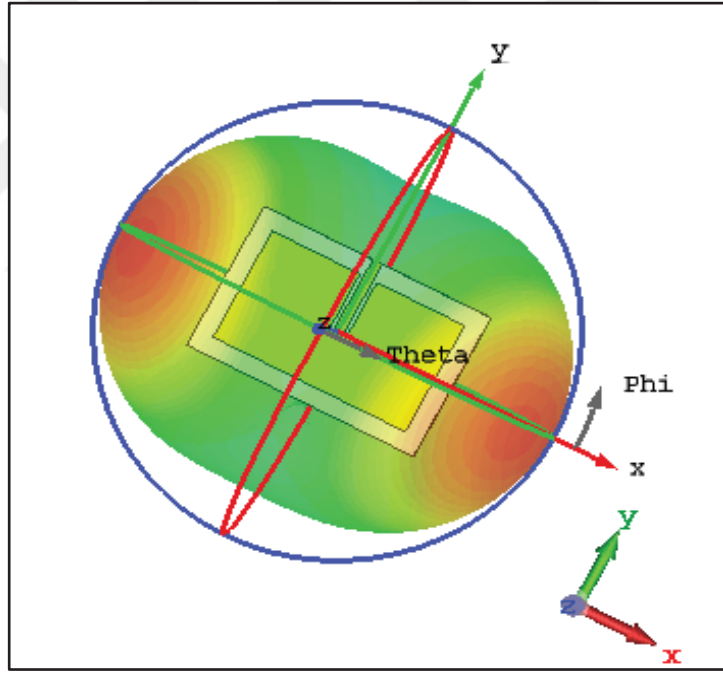


Şekil 1.10. Farklı boyutsal ölçüler için antenin S11 parametresi

Anten ışına frekansının 2,45 GHz 'e optimize edilmesi için yapılan temel boyutlardaki değişikliklerin tek başına etki etmediği görülmüş, kullanılan girintili besleme yöntemindeki girinti mesefesi F_i için optimizasyon çalışması yapılmıştır.

Girintili besleme yöntemindeki F_i değerinin S11 parametresi üzerindeki etkisi Şekil 1.10 'da incelenerek S11 optimizasyonu için etkisi gözlemlenmiştir. F_i değeri artırıldıkça S11 parametresi düzelerken antenin ışınma deseni bozulmuştur. Şekil 1.11 'de S parametresi düzeltilmek istenen antenin ışınma deseninde görülen değişiklik gösterilmektedir.

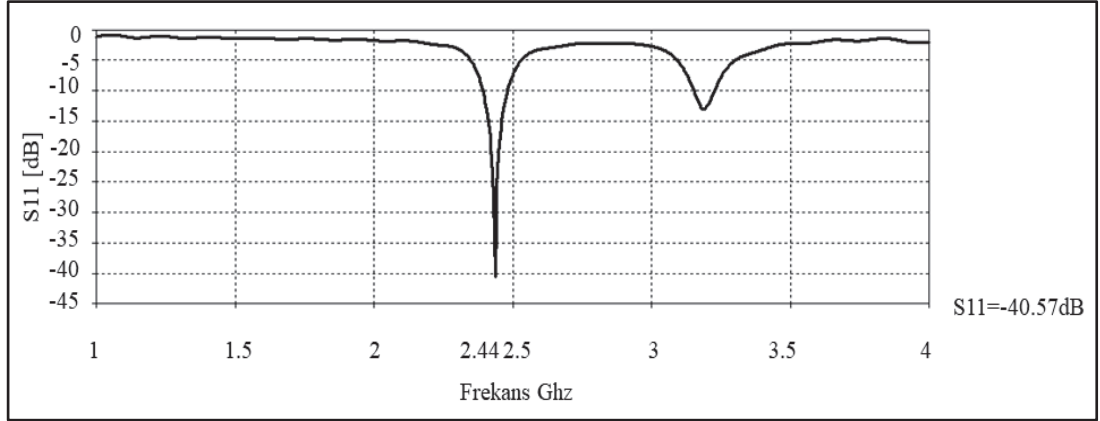
$F_i=1,539$ cm için temel mikroşerit yama antenin dizi anten gibi davranarak ışınma yaptığı gözlemlenmiştir. 1×2 'lik dizi gibi davranan temel mikroşerit yama anten için optimizasyon çalışmaları tekrar edilmiştir. Boyutsal optimizasyon çalışmaları sonucunda elde edilen optimum değerler ile temel mikroşerit yama anten S11 2,45 GHz de düzgün ışınma yapacak şekilde Şekil 1.12 'de gösterildiği gibi elde edilmiştir. Optimize edilen anten için yeni parametre listesi Tablo 1.2 'de verildiği şekildedir.



Şekil 1.11. $F_i=1,539$ cm olan antenin ışınma deseni

Tablo 1.2. Temel mikroşerit yama anten için optimize parametreler (cm)

L	2,4
W	3,5
Lf	1,8
Wf	0,25
F_i	0,6
Gpf	0,1
h	0,1524
Mt	0,01



Şekil 1.12. Optimize edilmiş mikroşerit yama anten için S11 parametresi

1.4. Temel Mikroşerit Yama Anten İçin Besleme Yöntemleri

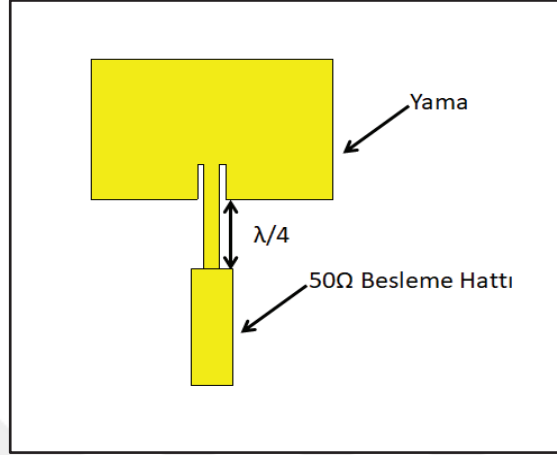
Mikroşerit anten beslemesi için bir çok konfigürasyon vardır. En çok kullanılan besleme teknikleri aşağıda verilmiştir [12].

- Koaksiyel besleme
- Mikroşerit hat besleme
- Açıklık bağlantılı besleme
- Yakınlık bağlantılı besleme

Besleme tekniğinin seçiminde empedans uyumuna dikkat edilerek seçim yapmak gereklidir. Empedans uyumsuzluğu doğrudan verimliliği etkiler. Mikroşerit hat besleme empedans uyumu en kolay olan besleme yöntemidir. Ancak dielektrik malzemenin kalınlığına bağlı olarak yüzey dalgalanmaları artar. Koaksiyel hat ile beslemede içi iletken mikroşerit ile ve dışı iletken taban ile beslenir. Empedans uyumu da zor olan güvenilirliği düşük bir yöntemdir. Bunun yanında çok dar bir band genişliğine sahiptir. Genellikle dielektrik kalınlığı $h > 0,02\lambda$ durumunda kullanılır. Açıklık beslemesi ise üretimi en zor olan ve band genişliği en dar olanıdır. Açıklık beslemesi taban ile ayrılan iki dielektrik kısma sahiptir. Yakınlık beslemesi en fazla band genişliğine sahiptir. Ancak üretimi oldukça zordur. Beslemenin uzunluğu ve genişliği ile empedans uyumu sağlanır [12].

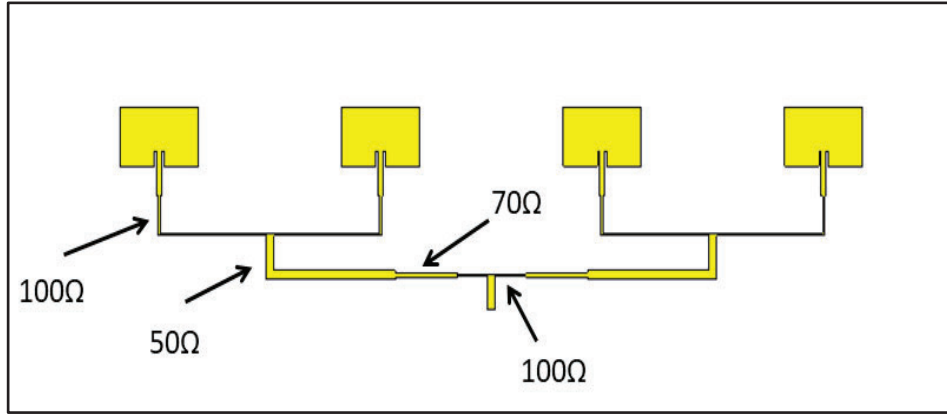
Tasarımı gerçekleştirilen mikroşerit yama antenin beslemesi için mikroşerit hat besleme yöntemi üretimindeki kolaylığından dolayı tercih edilmiştir. Bölüm 1.3 'de S parametresi optimizasyonu yapılırken girintili besleme yönteminin S

parametresine olan etkisi gözlemlenmiş, bu sebeple mikroşerit hat beslemede girintili besleme yönteminin S parametresine olan etkisi göz önünde bulundurularak besleme yöntemi tercih edilmiştir. Besleme hattı modellenirken Şekil 1.13 'de verilen çeyrek dalga doğrultucu modeli kullanılmıştır [8].



Şekil 1.13. Çeyrek dalga doğrultucu

Dizi anten için Şekil 1.14 'de verilen besleme modeli kullanılarak dizi antenin mikroşerit besleme modeli tasarlanmıştır [5,7,8].



Şekil 1.14. 1×4 'lük dizi anten için besleme hattı modeli

Dizi antenin Şekil 1.14 'de verilen modeline göre 100Ω, 70Ω ve 50Ω 'luk hatların uzunluk ve genişlik değerlerini hesaplamak için sırasıyla Eşitlik (1.7), Eşitlik (1.8) ve Eşitlik (1.9) kullanılarak hesaplanmıştır.

Kılavuz dalga boyunun hesabı için:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\epsilon_{\text{reff}}} \quad (1.7)$$

Çeyrek dalga dönüştürücünün uzunluğunun hesabı için:

$$l_{\text{çeyrek_dalga}} = \frac{\lambda_g}{4} \quad (1.8)$$

Çeyrek dalga dönüştürücünün genişlik hesabı için:

$$W_{\text{çeyrek_dalga}} = \frac{7,48h}{e^{87\sqrt{\epsilon_r+1,41}}} - 1,25Mt \quad (1.9)$$

50Ω 'luk hat için:

$$l_{50} = \frac{\lambda_g}{4} \quad (1.10)$$

$$W_{50} = \frac{10h}{1+\epsilon_r} \quad (1.11)$$

Tasarımda kullanılan dielektrik malzeme ve altındaki toprak hattının genişlik ve uzunluk değerleri eşit olacak şekilde düşünüldüğünde ($L_G=W_G=L_S=W_S$), temel yama ve dielektrik malzemenin uzunlukları Eşitlik (1.12) 'de verildiği gibi olacaktır.

$$L_G = 2 \times (W/2 + l_{\text{çeyrek_dalga}} + l_{50}) \quad (1.12)$$

Yukarıda verilen hesaplamalar için Şekil 1.15 'de verilen kod satırları kullanılarak 100Ω, 70Ω ve 50Ω için çeyrek dalga dönüştürücü genişlik değerleri hesaplanmış ve Tablo 1.3 'de bulunan değerler verilmiştir. Uzunluk değerleri için yamalar arası mesafenin konumlandırılmasına göre işlem yapılmıştır.

```
clc; clear all; close all;
er=3;
h=1.524;
W=38;
lam0=122.45;%lamda0 boşluktaki dalgaboyu
Mt=0.1; %iletken tabaka kalınlığı
ereff=((er+1)/2)+((er-1)/2)*((1+12*h/W)^(-1/2));
lamg=lam0/ereff;%klavuz dalga boyu
lceyrek_dalga=lamg/4 %çeyrek dalga dönüştürücü boyu
wceyrek_dalga=(7.48*h)/(exp((50/87)*sqrt(er+1.41))-1.25*Mt*(exp(("hat
empedansı"/87)*sqrt(er+1.41))-1.25*t
%çeyrek dalga dönüştürücü eni
l50=lamg/4 %50ohm hat uzunluğu
w50=(10*h)/(1+er) %50 ohm hat genişliği
LG=2*((W/2)+lceyrek_dalga+l50) %dielektrik boyutları "LG=WG"
```

Şekil 1.15. Çeyrek dalga dönüştürücü için hesaplama kodu

Tablo 1.3. 100 Ω , 70 Ω ve 50 Ω için çeyrek dalga dönüştürücü genişlik değerleri (cm)

wceyrek_dalga (100 Ω)	0,10124
wceyrek_dalga (70 Ω)	0,21466
wceyrek_dalga (50 Ω)	0,37734



2. MİKROŞERİT DİZİ ANTENLER

Dizi antenler, istenen ışımaya özelliklerini verecek şekilde uygun genlik ve faz ilişkileri bulunan özdeş antenlerin değişik biçimlerde düzenlenmiş gruplarına denir. Genelde önemli ışımaya özellikleri ana ışımaya doğrultusu, eni, yan kulakçık seviyeleridir [16].

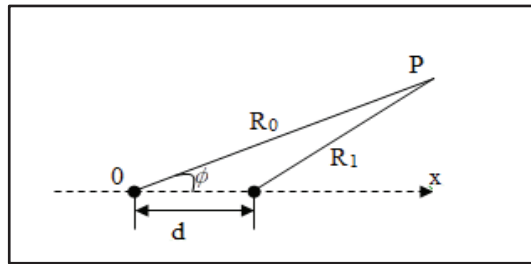
Anten dizileri anten huzmesini daraltmak, huzmeyi şekillendirmek, yönlendirmek ve kazancı artırmak için kullanılırlar.

Doğrusal, dairesel, düzlemsel gibi farklı geometrik yapılarda anten dizileri oluşturulabilir. Dizi antende farklı geometrik yapılar denenerek istenilen huzme şeklinde ışımaya deseni elde edilebilir. Ayrıca besleme genlik ve fazları ile diziyi oluşturan anten sayıları da değiştirilebilir parametrelerdir.

Geniş bir kullanım alanı olan dizi antenler yaygın olarak haberleşme sistemlerinde ve radar uygulamalarında kullanılır. Bu çalışmada doğrusal dizi anten üzerinde yan kulakçık seviyelerini düşürmek için yapılan çalışmalar ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

2.1. Düzgün Doğrusal Diziler

Özdeş elemanlardan oluşturularak bir doğru boyunca eşit aralıklarla yerleştirilmiş ve eşit büyüklükte akımlarla beslenerek düzgün olarak artan faz kaymalarına sahip olan antenlerden oluşan dizilere doğrusal diziler denir [16,19]. Örnek bir doğrusal dizi Şekil 2.1 'de gösterilmiştir.

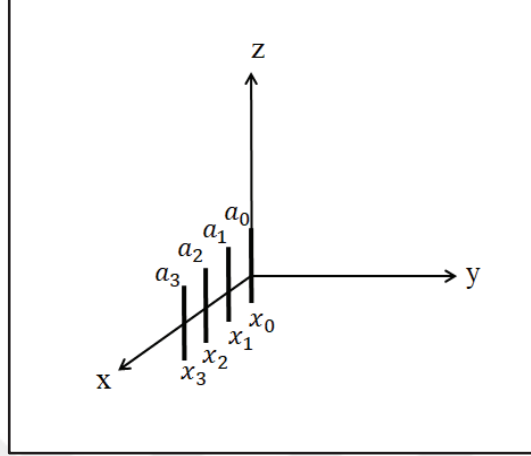


Şekil 2.1. İki öğeli dizi

Bir doğrusal dizi için dizi faktörü Eşitlik (2.1) 'de gösterilmiştir.

$$A(n) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{jkdn} \quad (2.1)$$

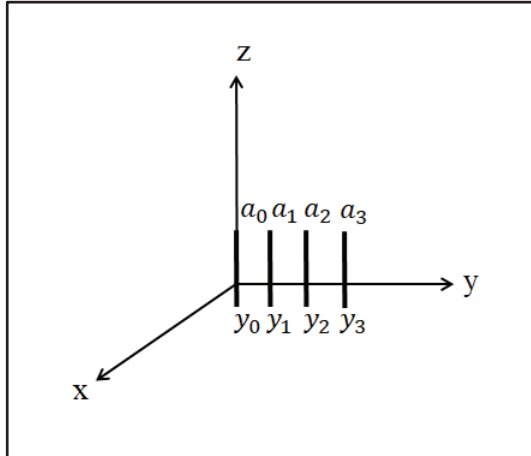
Eğer antenler Şekil 2.2 'de gösterildiği gibi x eksenine yerleştirilmiş iseler dizi faktörü Eşitlik (2.2) 'de verildiği gibi olacaktır.



Şekil 2.2. x eksenine yerleştirilmiş doğrusal dizi anten

$$kdn = n.k.d.\sin.\cos \quad (2.2)$$

Benzer şekilde eğer antenler Şekil 2.3 'de gösterildiği gibi y eksenine yerleştirilmiş iseler dizi faktörü Eşitlik (2.3) 'de verildiği gibi olacaktır.



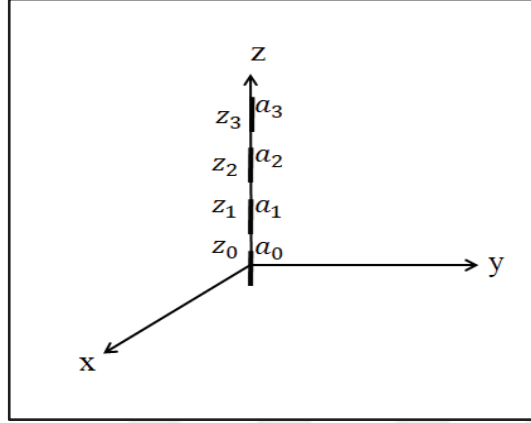
Şekil 2.3. y eksenine yerleştirilmiş doğrusal dizi anten

$$kdn = n.k.d.\sin.\sin \quad (2.3)$$

Son olarak antenler Şekil 2.4 'de verildiği gibi z eksenine yerleştirilmiş ise dizi

faktörü Eşitlik (2.4) 'de verildiği gibi olacaktır.

$$kdn=n.k.d.\cos \quad (2.4)$$



Şekil 2.4. z eksenine yerleştirilmiş doğrusal dizi anten

Sayısal dalga numarasına (ψ) göre dizi faktörü yazılmak istenirse bu durumda dizi faktörü Eşitlik (2.5) 'te gösterildiği gibi olacaktır [19].

$$A(\psi) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{jn\psi} \quad (2.5)$$

Eğer antenler x eksenine yerleştirilmiş iseler;

$$\psi = k.d.\sin\theta.\cos\phi \quad (2.6)$$

Eğer antenler y eksenine yerleştirilmiş iseler;

$$\psi = k.d.\sin\theta.\sin\phi \quad (2.7)$$

Eğer antenler z eksenine yerleştirilmiş iseler;

$$\psi = k.d.\cos\theta \quad (2.8)$$

olacaktır.

Doğrusal bir dizinin genelleştirilmiş dizi faktörü ifadesi Eşitlik (2.9) 'da gösterildiği gibidir [16].

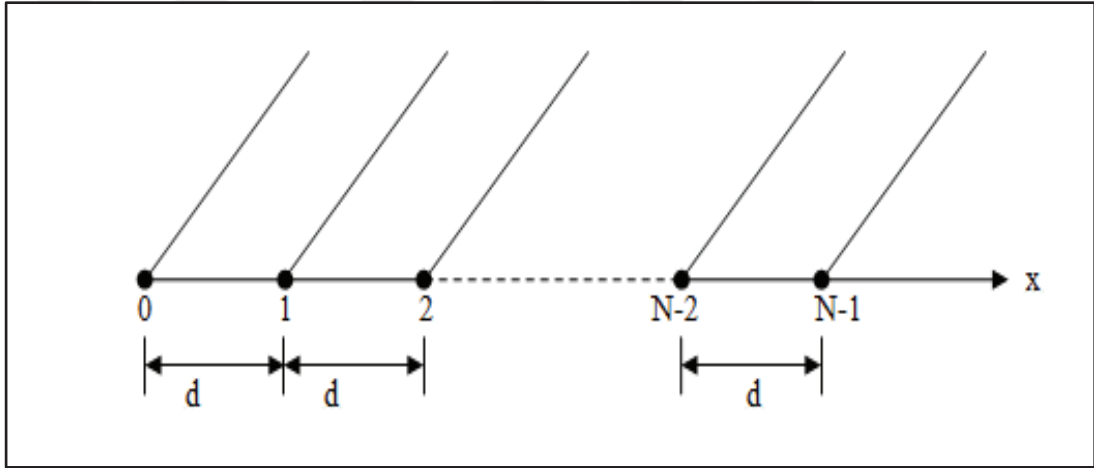
$$|A(\psi)| = \frac{1}{N} \left| \frac{\sin \frac{N\psi}{2}}{\sin \frac{\psi}{2}} \right| \quad (2.9)$$

Bir doğrusal dizi için istenilen ışınma deseninin elde edilebilmesi için temel özelliklerinin kullanılması gereklidir. Doğrusal bir dizi için temel karakteristik özellikler aşağıda verilmiştir.

2.1.1. Işınma deseni çarpım ilkesi

Dizi antenlerin ışınma desenini bulmak için ışınma deseni çarpım ilkesi kullanılır. Özdeş antenlerden oluşan bir dizinin ışınma deseni, tek bir antenin güç ışınma deseni ile dizi faktörünün çarpımından oluşur [19]. Bu özelliğe ışınma deseni çarpım ilkesi denir. İki ögeli bir dizi için ışınma deseni çarpım ilkesi Eşitlik (2.10) 'de verilmiştir.

$$F_{\text{dizi}}(\theta, \phi) = \sum_{n=1}^{N-1} A_n(\theta, \phi) F_n(\theta, \phi) \quad (2.10)$$



Şekil 2.5. Genel doğrusal dizi

Şekil 2.5 'deki antenlerin elektrik alanlarının θ doğrultusunda olduğu ve antenlerin x eksenine boyunca dizildiği varsayılmıştır.

2.1.2. Ana demet doğrultusu

Dizi anteninin kazancınının, bir diğer deyişle ışıdığı gücün maksimum olduğu doğrultu dizi anteninin ana demet doğrultusudur. Ana demet doğrultusu bize dizinin maksimum ışınma yaptığı θ ve ϕ açı değerlerini gösterir [16,19].

ψ 'yi sıfır yapan θ ve/veya ϕ açı değerleri ana demet doğrultusunu gösterir. Örneğin x eksenine yerleştirilmiş bir dizi için yatay düzlemde ($\theta=90$) ;

$$\psi = k \cdot d \cdot \cos \phi \quad (2.11)$$

olacaktır. Burada görüldüğü gibi ψ , $\emptyset=90$ derece olduğunda sıfır olacaktır. O halde böyle bir dizinin maksimum kazancı $\emptyset=90$ derecede oluşur.

2.1.3. Sıfır konumları

Dizi ışınma deseninin sıfır olduğu açı sıfır konumları olarak adlandırılır ve Eşitlik (2.9) sıfır olduğunda ışınma deseni de sıfır olacaktır [19]. Dizi faktörünün sıfır olduğu değerler Eşitlik (2.12) 'de gösterilmiştir.

$$\frac{N\psi}{2} = \mp k\pi, \quad k=1, 2, 3 \quad (2.12)$$

2.1.4. Ana demet eni

Ana kulakçığın ilk sıfırlar arasındaki açısal eni ana demet eni olarak adlandırılır ve büyük N değerleri için yaklaşık olarak belirlenebilir [16]. Dizi antenlerde ana demet eni önemli parametrelerden biridir. Örneğin dizi antendeki anten sayısı artırıldığında ana demet eni küçültülerek radar uygulamalarında daha doğru tespit sağlamak mümkündür [16,19].

2.1.5. Yan kulakçık konumları

Yan kulakçıklar Eşitlik (2.9) 'da pay en büyük olduğunda, yani $|\sin N\psi/2|=1$ olduğunda ortaya çıkan küçük maksimumlardır. Payı en büyük yapan değerler aşağıdaki gibidir [19].

$$\frac{N\psi}{2} = \mp k\pi, \quad k=1, 2, 3, \dots, \quad m= 1, 2, 3, \dots \quad (2.13)$$

Yan kulakçık istenmeyen yönlerde ışımaya sebep olduğundan istenmeyen bir durumdur.

2.1.6. İlk yan kulakçık seviyesi

Ana kulakçığa göre ilk yan kulakçık seviyesi bir dizinin ışınma deseninin önemli bir özelliğidir. Yan kulakçık seviyesi genellikle ilk yan kulakçık seviyesine göre hesaplanır. Tüm yan kulakçıklar olabildiğince düşük seviyede tutulmalıdır. Böylece ışınan gücün çoğu ana demet doğrultusunda yoğunlaşacak ve yan kulakçık

bölgelerine sapmayacaktır. İlk yan kulakçık seviyesinin genliği büyük N değerleri için Eşitlik (2.14) 'de gösterildiği gibidir.

$$\frac{1}{N} \left| \frac{1}{\sin \frac{3\pi}{2N}} \right| \cong \frac{1}{N} \left| \frac{1}{\frac{3\pi}{2N}} \right| = \frac{2}{3\pi} = 0,212 \quad (2.14)$$

Logaritmik olarak çok ögeli bir doğrusal dizinin ilk yan lobları, ana maksimumdan 10dB kadar aşağıdadır. Bu değer N büyük olduğu sürece N'den hemen hemen bağımsızdır [16].

2.1.7. Görünür bölge

Dizi faktörü $A(\psi)$ ψ 'ye göre periyodiktir ve periyodu 2π 'dir. Bu nedenle ψ 'yi bir Nyquist aralığında bilmek yeterlidir. ($-\pi \leq \psi \leq \pi$)

Ancak ψ 'nin gerçek değişim aralığı $kd=2d\pi/\lambda$ 'ya bağlıdır. x eksenine yerleştirilmiş bir düzlemsel dizi için yatay düzlemde ψ , $\cos\theta$ ile değişir. θ , 0° ile 180° arasında değiştiği için ψ değeri kd ile $-kd$ aralığında değişir. Bu değişim aralığı genel olarak görünür bölge olarak tanımlanır [19].

$$-kd \leq \psi \leq kd \quad (\text{görünür bölge}) \quad (2.15)$$

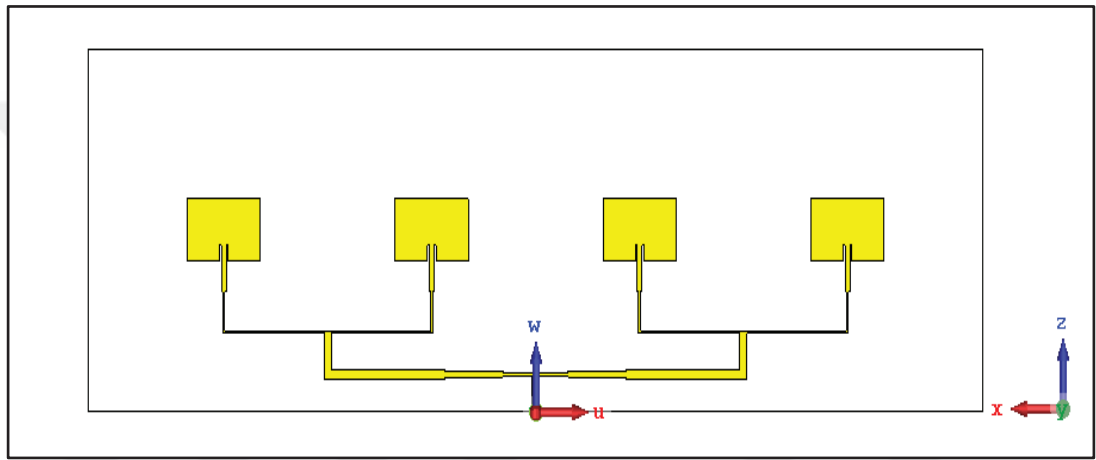
2.1.8. Saçak kulakçıklar

$kd > \pi$ yani $d > \frac{\lambda}{2}$ olduğunda $A(\psi)$ görünür bölgeyi bir kez sarar ve daha sonra ikinci bir sarma yapar. Bu durum ana demetin dışında saçak adı verilen ve yan kulakçık olmayan kulakçıkların oluşmasına neden olur. Saçak kulakçıkların sayısı $\frac{2d}{\lambda}$ ile bulunabilir. Örneğin antenler arasındaki d mesafesi 2λ olduğunda 4 adet kulakçık oluşması beklenir. Saçak kulakçıkların oluşmaması için antenler arasındaki d mesafesinin dalga boyunun yarısından küçük veya eşit seçilmesi gerekir [16,19].

2.2. 1×4 Mikroşerit Yama Dizi Anten Tasarımı

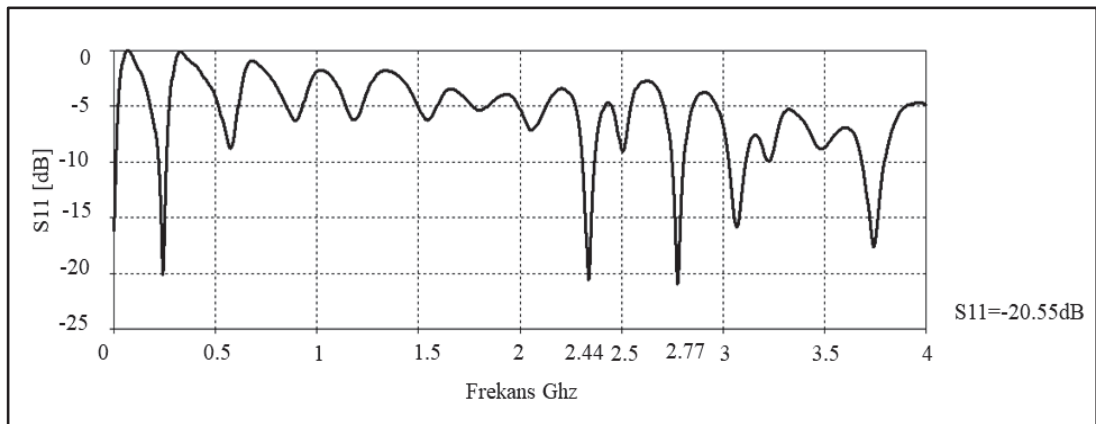
Doğrusal diziler üzerine yapılan çalışmadan sonra CST Microwave Studio program kullanılarak 2,45 GHz için 1×4 'lük dizi anten üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bölüm 1.2 'de tasarımı gerçekleştirilen ve Bölüm 1.3 'de CST

Microwave Studio modellemesi gerçekleştirilen 2,45 GHz de çalışan temel mikroşerit yama, 1×4 dizi antene dönüştürülerek çalışmaya konu olan dizi antenin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Dizi anten oluşturulurken yamalar arası mesafenin uygunluğu, dizi antenin konumlandırıldığı dielektrik malzemenin boyutları gibi doğrudan veya dolaylı olacak şekilde antenin ana kulakçık ve yan kulakçık ışımaya desenine etki edecek durumlar incelenerek istenilen 2,45 GHz frekans bandında çalışan optimum yama dizi antenin tasarımına karar verilmiştir. Temel yama kullanılarak oluşturulmuş 1×4 'lük dizi anten Şekil 2.6 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.6. 1×4 'lük dizi anten konfigürasyonu

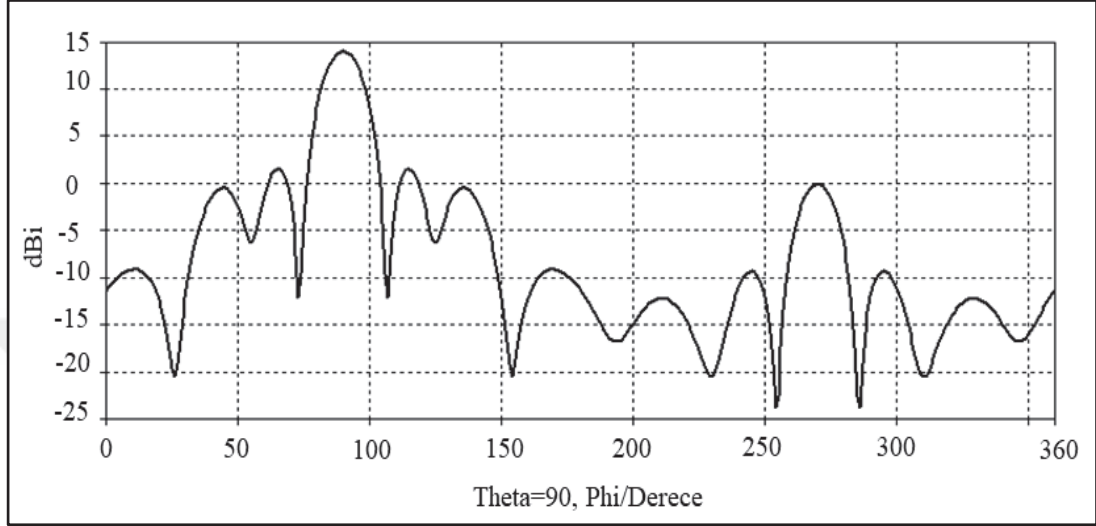
Konfigürasyonu gerçekleştirilen dizi anten için S11 analizi gerçekleştirilerek 2,45 GHz çalışma frekansı için dizi antenin ışımaya deseni incelenmiştir. Şekil 2.7 'de 1×4'lük dizi anten için S11 parametresi gösterilmektedir.



Şekil 2.7. 1×4 'lük dizi antenin S11 parametresi

2,45 GHz ve 2,7 GHz frekanslarında çift bant çalışan dizi antenin ışımaya deseni

incelenerek, antenin yan kulakçık ışımaları ve arka kulakçık ışımaları incelenmiştir. Şekil 2.8 'de gösterilen dizi antenin ışımaya deseni için düşük ön-yan kulakçık ve düşük ön-arka kulakçık oranı sağlayacak yöntemler çalışmaya konu olan dizi anten için sırasıyla dizi antene uygulanarak elde edilen bulgular çalışmada sunulmuştur.



Şekil 2.8. 1x4 'lük dizi antenin 2,45 GHz, Theta=90 için Phi ışımaya deseni

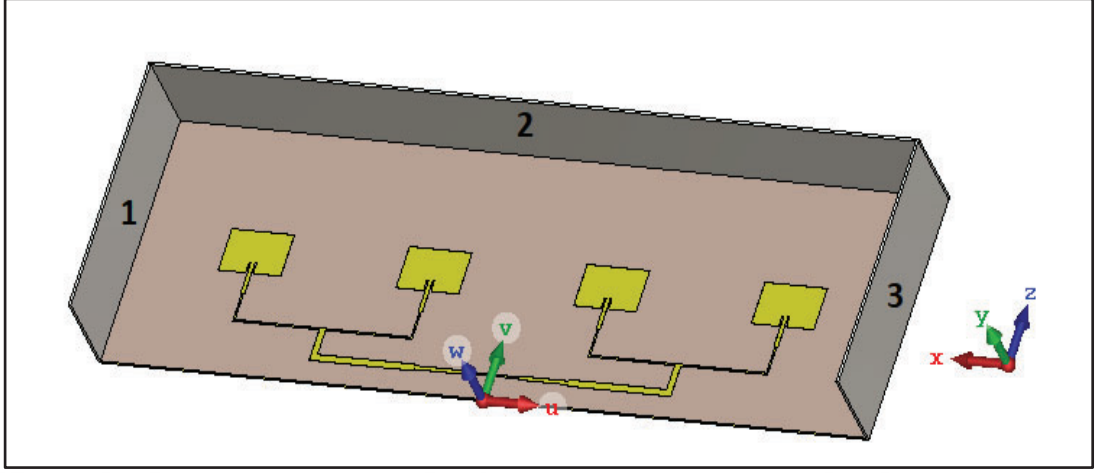
Dizi antenlerin ışımaya desenlerinde oluşan yan ve arka kulakçıklar istenmeyen yönlerde enerji dağılımına neden olur. İstenmeyen yöndeki enerji dağılımlarını azaltmak için sırasıyla dizi antene yansıtıcı yüzeyler eklenmiş, eklenen bu yüzeylerin şekilsel farklılıkları, konumları, konumlandırma açıları ile dizi elemanlarının eşit ve eşit olmayan dağılımlarda yerleşimlerinin antenin ışımaya deseni üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2.3. 1x4 Mikroşerit Yama Dizi Anten İçin Yansıtıcı Yüzey Etkisi

Yansıtıcı yüzeylerin istenmeyen yönde ışımaya sebebiyet veren yan ve arka kulakçık ışımadaki etkilerini incelemek üzere dizi antenin ışımaya desenine paralel ve dik olacak şekilde konumlandırılan konfigürasyonlar denenerak yansıtıcı yüzeylerin şekilsel farklılıkları, konumları, konumlandırma açılarının ön-yan kulakçık ve ön-arka kulakçık üzerindeki etkileri sonucu oluşan etkileri incelenmiştir.

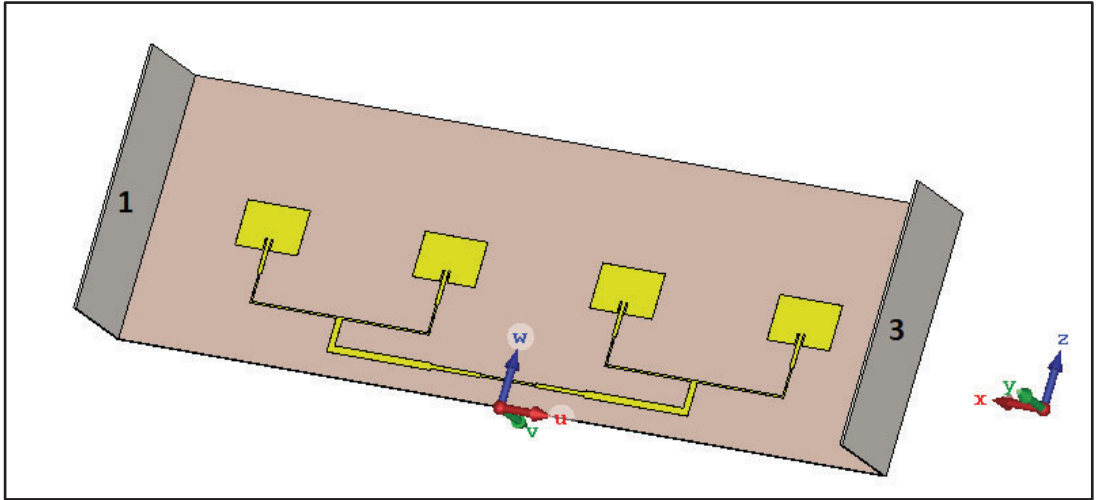
Şekil 2.9 'da verilen dizi anten için 1, 2, ve 3 numaralı yansıtıcı yüzeyler antene uygulanarak farklı konfigürasyonlar için anten ışımaya deseni incelenmiştir. Sırasıyla y-z düzlemine (1-3 numaralı plakalar) ve x-y düzlemine (2 numaralı plaka) yansıtıcı

plaka konularak antenin ışıma deseni üzerindeki etkileri incelenmiştir.



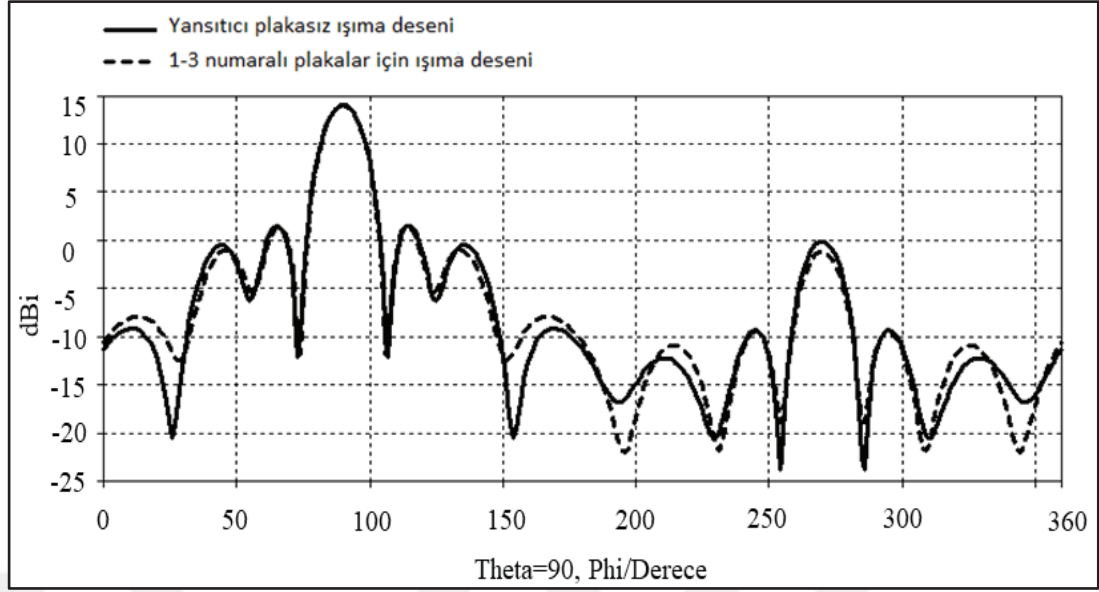
Şekil 2.9. 1×4 'lük dizi anten için yansıtıcı yüzey konfigürasyonu

Şekil 2.9 'da koordinat düzleminde $x-z$ düzlemine yerleştirilmiş dizi anten için antenin $y-z$ düzlemine yerleştirilen 1 ve 3 numaralı plakalar ile oluşturulmuş yapı Şekil 2.10 'da gösterilmektedir. Dizi antenin ışıma yönüne paralel olarak yerleştirilen yapı için Şekil 2.11 'deki ışıma deseni incelendiğinde antenin yan ve arka kulakçık seviyesine etki etmediği gözlemlenmiştir.



Şekil 2.10. 1×4 'lük dizi anten için $y-z$ düzlemine yerleştirilen yansıtıcı yüzey konfigürasyonu

Antenin ışıma desenine paralel yerleştirilen 1-3 numaralı plakaların aksine antenin ışıma desenine dik olacak şekilde konumlandırılan Şekil 2.12 'de gösterilen konfigürasyon antene uygulandığında antenin arka kulakçık seviyesinin 8,5 dB düştüğü gözlemlenmiştir.



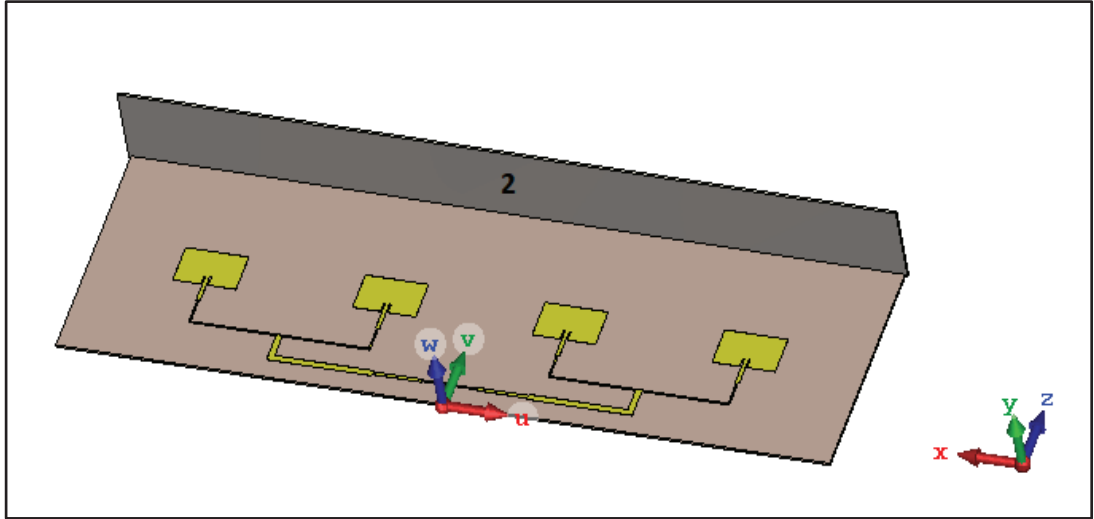
Şekil 2.11. 1×4 'lük dizi antenin 2,45 GHz, $\Theta=90$, 1-3 numaralı plakalar için Φ ışıma deseni

Yapılan araştırmada ön-arka kulakçık oranı antenlerde anten kazancının bir ölçütü olarak incelenir (ileri-geri oranı, front to back lobe ratio). Antenlerde ana kulakçık kazancının arka kulakçık kazancına olan oranı olarak ifade edilen ön-arka kulakçık oranı antenlerde yönlendirme yeteneğinin bir ölçüsü olan anten kazancının belirlenmesinde sıklıkla incelenen anten parametrelerinden biridir.

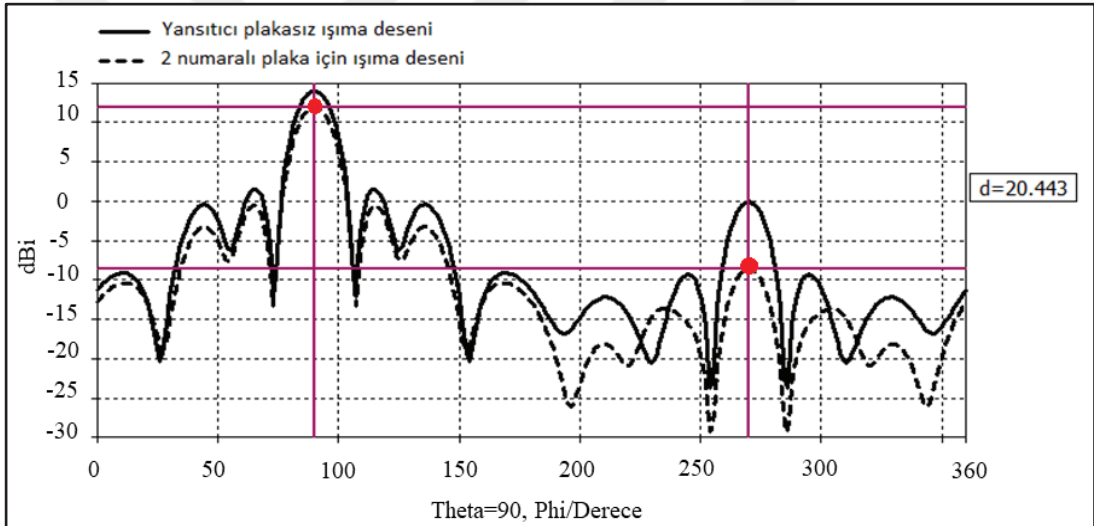
Ön-arka kulakçık oranı istenilen yönde yayılan gücün veya enerjinin istenmeyen yönlerde yayılan güç veya enerjiye oranıdır. Özellikle yönlü antenlerde yönlülüğün bir ölçütü olarak incelenen ön-arka kulakçık oranı; idealde sonsuz bir diğer deyişle istenmeyen enerjinin sıfır olması istenir.

Çalışmada mikroşerit yapıdaki 1×4 'lük dizi anten için başlangıçta -14,097 dB olan ön-arka kulakçık oranı x-y düzlemine yerleştirilmiş yansıtıcı yüzey sonrasında -20,443 dB ye düşerek yaklaşık 6 dB 'lik kazanç elde edilmiştir. Şekil 2.13 'de yansıtıcı plaka sonrası -20,443 dB ön-arka kulakçık oranına sahip dizi anten için ön-arka kulakçık oranı verilmiştir.

Dizi antenin ön-arka kulakçık seviyesine etki ettiği gözlemlenen yansıtıcı yüzeylerin etki seviyesini detaylı incelemek amacıyla farklı şekil ve konumlandırılma açılarında farklı konfigürasyonlar dizi antene uygulanarak elde edilen bulgular ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.



Şekil 2.12. 1×4 'lük dizi anten için x-y düzlemine yerleştirilen yansıtıcı yüzey konfigürasyonu



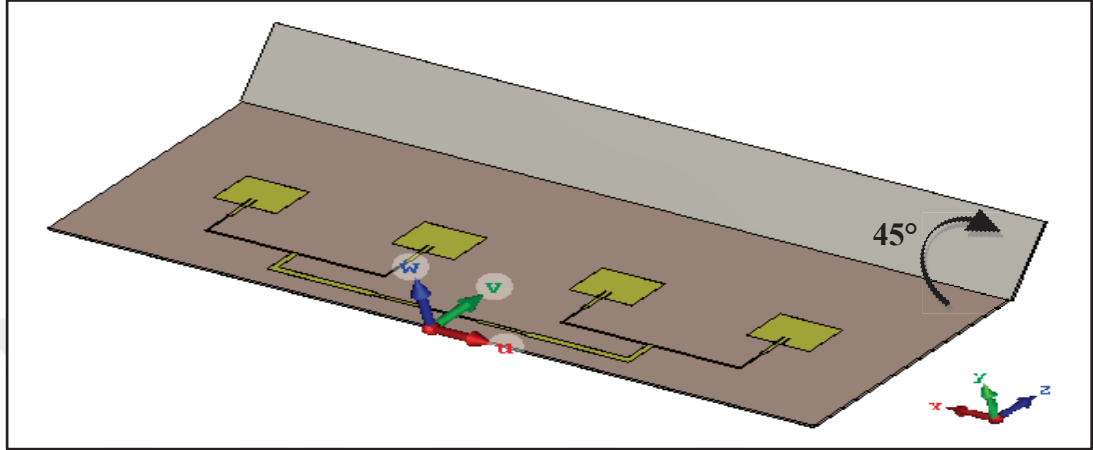
Şekil 2.13. 1×4 'lük dizi antende x-y düzlemine yerleştirilen yansıtıcı yüzey için ön-arka kulakçık oranı

2.3.1. Yansıtıcı yüzeylerin yerleştirilme açılarının ön-yan ve ön-arka kulakçık oranlarına etkisi

Bölüm 2.3 'de dizi antene x-y düzleminde uygulanan iki numaralı plakanın konumlandırma açısının antenin istenmeyen ışımalarına olan etkisini incelemek üzere plakanın açısı değiştirilerek elde edilen bulgular bu bölümde sunulmuştur.

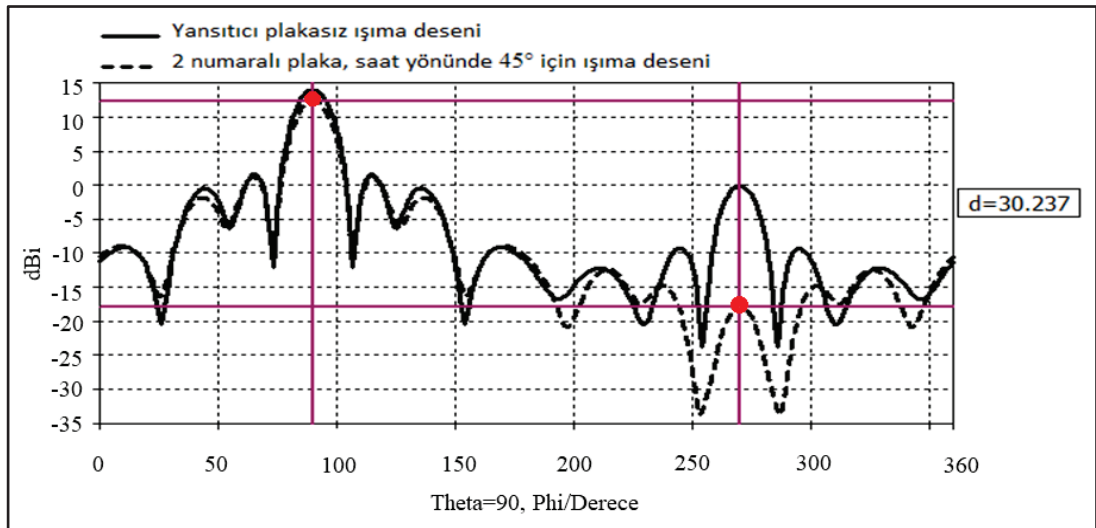
Başlangıçta 90° dik açı ile konumlandırılan yansıtıcı yüzey sırasıyla y-z ekseninde saat yönünde ve saat yönünün tersinde döndürülerek, açı kazandırılmış plakanın ön yan kulakçık ve ön-arka kulakçık oranlarına etkisi incelenmiştir. Şekil 2.14 'de y-z

ekseninde saat yönünde plaka 5 'er derece açı ile döndürülerek 45° 'de minimum arka kulakçık seviyesi gösterirken yan kulakçık seviyelerinde gözle görülür bir iyileşme görülmemiştir. Yansıtıcı düz plakanın saat yönünde 45° açı ile konumlandırılması sonucu doğrudan arka kulakçık seviyesi 16 dB düşmüştür.



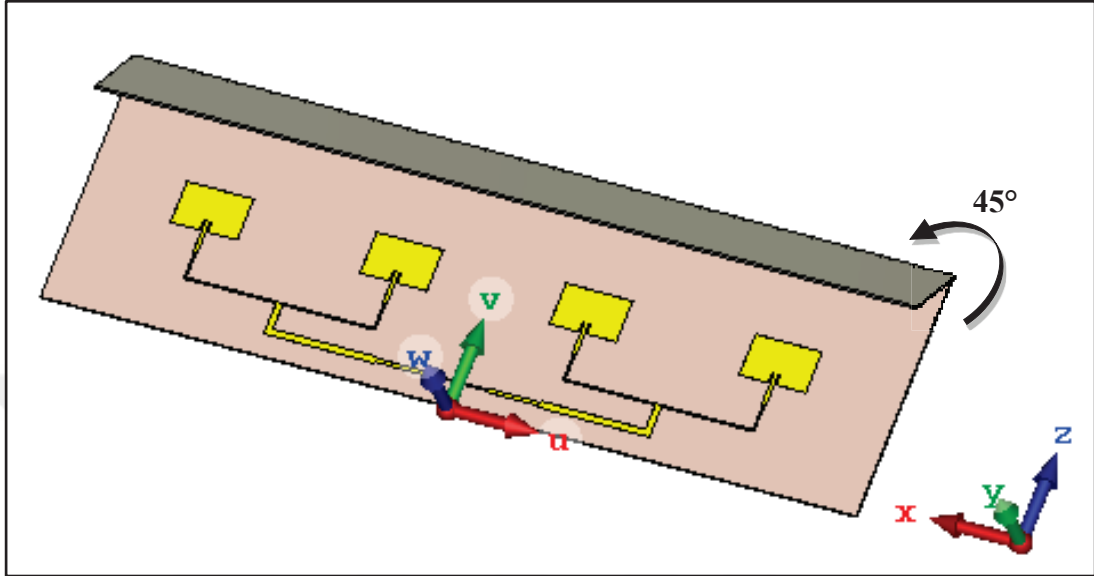
Şekil 2.14. 1×4 'lük dizi anten için y-z ekseninde saat yönünde 45° açı kazandırılmış yansıtıcı yüzey konfigürasyonu

45° açılı olacak şekilde konumlandırılan yansıtıcı plaka sonrası başlangıçta -14,097 dB olan ön-arka kulakçık oranı -30,237 dB olacak şekilde yaklaşık 16 dB düşürülmüştür. Aynı yansıtıcı plaka için saat yönünün tersine açı kazandırılarak ışınım desenine olan etkisi incelendiğinde antenin arka kulakçık seviyesinde değişim gözlemlenmezken birincil ve ikincil yan kulakçık seviyeleri yaklaşık 4,36 dB olacak şekilde bastırılarak ortalama yan kulakçık seviyesi düşürülmüştür.

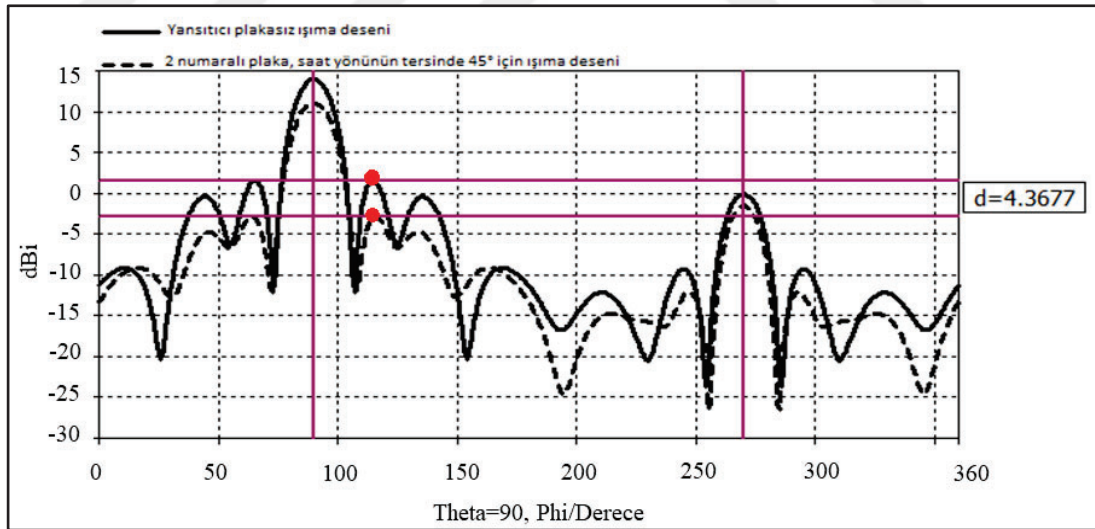


Şekil 2.15. 1×4 'lük dizi anten için y-z ekseninde saat yönünde 45° açı kazandırılmış yansıtıcı yüzey konfigürasyonu için ön-arka kulakçık oranı

Şekil 2.16 'da saat yönünün tersine açı kazandırılmış yansıtıcı plaka konfigurasyonu verilen dizi anten için Şekil 2.17 'de birincil ve ikincil yan kulakçık seviyeleri bastırılmış dizi anten için birincil yan kulakçık seviyesi gösterilmektedir.



Şekil 2.16. 1×4 'lük dizi anten için y-z ekseninde saat yönünün tersinde 45° açı kazandırılmış yansıtıcı yüzey konfigurasyonu

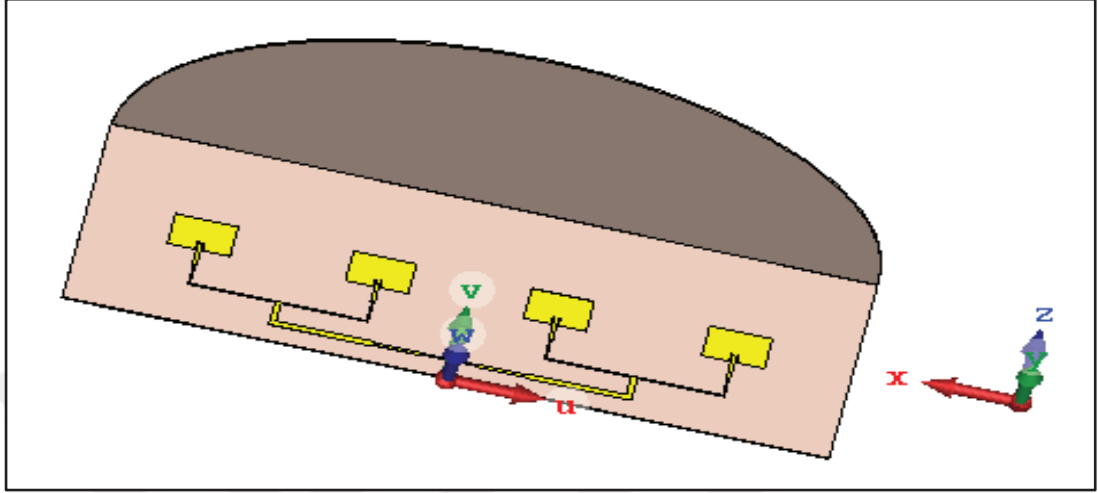


Şekil 2.17. 1×4 'lük dizi anten için y-z ekseninde saat yönünün tersinde 45° açı kazandırılmış yansıtıcı yüzey konfigurasyonu için yan kulakçık seviyesi

2.3.2. Yansıtıcı yüzeylerin şekilsel farklılıklarının ön-yan ve ön-arka kulakçık oranlarına etkisi

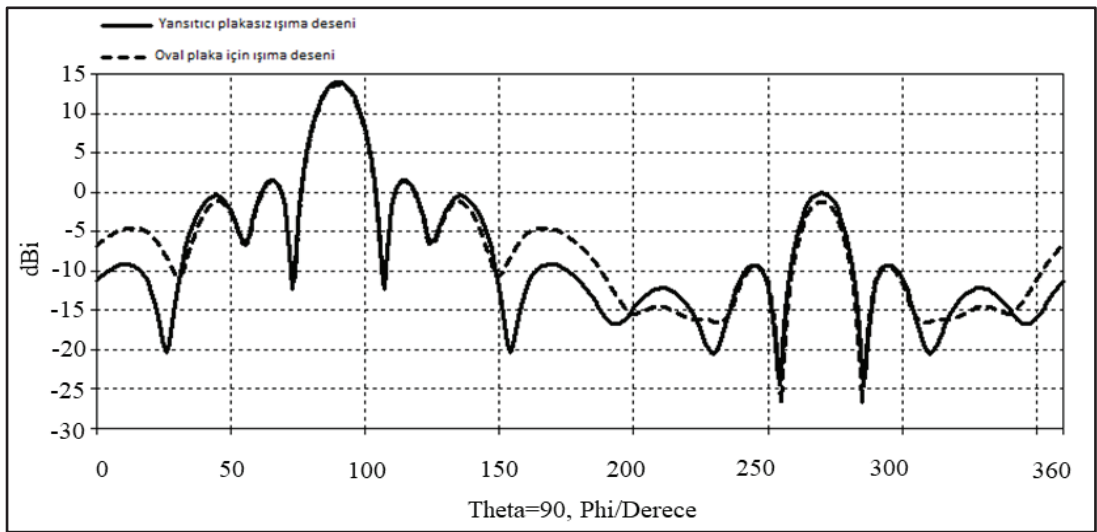
Yansıtıcı yüzeyler için konumlandırılma açısının yan ve arka kulakçık ışınmalarına olan etkisi incelendikten sonra yansıtıcı yüzeylerin şekilsel farklılıkları incelenmek

üzere yapılan çalışmalar bu bölümde sunulmuştur. Sırasıyla oval ve silindirik olmak üzere farklı geometrik yapılarıdaki yansıtıcı plakalar dizi antene uygulanarak sonuçlar incelenmiştir.



Şekil 2.18. 1×4 'lük dizi anten için x-y düzlemine yerleştirilen oval yansıtıcı yüzey konfigürasyonu

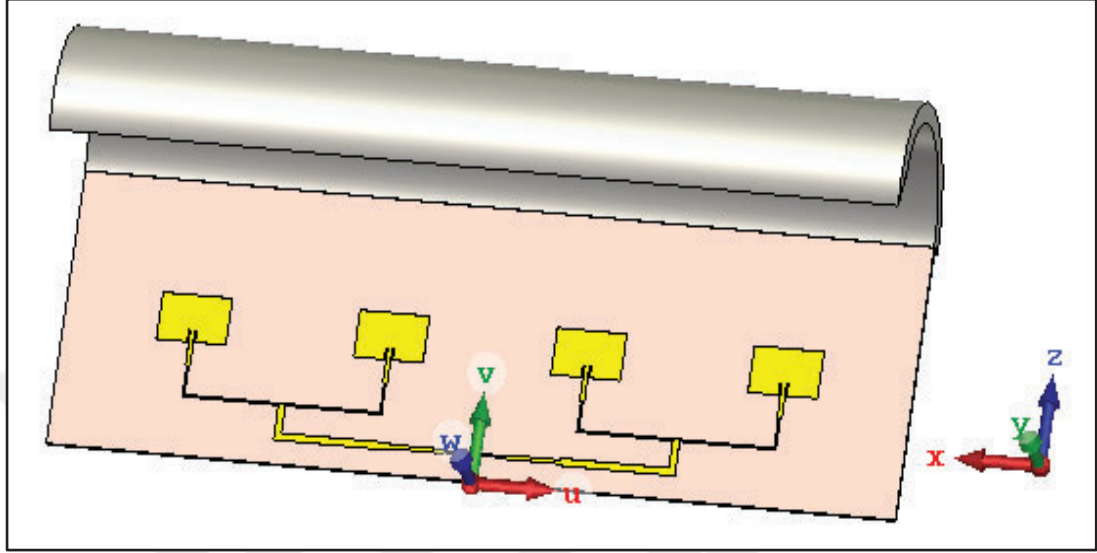
Antenin ışınım yönüne dik olarak konumlandırılmış düz yansıtıcı plakadan referans alınarak yerine çapı antenin boyutuna eşit olacak şekilde Şekil 2.18 'de verilen oval yapı konumlandırılarak anten ışınım deseni üzerindeki etkileri incelendiğinde oval yapının anten ışınım deseninde yan ve arka kulakçık ışınmalarına etki etmediği görülmüştür.



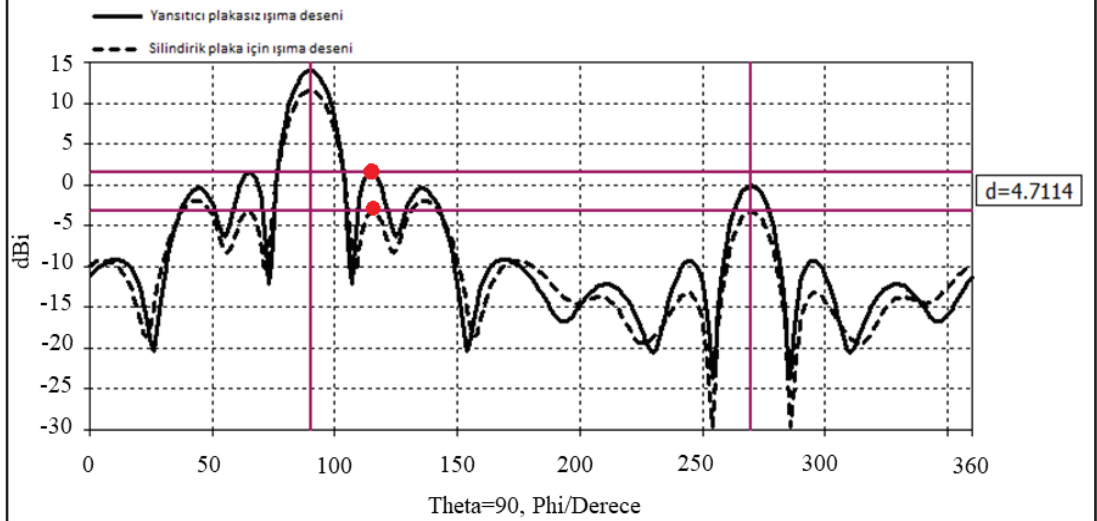
Şekil 2.19. 1×4 'lük dizi anten, oval yansıtıcı yüzey konfigürasyonu için ışınım deseni

Silindirik plaka antene uygulanarak etkileri incelendiğinde, silindirik yapının ışınım

deseninde istenmeyen ışımalara yönelik arka kulakçık ışımalarına etki etmediği gözlemlenirken yan kulakçık ışımalarını 4,7 dB düşürdüğü görülmüştür. Şekil 2.21 'de silindirik yapı için ışımaya deseni gösterilmektedir.



Şekil 2.20. 1×4 'lük dizi anten için x-y düzlemine yerleştirilen silindirik yansıtıcı yüzey konfigürasyonu



Şekil 2.21. 1×4 'lük dizi anten, silindirik yansıtıcı yüzey konfigürasyonu için ışımaya deseni

2.4. Dizi Elemanlarının Dağılımının Mikroşerit Yama Dizi Antenin Işıma Desenine Etkisi

Bölüm 2.3 'de yansıtıcı yüzeylerinin anten ışımaya desenindeki istenmeyen ışımalara olan etkisi incelendikten sonra antenin istenmeyen kulakçık ışımalarını düşürecek

alternatif bir çalışma yapmak maksadıyla, dizi elemanlarının doğrusal ve doğrusal olmayan dağılımlarının ışına desenine olan etkisi bu bölümde incelenmiştir.

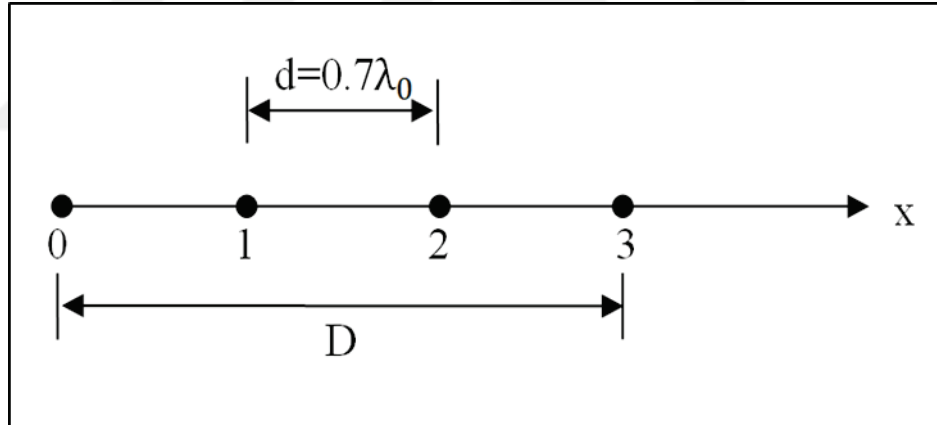
2.4.1. Eşit aralıklı dizi elemanlarının mikroşerit yama dizi antenin ışına desenine etkisi

Çoğu anten dizisi, elemanlar arasında eşit aralık kullanır. Bununla birlikte eşit olmayan aralıklı dizi dağılımının daha iyi bir yan kulakçık seviyesi performansı göstermesi beklenir [17]. Eşit eleman aralığı, Şekil 2.22 'de gösterildiği gibi $d=0,7\lambda_0$ olacak şekilde ayarlanmıştır.

Şekil 2.22 'de verilen D dizi uzunluğunu hesaplamak için Eşitlik (2.16) kullanılarak 1×4 elemanlı dizi için D dizi uzunluğu 25,72 cm bulunmuştur.

$$D=A \times 0,7\lambda_0 \quad (2.16)$$

Eşitlikte A, d dizi eleman aralığı sayısını ifade etmektedir. 4 elemanlı dizi için d dizi eleman aralığı sayısı 3 olacak şekilde işlem yapılmıştır.



Şekil 2.22. 1×4 'lük dizi anten için eşit eleman aralıklı dizi konfigürasyonu

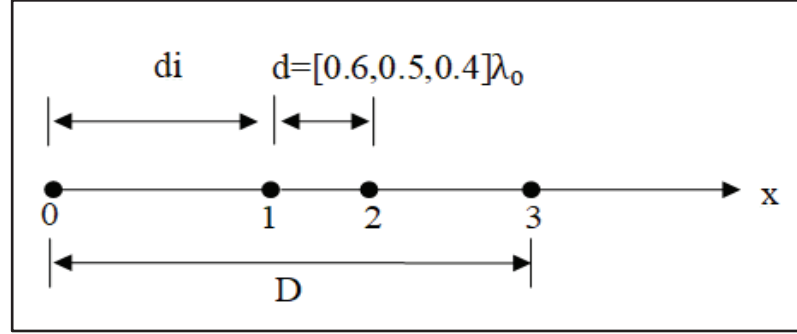
2.4.2. Eşit olmayan aralıklı dizi elemanlarının mikroşerit yama dizi antenin ışına desenine etkisi

Eşit olmayan dizi aralığı yaklaşımında dizi uzunluğu D değişikliğe uğratılmadan merkez dizi aralığı d için $0,6\lambda_0$, $0,5\lambda_0$ ve $0,4\lambda_0$ değerleri Eşitlik (2.17) ve Eşitlik (2.18) yardımıyla hesaplanmıştır.

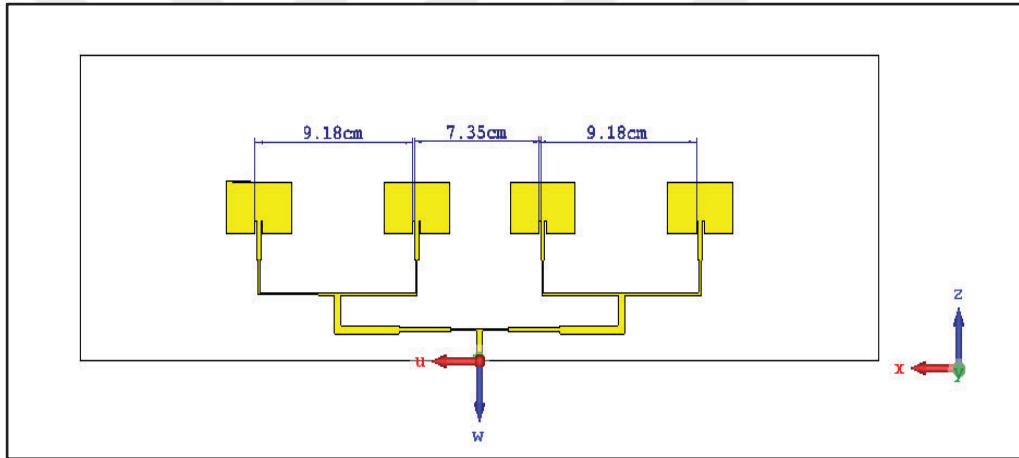
$$L=3d+2\Delta d \quad (2.17)$$

$$d_i=d+i.\Delta d \quad (2.18)$$

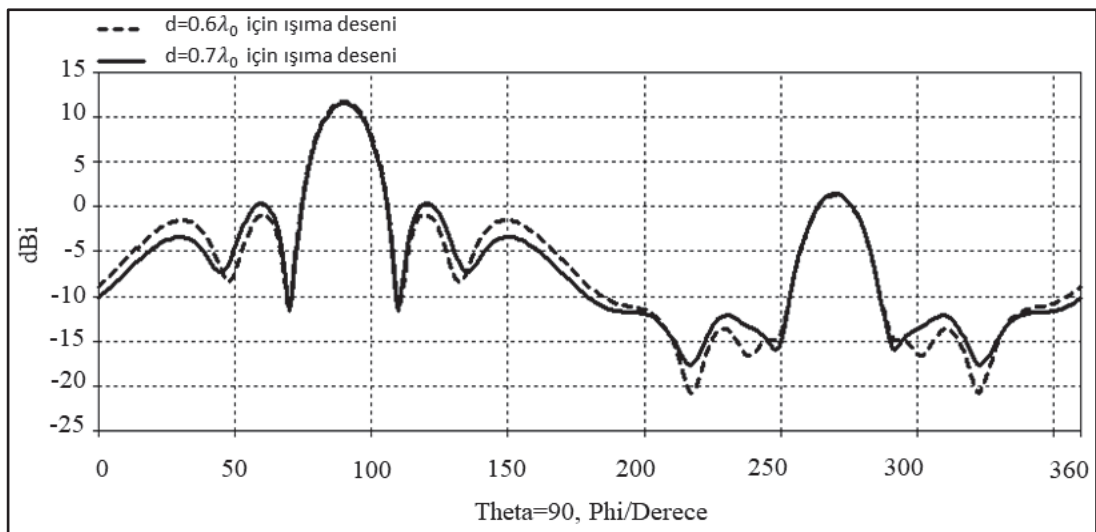
Eşitlik (2.17) ve Eşitlik (2.18) kullanılarak $d=0,6\lambda_0$, L mesafesi aynı kalacak şekilde sırasıyla $\Delta d=1,837$ ve $d_i=9,184$ bulunmuştur. Şekil 2.23 'de verilen dizi dağılımında değerler yerine konularak elde edilen dizi konfigürasyonu Şekil 2.24 'de verilmiştir.



Şekil 2.23. 1×4 'lük dizi anten için eşit olmayan eleman aralıklı dizi konfigürasyonu



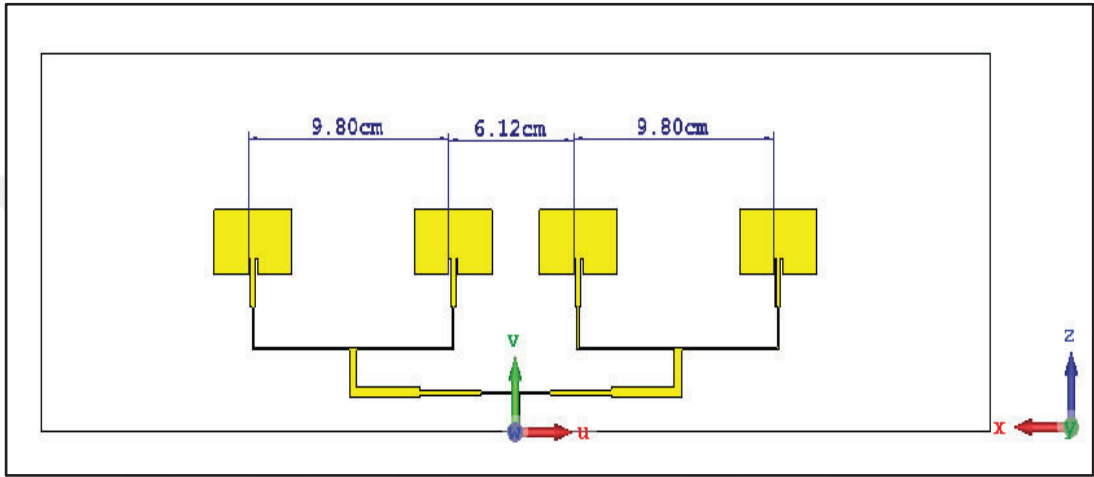
Şekil 2.24. $d=0,6\lambda_0$ için 1×4 'lük dizi anten konfigürasyonu



Şekil 2.25. $d=0,6\lambda_0$ için 1×4 'lük dizi antenin ışıma deseni

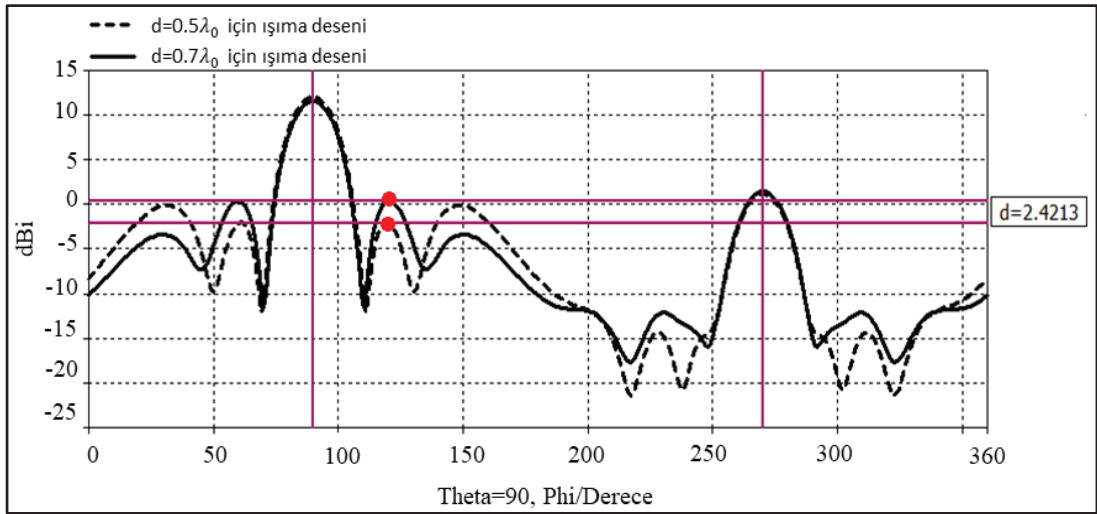
Diziler arasındaki eşit aralıklı dağılımın değiştirilmesi ile düşmesi beklenen yan kulakçık seviyesi için Şekil 2.25 'de verilen ışıma deseni incelendiğinde $d=0,6\lambda_0$ için yan kulakçık seviyesinin yaklaşık 1,2 dB düştüğü görülmüştür.

Yan kulakçık seviyesinde daha fazla düşüş elde etmek için d dizi aralığı $0,5\lambda_0$ ve $0,4\lambda_0$ için d dizi aralığı mesafesi Eşitlik (2.17) ve Eşitlik (2.18) yardımıyla tekrar hesaplanarak 1×4 'lük dizi anten konfigürasyonu değiştirilmiştir.



Şekil 2.26. $d=0,5\lambda_0$ için 1×4 'lük dizi anten konfigürasyonu

Şekil 2.26 'da verilen $d=0,5\lambda_0$ için 1×4 'lük dizi anten konfigürasyonu incelendiğinde yeni dizi aralığı düzenlemesi ile yan kulakçık 2,43 dB 'ye düşürülmüştür.

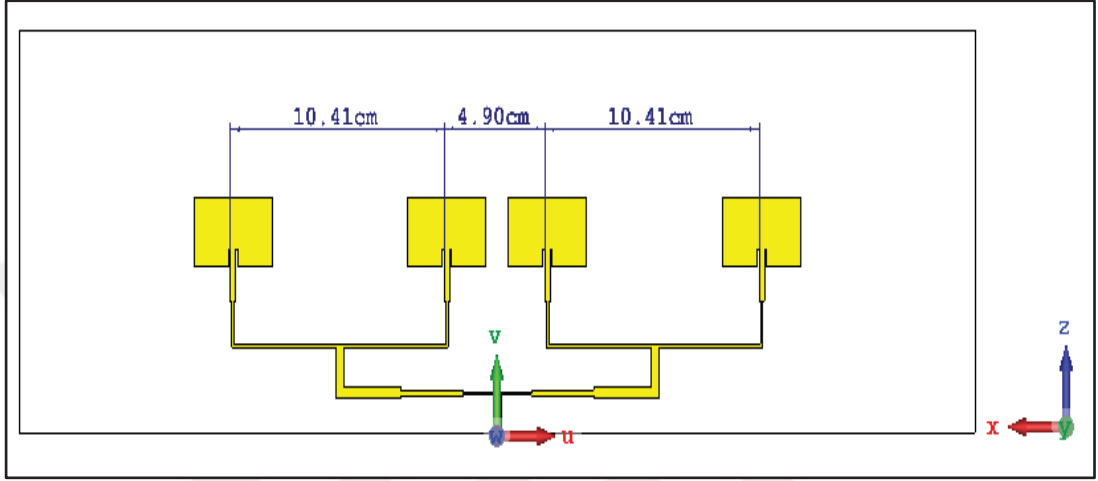


Şekil 2.27. $d=0,5\lambda_0$ için 1×4 'lük dizi antenin ışıma deseni

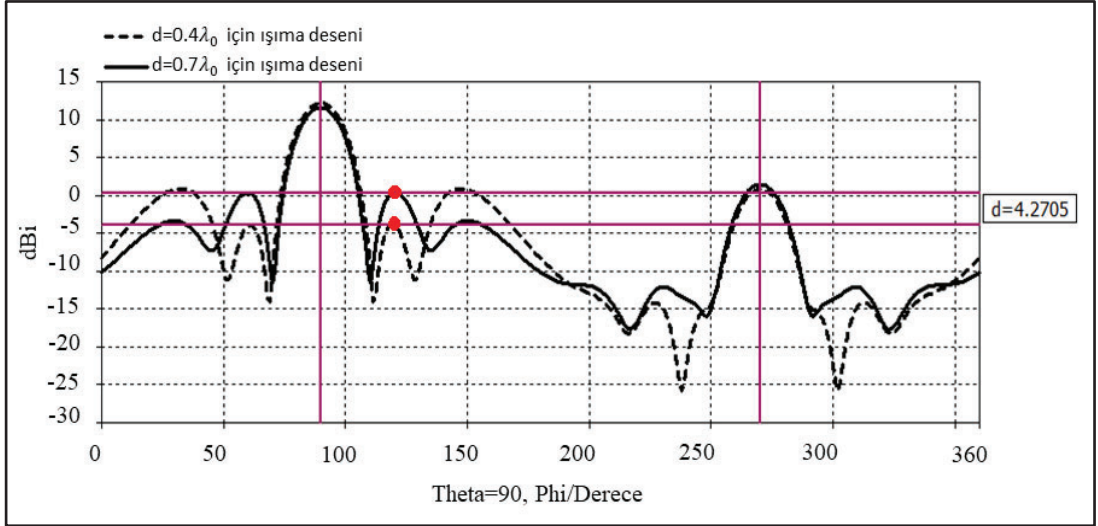
Dizi antende maksimum yan kulakçık seviyesi düşüşü beklediğimiz $d=0,4\lambda_0$ için

yeniden dizi dağılımı düzenlenerek Şekil 2.28 'de verilen konfigürasyon için anten ışımaya deseni incelenmiştir.

Şekil 2.28 'de verilen $d=0,4\lambda_0$ 1×4 'lük dizi anten konfigürasyonu için ışımaya deseni incelendiğinde birincil yan kulakçık seviyesinin 4,27 dB düşerken ortalama yan kulakçık seviyesinin 1,2 dB düştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 2.28. $d=0,4\lambda_0$ için 1×4 'lük dizi anten konfigürasyonu

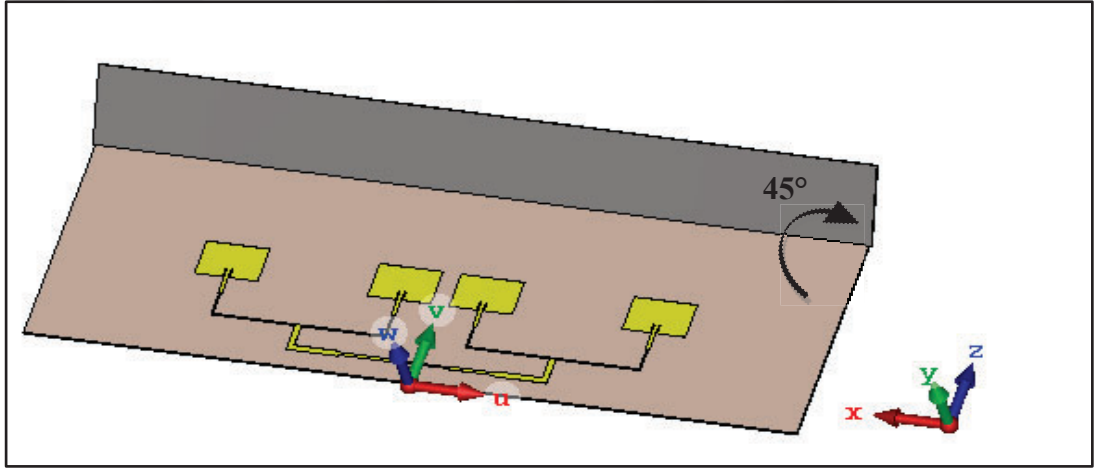


Şekil 2.29. $d=0,4\lambda_0$ için 1×4 'lük dizi antenin ışımaya deseni

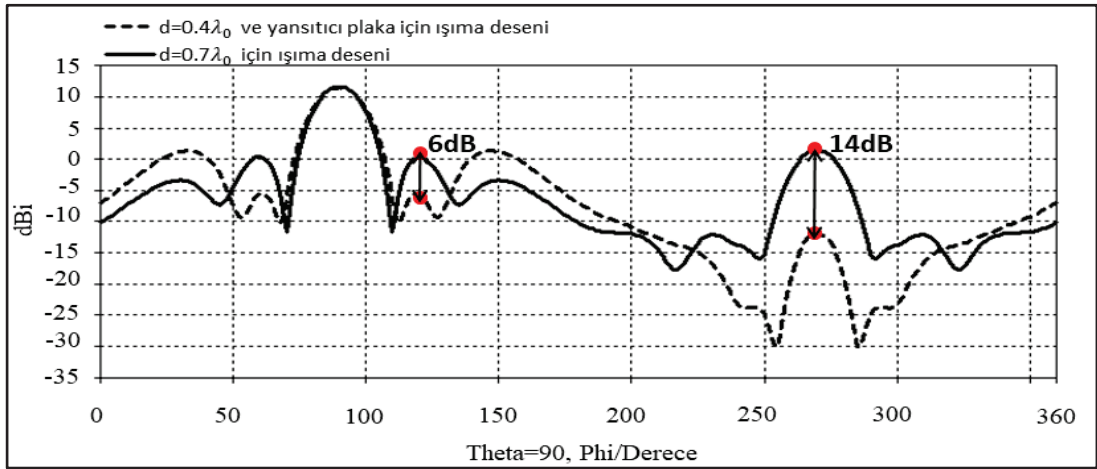
Merkez dizi aralığı d için uygulanabilecek maksimum daraltma seviyesi $d=0,4\lambda_0$ iken gerçekleşmektedir. $d=0,3\lambda_0$ için merkez dizi elemanları üst üste binerek dizi konfigürasyonunu bozduğu gözlemlenmiştir. Dizi aralığı d için yapılan çalışma $0,4\lambda_0$ 'da sonlandırılarak yan kulakçık seviyesi ve arka kulakçık seviyesi azaltılmış dizi elde etmek amacıyla yapılan çalışmalar Bölüm 2.4.3 'de birleştirilmiştir.

2.4.3. Yan kulakçık seviyesi ve arka kulakçık seviyesi düşürülmüş dizi anten

Bölüm 2.3 ve Bölüm 2.4 'de sunulmuş olan yöntemler bu bölümde birleştirilerek hem yan kulakçık seviyesi hem de arka kulakçık seviyesi düşürülmüş dizi anten elde etmek için yansıtıcı plakaların etkisi ve eşit olmayan dizi aralığı dağılımı birleştirilmiştir. Şekil 2.30 'da her iki yöntem birleştirilerek elde edilmiş dizi anten gösterilmektedir. Oluşturulan diziden hem düşük birincil yan kulakçık seviyesi beklenmekte hem de düşük arka kulakçık seviyesi beklenmektedir. Şekil 2.30 'daki konfigürasyon için yapılan analizlerde beklendiği gibi hem düşük yan kulakçık seviyesi hem de düşük arka kulakçık seviyesi gözlemlenmiştir. Antenin ışınma deseni Şekil 2.31 'de verilmiştir.



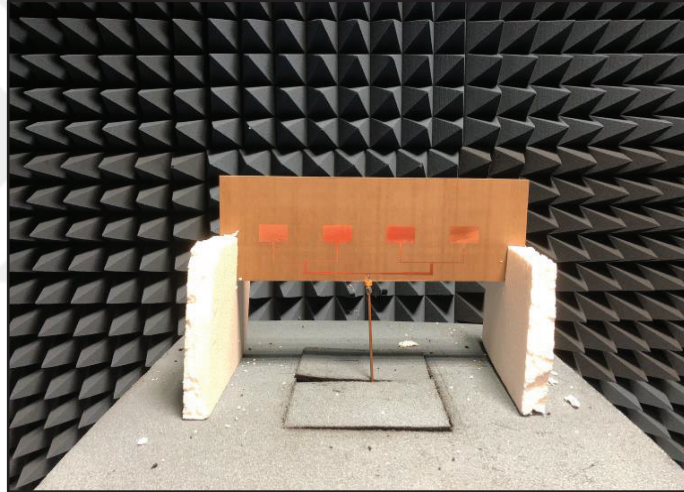
Şekil 2.30. 1×4 'lük dizi anten için x-y düzlemine yerleştirilen yansıtıcı yüzey ve eşit olmayan dizi aralıklı konfigürasyon



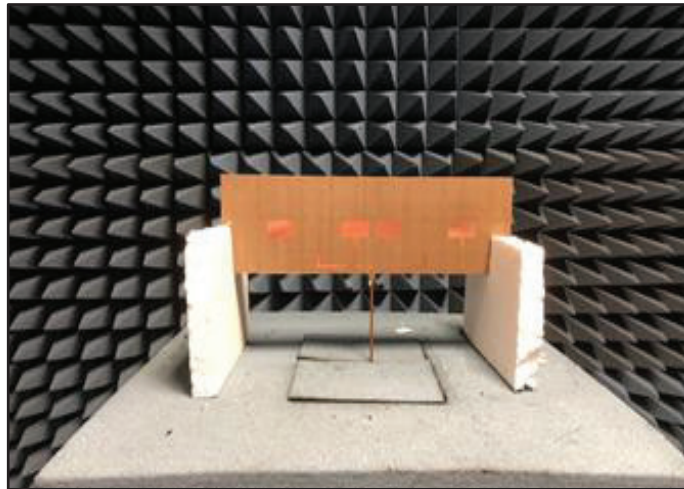
Şekil 2.31. Yan kulakçık seviyesi ve arka kulakçık seviyesi düşürülmüş dizi anten ışınma deseni

3. UYGULAMA

Teze konu olan dizi antenin gerçeklenmesi için bağıl dielektrik sabiti $\epsilon_r=3$ olan AD300 plaka seçilmiş ve dielektrik malzeme kalınlığı 1,524 mm olarak hesaplanmıştır. Tasarımda alışma frekansı 3,4 GHz seçilerek Bölüm 2.2 1×4 Mikroşerit Yama Dizi Anten Tasarımı 'nda verilen tasarım adımları kullanılarak 3,4 GHz alışma frekansı için $d=0,7\lambda_0$ ve $d=0,4\lambda_0$ için 1×4 'lk dizi anten konfigürasyonları tasarlanarak antenler gerçeklenmiştir. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2 'de gerçeklenen antenler verilmiştir.

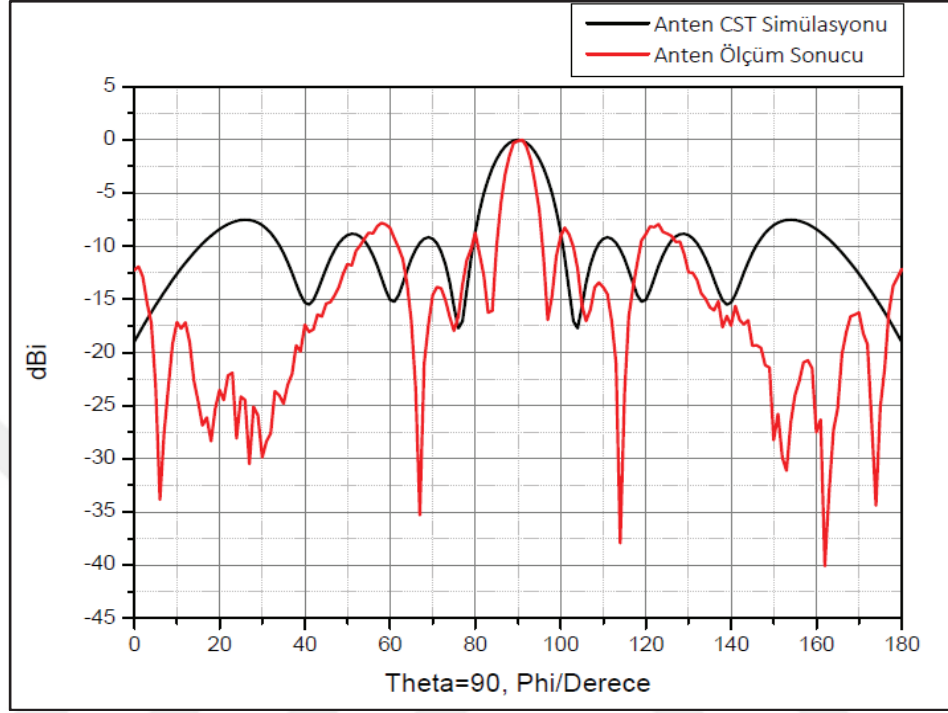


Şekil 3.1. 3,4 GHz ve $d=0,7\lambda_0$ için dizi anten

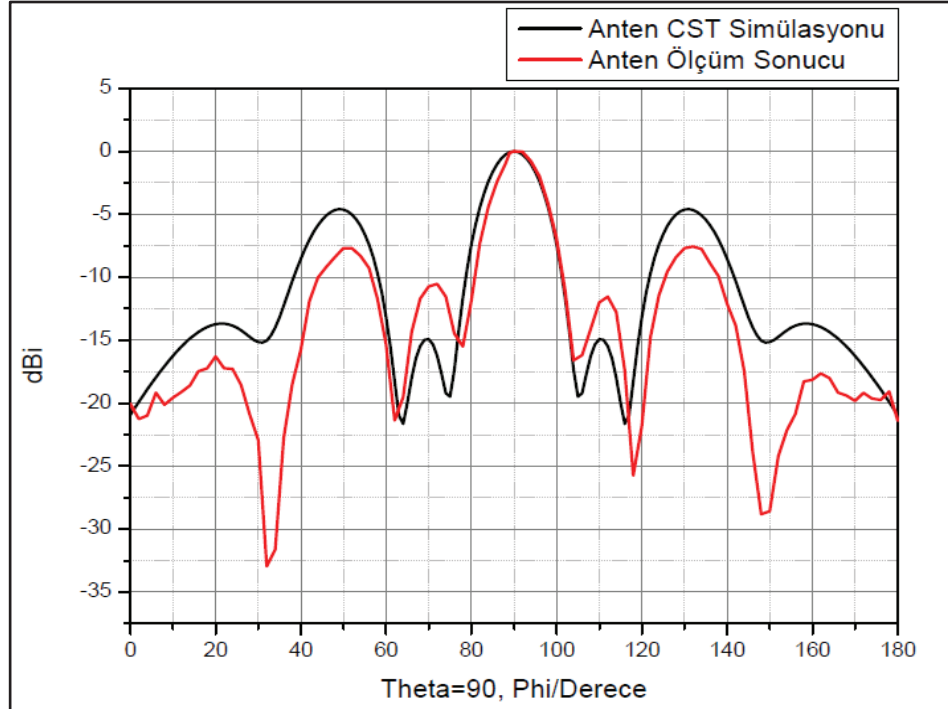


Şekil 3.2. 3,4 GHz ve $d=0,4\lambda_0$ için dizi anten

Her bir anten için ölçümler Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, Mikrodalga ve Anten Laboratuvarında bulunan tam yansız odada gerçekleştirilerek tezde sunulmuştur.

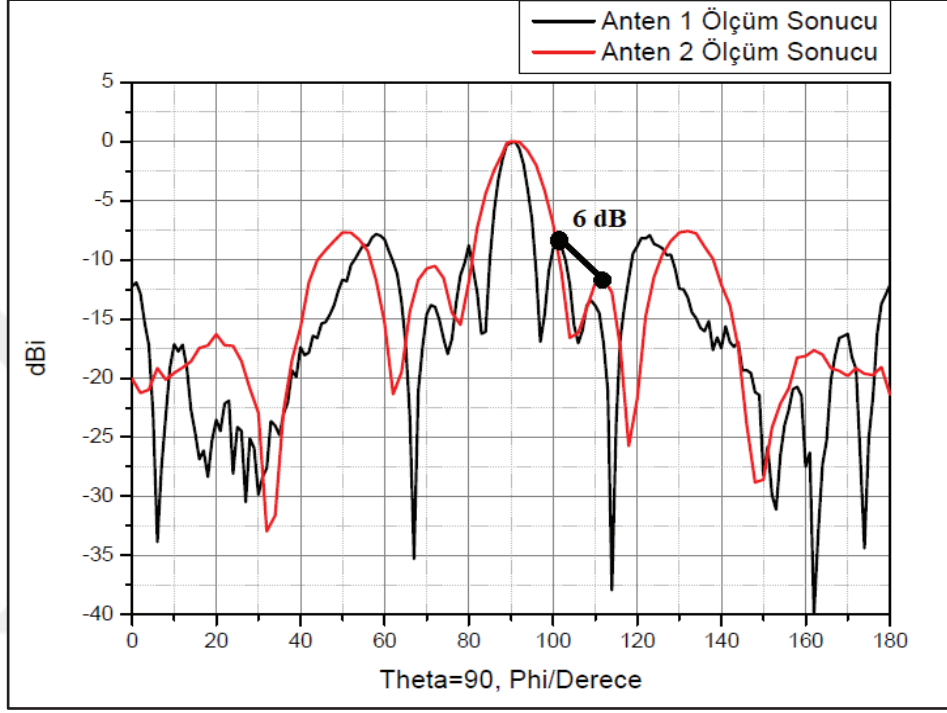


Şekil 3.3. 3,4 GHz, $d=0,7\lambda_0$ için CST simülasyonları ve anten ölçümü



Şekil 3.4. 3,4 GHz, $d=0,4\lambda_0$ için CST simülasyonları ve anten ölçümü

Her iki anten için CST simülasyonları ile laboratuvar ölçüm sonuçları karşılaştırılarak Şekil 3.3 ve Şekil 3.4 'de verilmiştir. Mikroşerit antenin ölçüm parametrelerini doğrudan etkileyen anten boyutlarının CST modellemesi ile fabrikasyonu arasında üretimden kaynaklanan fabrikasyon hatalarından dolayı elde edilen grafiklerde küçük farklılıklar gözlemlenmiştir.



Şekil 3.5. $d=0,7\lambda_0$ ve $d=0,4\lambda_0$ için anten ölçüm sonuçları

Anten ölçüm sonuçları incelendiğinde pratiği gerçekleştirilen antenler için yapılan ölçüm sonuçlarına bakıldığında eşit olmayan aralıklarla oluşturulmuş anten dizisinin yan kulakçık seviyesinin eşit aralıklarla oluşturulmuş anten dizine göre 6 dB düşük olduğu gözlemlenmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında mikroşerit dizi antenlerin ışına deseninde istenmeyen yönlerde ışımalara neden olan yan kulakçık ve arka kulakçık ışımalarını azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda temel mikroşerit yama anten ve 1×4 'lük dizi anten tasarımları gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bilgilerden hareketle referans dizi anten ve yan kulakçık seviyesini azaltmak için tasarlanmış konfigürasyondan oluşan iki adet dizi antenin pratiği yapılarak Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Mikrodalga ve Anten Laboratuvarı yansız odasında ölçümler alınarak yapılan simülasyonlarla karşılaştırılmıştır.

Tez kapsamında üzerinde çalışılan dizi antenlerin tasarımında öncelikli olarak temel mikroşerit yamanın tasarımı yapılarak S parametresi ve ışına deseni analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 2,45 GHz olarak belirlenen rezonans frekans değeri için S parametresi optimizasyonu yapılarak temel mikroşerit yamanın optimum boyutları elde edilmiştir. Temel mikroşerit kullanılarak dizi anten elde edilmiş ve dizi anten için uygun besleme hattı modellenerek hesaplama kodlarıyla nümerik hesaplamalar desteklenmiştir. Teze konu olan dizi antenlerin istenmeyen yan kulakçık ışına seviyelerini düşürecek farklı şekillerde yansıtıcı yüzeyler tasarlanarak antenin ışına yönüne dik ve paralel olarak konumlandırılarak yan ve arka kulakçık ışımalarına olan etkisi incelenmiştir. Yansıtıcı plakaların konumlarına, konumlandırılma açılarına ve şekillerine bağlı olarak yan kulakçık seviyesi yaklaşık olarak 5 dB azaltılırken, arka kulakçık ışınması 16 dB azaltılmıştır.

Çalışmayı zenginleştirmek, yan kulakçık seviyelerini azaltmak ve alternatif bir yöntem sunmak için dizi elemanlarının eşit ve eşit olmayan aralıklarla elde edilen konfigürasyonları incelenerek yine yaklaşık 4 dB olacak şekilde yan kulakçık seviyesi azaltılmıştır. Her iki yöntemin birleştirildiği 2,45 GHz rezonans frekansında çalışan dizi anten için çalışma yapılarak hem yan kulakçık seviyesi hem de arka kulakçık seviyesi düşürülmüş ışına deseni elde edilmiştir.

Çalışmanın uygulamasını yapmak maksadıyla AD300 plaka kullanılarak 3,4 GHz frekansında çalışan dizi antenlerin pratiği yapılarak simülasyon sonuçları ile anten ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında ölçüm ve simülasyonların benzerlik göstererek oluşan küçük farklılıkların mikroşerit yapıların hassasiyetlerinden ötürü üretim hatalarından kaynaklı olduğuna karar verilmiştir.



KAYNAKLAR

- [1] Balanis C. A., *Antenna Theory*, 3rd ed., John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2005.
- [2] Yıldırım A., Yağcı B., Paker S., 2.4 GHz’de Yüksek Kazançlı Mikroşerit Yama Anten Tasarım ve Gerçekleştirimi, *Telenetronic n.p.sh, Mbreti Zog 61*, Prizren, Kosova, 2000.
- [3] Kütük H., Teşneli A., Teşneli B., 3.3 GHz Mikroşerit Anten Tasarımı ve Farklı Besleme Yöntemleri İçin Analizi, *SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, 2013, 17(1), 199-124.
- [4] Matin A., Sayeed I., A Design Rule for Inset-fed Rectangular Microstrip Patch Antenna, *Wseas Transaction on Communication*, 2010, 1(9), 63-72.
- [5] Shinde J., Shinde P., Uplane M.D., Gaikward M.s., Design of Planar, Aperture Coupled 4-Row Microstrip Array Antenna Using the Yagi-Uda Concept, *Proceedings of the International Conference on VLSI and Communication Engineering*, Kottayam, Kerala, April 2009.
- [6] Hadzic H., Verzotti W., Blazevic Z., Skiljo m., 2.4 GHz micro-strip patch antenna array with suppressed sidelobes, *23rd International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*. Split, Croatia, 16-18 Sept. 2015.
- [7] Khraisat, Yahya SH., Olaimat Melad M., Comparison between rectangular and triangular patch antennas array, *19th International Conference on Telecommunications (ICT). IEEE*, Jounieh, Lebanon, 23-25 April 2012.
- [8] Ab Wahab N., Maslan Z.B., Muhamad W.N., Microstrip Rectangular 4x1 Patch Array Antenna At 2.5 GHz For Wimax Application, *2nd International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks. IEEE*, Liverpool, UK, 28-30 July 2010.
- [9] Khaleel A.D., Design Tri-Band Single And Dual Patch Array Antenna With Band Suppression, Degree of Master, Universiti Tenaga Nasional, Electrical Engineering, Malaysia, 2012, 10.13140.
- [10] Yazgan E., Mikroşerit Antenler, Department of Electrical and Electronics, Hacettepe University, http://www.emo.org.tr/ekler/0688d13958a19e0_ek.pdf (Ziyaret Tarihi: 7 Mart 2019).
- [11] Kurt B., WLAN uygulamaları için 2.4 GHz Mikroşerit Anten Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, https://www.burakkurt.net/dersler/TEL416-Antenler/HFSS_Proje/ProjeRaporu.pdf (Ziyaret Tarihi: 3 Şubat 2019).

- [12] Karsu İ., İnsansız Hava Araçları İçin Uzun Menzilli Veri Linki Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014, 0145516.
- [13] Tansarıkkaya İ., Geniş Bandlı Yama Anten Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [14] Çetme E., Yarıklı Mikroşerit Yama Anten Dizayni, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [15] Şahan G., Erden., Başaran E., Düşük Arka/Yakın Yan Kulakçık Seviyesine Sahip Dizi Beslemeli Parabolik Reflektör Anten Tasarımı, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2017, **5**(3), 1-12.
- [16] Cheng D. K., *Mühendislik Elektromanyetiğinin Temelleri*, 2nd ed., Palme Yayıncılık, Ankara, 2009.
- [17] Zainal N. A., Kamarudin M. R., Yamada Y., Seman N., Khalily M., & Jusoh M., Sidelobe reduction of unequally spaced arrays for 5G applications, *In 2016 10th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, 2016, **1**(4).
- [18] Ghosh A., Patch Antenna Calculator, MathWorks, <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/20281-patch-antenna-calculator> (Ziyaret Tarihi: 27 Ocak 2019).
- [19] Sürmeli K., Yüzey Uyumlu Dairesel Dizi Anten Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

- [1] **Şenol G.**, Çakır G., Dizi Antenlerde Ön-Arka Kulakçık Oranının Azaltılması, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, Kartepe, Kocaeli, 26-28 Nisan 2019.
- [2] Kaleli E.C., **Şenol G.**, Zegeroglu E., Current Observation Based Control of Full-Bridge DC/DC Converter: A Super Twisting Approach, *The 6th International Conference on Control&Signal Processing*, Hammamet, Tunisia, 30-31 March 2019.
- [3] Kaleli E.C., Öngir S., Akay A., **Şenol G.**, Özbay K., Measurement of Tyre Cord Density: A Computer Vision Based Method, *The 6th International Conference on Control&Signal Processing*, Hammamet, Tunisia, 30-31 March 2019.
- [4] Kaleli E.C., Öngir S., **Şenol G.**, Makina Bakım Çalışmalarında Bölgesel Kilitleme, Etiketleme İşlemleri İçin Prototip Otomasyon Çalışması, *4.Tehlikeli Kimyasalların Yönetimi ve Proses Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi*, Ankara, Türkiye, 24-25 Nisan 2019.
- [5] Değirmenci Ö., Akın Ö., **Şenol G.**, 360° Kimyasal Yönetimi, *4.Tehlikeli Kimyasalların Yönetimi ve Proses Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi*, Ankara, Türkiye, 24-25 Nisan 2019.

ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Gölcük/Kocaeli 'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli 'de tamamladı. 2011 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü 'nden 2015 yılında elektronik ve Haberleşme Mühendisi olarak mezun oldu. 2015 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı 'nda Yüksek Lisans mezun durumunda öğrenimine devam etmektedir. 2016 yılından beri Pirelli Otomobil Lastikleri A.Ş. Ar-Ge Merkezi 'de Araştırma Geliştirme Mühendisi olarak çalışmaktadır.

