



Mikrodalga görüntüleme uygulamaları için bir düzlemsel dikdörtgen monopol anten tasarımı ve optimizasyonu

Ali Recai ÇELİK*

Dicle Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır
eeealicelik@gmail.com ORCID: 0000-0002-6917-5170, Tel:(412) 241 10 00 (3522)

Muhammed Bahaddin KURT

Dicle Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

Selçuk HELHEL

Akdeniz Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Antalya

Geliş: 18.09.2017, Kabul Tarihi: 20.11.2017

Öz

Bu çalışmada, mikrodalga görüntüleme sistemlerinde kullanılmaya uygun olan çok-geniş bantlı, küçük boyutlu ve yönlü ışına diyagramına sahip bir antenin tasarlanması amaçlanmıştır. Mikrodalga görüntüleme sistemleri ile ilgili araştırmalar özellikle meme kanseri tespitinde sistemin kullanımının avantajlı olduğunu kanıtlamış ve son yıllarda sistemin geliştirilmesine yönelik çalışmaların artış göstermesini sağlamıştır. Mikrodalga görüntüleme tekniğinin temel prensibi, verici anten ile sinyalin hedefteki materyale gönderilmesi ve saçılan sinyalin alıcı anten ile alınıp işlenmesi şeklindedir. Bu nedenle, kullanılacak anten seçimi ölçümlerde önemli bir rol oynamaktadır. Hafiflik, küçük hacim, sistemlere kolay entegre olabilme, düşük profilli yüzeyel görünüme ve düşük üretim maliyetine sahip olma gibi özellikleri nedeniyle 'Mikroşerit Yama Antenler'in kullanımı birçok uygulamada görülmektedir. Ancak geleneksel mikroşerit antenlerin band genişliklerinin dar ve kazançlarının düşük oluşu, geniş bant aralığındaki sinyallere ihtiyaç duyan mikrodalga görüntüleme gibi sistemler için önemli bir engel teşkil etmektedir. Bu nedenle çeşitli modifikasyon teknikleri kullanılarak mikroşerit antenlerin dezavantajlarını ortadan kaldırmaya yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bozulmuş toprak yüzey kullanma, yama veya toprak üzerinde yarıklar açma, parazit eleman ekleme, besleme tekniğini ve konumunu değiştirme gibi yöntemler antenin performansını artırma amacıyla yapılan işlemlerden bazılarıdır. Bozulmuş toprak kullanma tekniği ile mikroşerit antenin tam haldeki toprak yapısının bozularak kısmi hale getirilmesi işlemi ile oluşturulan antenlere 'düzlemsel monopol anten' adı verilir. Işıma yamalarının geometrik şekillerine göre, eliptik, dairesel, dikdörtgen, kare veya bu şekillerin birleşimleri ile adlandırılan monopol antenlerin en önemli özelliği çok-geniş frekans bandında çalışabilmeleridir. Bu çalışmada dikdörtgen yamalı düzlemsel anten tasarımının yapılması planlanmış, istenilen amaca uygun olarak optimizasyonlar gerçekleştirilmiş ve antenin analizi yapılmıştır. L-şekilli toprak yüzey kullanılarak yönlü bir ışına diyagramı elde edilmiş, toprakta açılan bir çentik ile band genişliği artırılmıştır. Yamadan çıkarılan yarıklar ile ardışık rezonanslar oluşturulmuş, besleme hattının konumu optimize edilerek empedans uyumu artırılmıştır. Yapılan tüm işlemlerin neticesinde; bant genişliği 3-10 GHz bandını tam olarak kapsamakta olan ve bant içindeki farklı frekans noktalarında yönlülüğü stabil durumda olan küçük yapı bir anten tasarlanmıştır. Bu özelliklere sahip olan antenin, mikrodalga görüntüleme sistemleri için gerekli şartları sağladığı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Mikrodalga görüntüleme; meme kanseri; anten tasarımı; çok-geniş bant; yönlü anten.

* Yazışmaların yapılacağı yazar

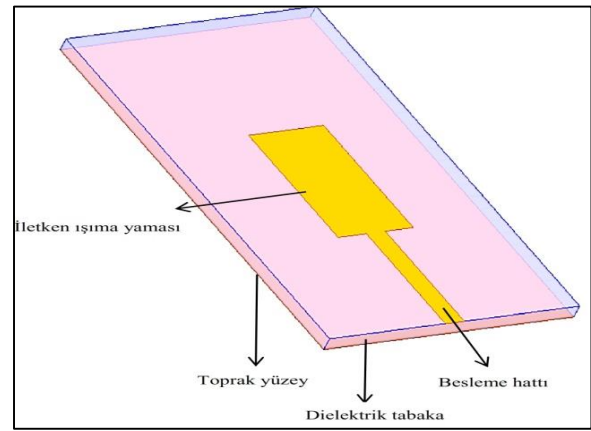
DOI:

Giriş

Mikrodalga görüntüleme tekniklerinin kullanımı; beton arkası görüntüleme sistemlerinde, savunma sanayisi ve radar uygulamalarında, güvenlik noktalarında yasaklı madde tespitinde, toprakaltı görüntüleme işlemlerinde, malzemelerin tahribatsız algılanma ve muayenelerinde, gıdaların kalite kontrol testlerinde, biyomedikal uygulamalarda ve daha birçok alanda yaygınlaşmaya başlamış ve bu konudaki araştırmalar son yıllarda artış göstermiştir (Deng ve Liu, 2011; Golezani vd., 2012; Bassi vd., 2013; Almazroui, 2015; Andukar vd., 2016; Jiya vd., 2016, Çelik vd. 2017). Örneğin meme kanserinin erken safhada tespiti amacıyla mikrodalga tekniklerin kullanımı araştırmacıların üzerinde çalıştığı popüler bir konudur. Mevcut çalışmaların iyileştirilmesi amacıyla yapılan araştırmalardan biri, mikrodalga sinyallerinin gönderilmesi ve alınması için gerekli olan en uygun anten çeşidinin tasarlanması ile ilgilidir (Abbosh, 2007; Unal vd., 2014). Çünkü mikrodalga görüntüleme tekniğinin temel prensibi, verici anten ile sinyalin hedefteki materyale gönderilmesi ve saçılan sinyalin alıcı anten ile alınması şeklindedir. Bu nedenle, kullanılacak anten seçimi ölçümlerde önemli bir rol oynamaktadır. Horn, dipol, vivaldi gibi çok çeşitli antenler bulunmasına rağmen, araştırmacılar mikrodalga görüntüleme sistemleri için genellikle kendi tasarladıkları ve küçük yapıya sahip olma, düşük maliyetli olma, portatif olma gibi birçok avantajı bulunan mikroşerit antenleri kullanmayı tercih etmektedirler (Çalışkan vd., 2015).

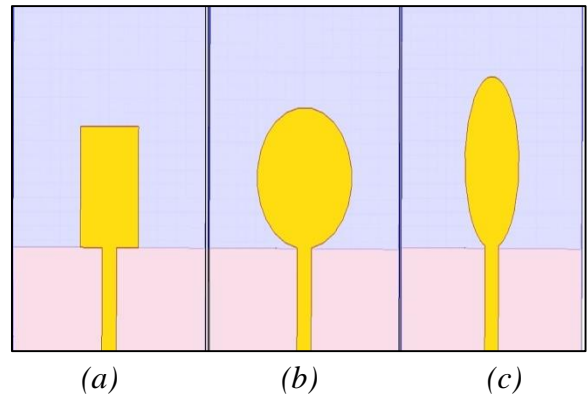
Çok geniş bantta çalışan mikrodalga görüntüleme sistemleri, iyi bir sonuç elde edebilmek için düşük ve yüksek frekanstaki sinyallere ihtiyaç duymaktadır. Düşük frekans bandı gerekli nüfuz derinliğini sağlarken, yüksek frekans bandı ise oluşturulacak görüntü için yeterli bir çözünürlüğün elde edilmesini sağlar. Böylece hem konum olarak derinde bulunan hem de boyut olarak küçük olan nesnelere başarılı şekilde gerçekleştirilir (Xiao ve Kikkawa, 2008; Zhang, 2014).

Şekil 1’de gösterilen geleneksel mikroşerit anten, çok-geniş bant aralığında çalışmama gibi bir dezavantaja sahiptir. Bu nedenle antenin mikrodalga görüntüleme sistemine uygun hale gelebilmesi için, çeşitli işlemler yapılarak bant genişliğinin ve verimliliğinin artırılması gerekir. Bozulmuş toprak yüzey kullanma, yama veya toprak üzerinde oyuklar açma, parazit eleman ekleme, besleme tekniğini değiştirme gibi yöntemler antenin performansının artırılması amacıyla yapılabilecek işlemlerden bazılarıdır (Guha vd., 2005; Tseng, 2009; Bah vd., 2015, Çelik vd., 2017).



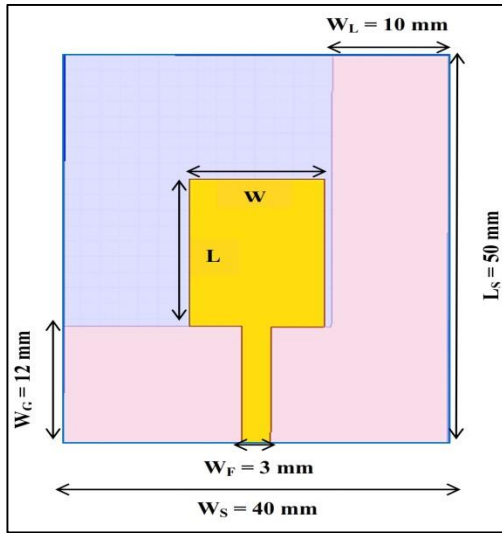
Şekil 1. Geleneksel mikroşerit anten yapısı

Bu teknikler arasından, bozulmuş toprak kullanma tekniği ile mikroşerit antenin tam haldeki toprak yapısının bozularak kısmi hale getirilmesi ile oluşturulan antenlere ‘düzlemsel monopol anten’ adı verilir. Işıma yamasının geometrik şekline göre isimlendirilen monopol antenlerden dikdörtgen, dairesel ve eliptik yamalı monopol antenler Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Düzlemsel monopol anten
(a) Dikdörtgen, (b) Dairesel, (c) Eliptik

Bu çalışmada Şekil 2 (a)'da görülen dikdörtgen yamalı anten tercih edilmiştir. Fakat bu şekildeki anten geniş bantlı olsa bile, antenin ışınım diyagramı yönlü bir durumda değildir. Bu nedenle tasarım yapılırken, Locatelli (2005) tarafından kullanılan ve yönlülüğün artmasını sağlayan yöntemlerden biri olan 'L şekilli toprak yüzey' kullanımından yararlanılmıştır. Düzlemsel monopol antenin kısmi toprak yapısına iletken eklenerek oluşturulan L şekilli toprak yapıya anten Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. L şekilli toprak yüzeye sahip, dikdörtgen yamalı düzlemsel monopol anten

Bu çalışmada, Şekil 3'de görülen anten yapısı üzerinde yapılan çeşitli işlemler ile antenin bant genişliğinin, yönlülüğünün, verimliliğinin ve dolayısıyla da kazancının istenilen seviyeye getirilmesi amaçlanmış ve başarılı olunmuştur. Tasarım sonunda elde edilen simülasyon sonuçlarına göre, antenin mikrodalga görüntüleme sistemlerinde kullanılmaya uygun olduğu söylenebilir. Antenin simülasyon ortamında oluşturulmasında, tasarım parametrelerinin optimizasyonunda ve performans kriterlerinin ölçülmesinde HFSS isimli simülasyon programı kullanılmıştır (Ansoft HFSS, 2015). HFSS yazılımı, farklı geometrik şekillere sahip üç boyutlu elemanların benzetiminde kullanılan ve yüksek performansa sahip bir elektromanyetik alan simülatör programıdır. Sonlu elemanlar metodunu (FEM) kullanan bu yazılım, elektromanyetik problemlerin çözümünde oldukça iyi bir performans sunar [Sever, 2011].

Materyal ve Yöntem

Antenin Boyutları

Tasarımı yapılacak olan antenin mikrodalga görüntüleme sisteminde kullanılabilmesi için boyutunun olabildiğince küçük olması istenir. Bu çalışmada boyutu 50x40 mm² ve dielektrik katsayısı 4.4 olan FR4 Epoxy malzemesi ara tabaka olarak kullanılmıştır. Işınım yapan dikdörtgen yamanın ölçüleri ise arzu edilen frekans aralığına göre belirlenir. Dikdörtgen yamanın genişliği W , uzunluğu L olmak üzere, yamanın alanı, kendisine eşdeğer bir silindirik monopol antenin alanına aşağıdaki gibi eşitlenerek ölçüleri belirleme işlemine geçilir (Agrawal vd. 1998, Kumar ve Ray, 2013):

$$2\pi rL = WL, \quad (1)$$

$$r = W/2\pi \quad (2)$$

olarak belirlenir.

Dalgaboyu (λ) hesaplanırken;

$$F = \frac{L/r}{1 + L/r} = \frac{L}{L + r}$$

olmak üzere,

$$L = 0.24\lambda F \quad (3)$$

ifadesiyle bulunur (Balanis, 2015).

Buna göre;

$$\lambda = \frac{L + r}{0.24} \quad (4)$$

şeklinde bulunur.

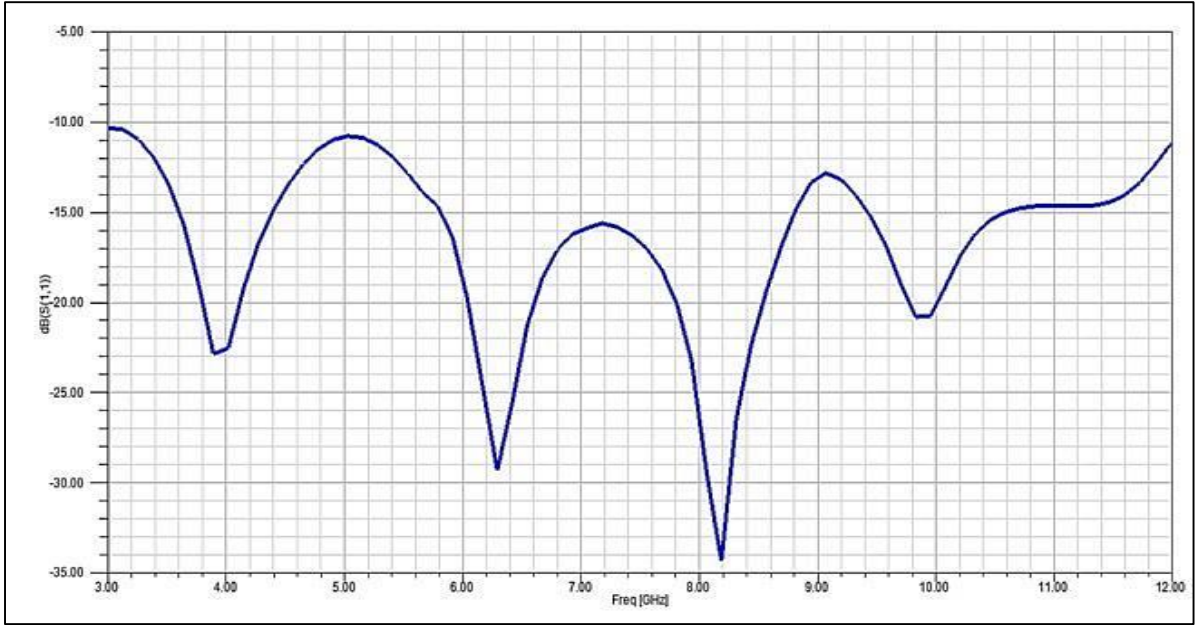
Çalışma frekansının başlangıç değeri veya diğer bir ifadeyle frekans bandının düşük noktası hesaplanırken 4 nolu eşitlikteki ifadeye göre;

$$f_L = \frac{c}{\lambda} = \frac{30 \times 0.24}{L + r} \text{ GHz} = \frac{7.2}{L + r} \text{ GHz} \quad (5)$$

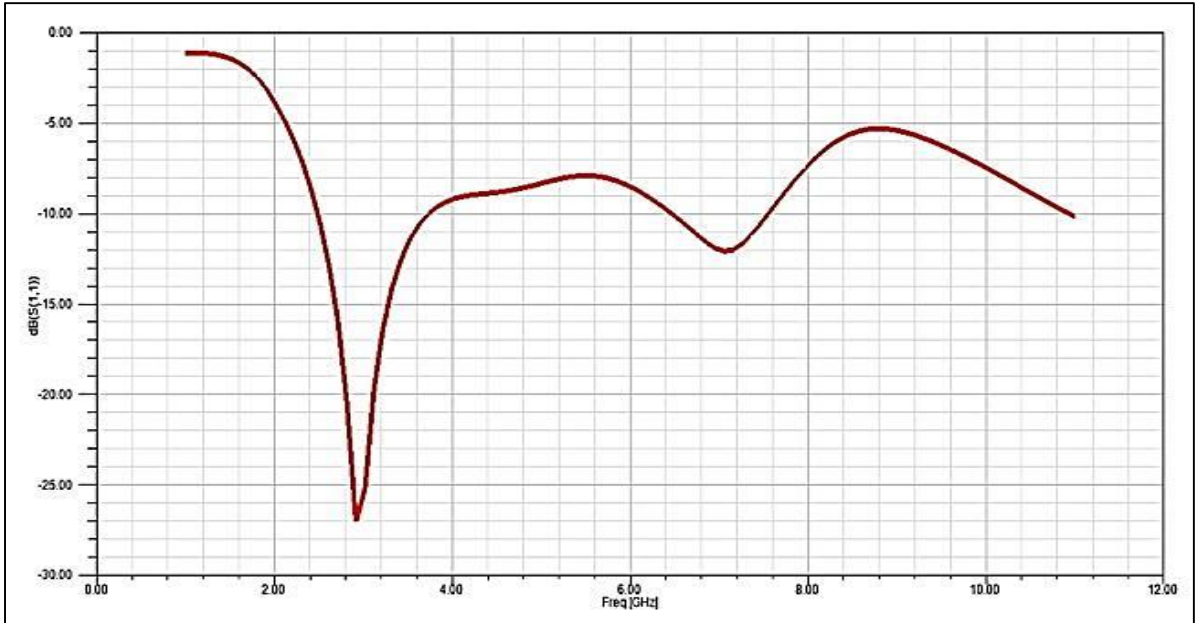
olarak elde edilir. Eşitlikteki L değeri yamanın uzunluğunu gösterirken, r değeri ise 2 nolu eşitlikte verildiği üzere, yamanın genişliği olan W değerinin 2π ile bölünmesiyle bulunur. Eşitlikte L ve r santimetre cinsindedir.

Çok geniş bantta çalışan mikrodalga görüntüleme sistemleri, iyi bir sonuç elde edebilmek için düşük ve yüksek frekanstaki sinyallere ihtiyaç duymaktadır. Çalışmada frekans bandının, Amerika'da 2002 yılında Federal Haberleşme Komisyonu (FCC) tarafından çok-geniş bant için ilan edilen 3.1 GHz ile 10.6 GHz arasında olması planlanmıştır. Bu durumda düşük frekans değeri $f_L = 3$ GHz civarında olacaktır.

5 nolu eşitliğe göre 3 GHz frekansını elde edebilmek için $L = 22$ mm ve $W = 15$ mm olarak hesaplanmıştır. Bu ölçülerdeki bir yamadan ve 12 mm genişliğindeki bir topraktan oluşan antenin geri dönüş kaybı Şekil 4'de görülmektedir. Düşük frekans değeri, planlandığı gibi yaklaşık 3 GHz olmuştur. Ancak yönlülüğü artırmak için genişliği W_L olan iletkenin eklenmesiyle oluşturulan ve Şekil 3'de gösterilmiş olan L şekilli toprak yapının etkisiyle geri dönüş kaybı değişmiş ve yeni sonuç Şekil 5'de verilmiştir.

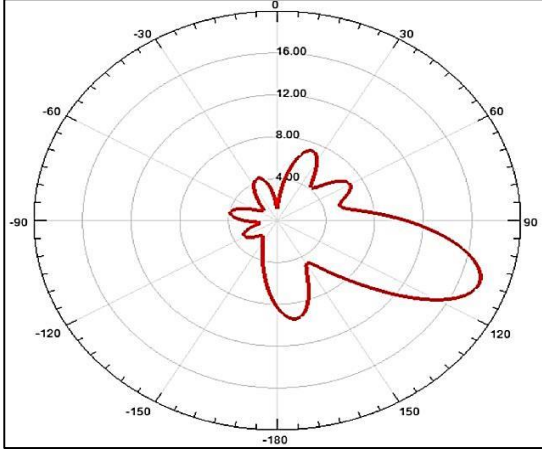


Şekil 4. Kısmi toprak yüzeyli düzlemsel monopol antene ait geri dönüş kaybı grafiği



Şekil 5. L-şekilli toprak yüzeyli düzlemsel monopol antene ait geri dönüş kaybı grafiği

Antenin 7 GHz frekanstaki ışımaya diyagramını ise Şekil 6'da gösterilmiştir. Yönlülüğün $\phi=110^\circ$ yönünde başarılı bir şekilde sağlandığı görülmektedir.

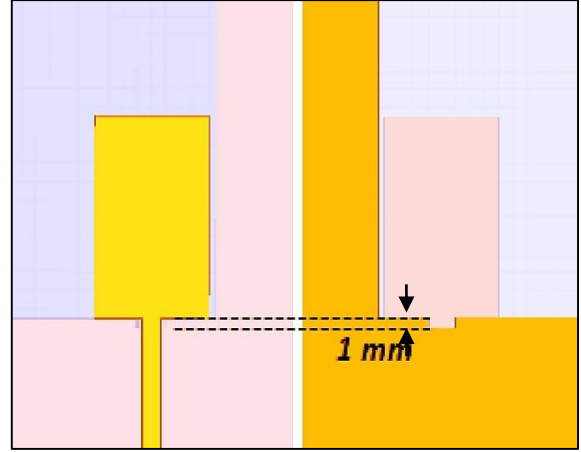


Şekil 6. L-şekilli toprak yüzeyli düzlemsel monopol antenin 7 GHz için ışımaya diyagramı

Bu aşamadan sonra yapılması gereken işlemler, elde edilen bu yönlü ışımayı bozmadan bant genişliğini artırmak ve empedans uyumunu düzeltmektir. Bu işlemlerden bazıları; toprak veya yamada oyuk/yarık/çentik açma, besleme noktasının konumunu değiştirme, dielektrik tabakanın, toprak yüzeyin veya ışımaya yamasının boyutlarını optimize etme gibi anten geometrisi üzerinde yapılabilecek modifikasyonlardır.

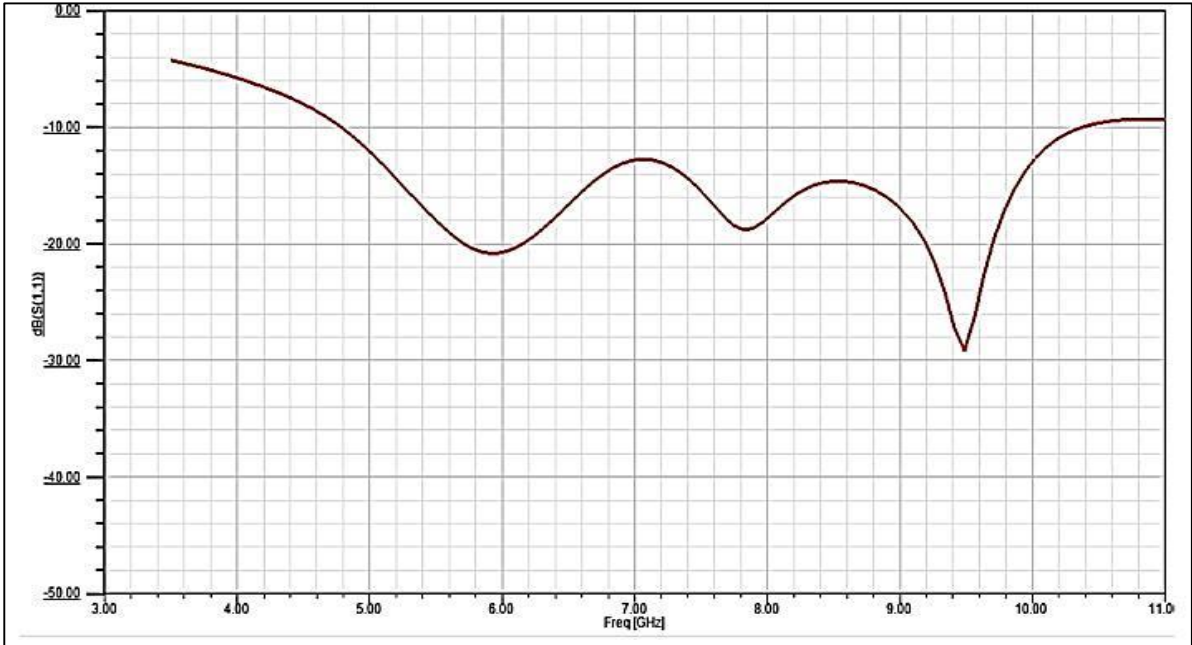
Toprak Yüzeyde Çentik (Notch) Etkisi

Empedans uyumunun artırılması ve ardışık rezonans frekanslarının oluşturulması, böylece frekans bant genişliğinin artırılması amacıyla yapılabilecek işlemlerden biri olan çentik açma yöntemi (Azim, 2013), bu çalışmada toprak yüzey üzerinde uygulanmıştır. Şekil 7'de görüldüğü üzere, besleme hattının yama ile birleştiği noktaya en yakın toprak yapı üzerinde 4mm x 1mm boyutunda çentik açılmıştır.



Şekil 7. Toprak yüzeyinde çentik açılan antenin ön ve arka cephe görüntüsü

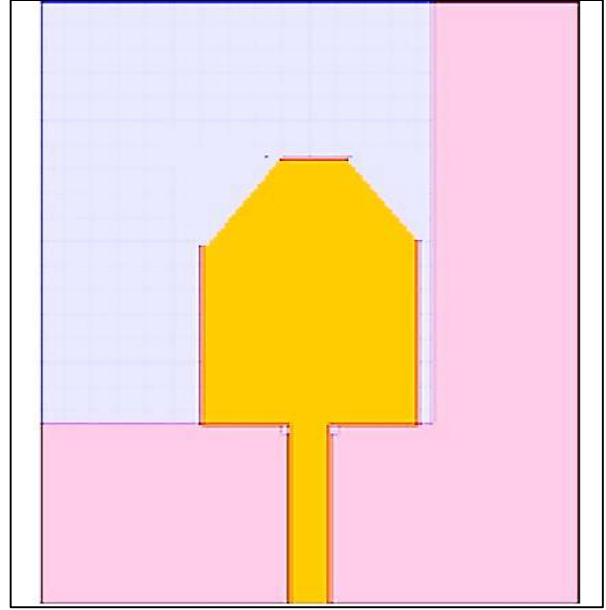
Çentik açıldıktan sonra elde edilen geri dönüş kaybına ait grafik Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 5 ile karşılaştırıldığında çentik açmanın olumlu etkisi açık olarak görülmektedir.



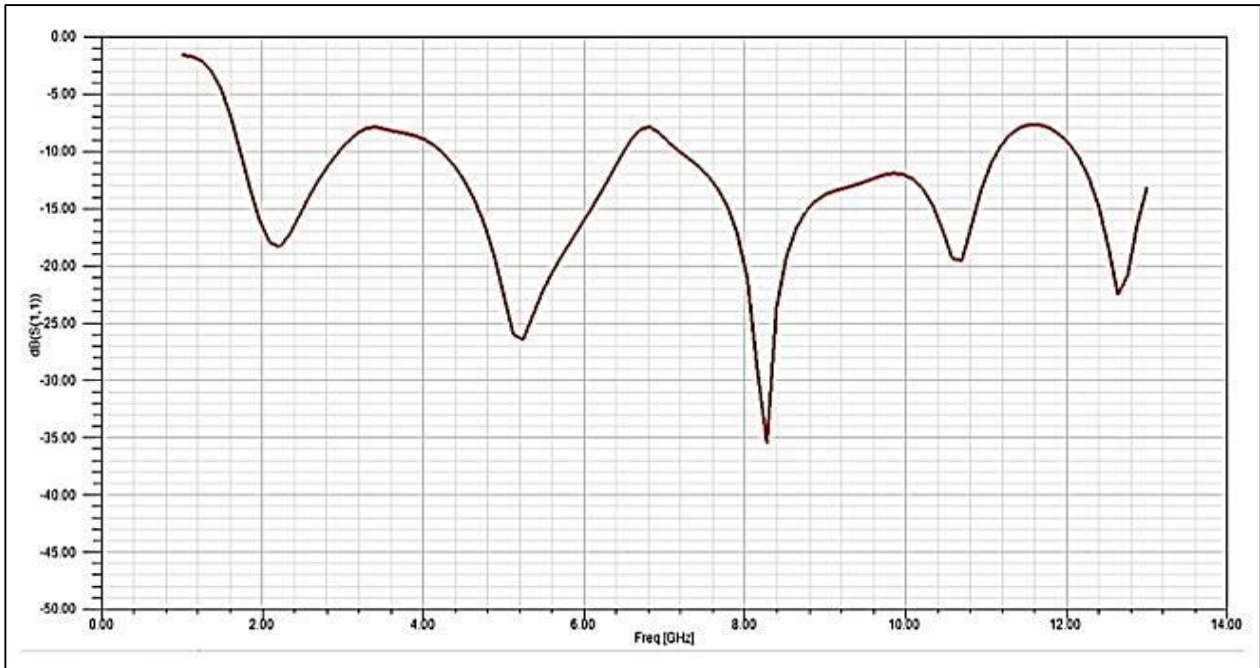
Şekil 8. Çentik açıldıktan sonra elde edilen geri dönüş kaybı

Işıma Yamasında Yarık (Slit) Etkisi

Şekil 8’de gösterilmiş olan grafiğe göre; amacımız için yeterli olan bant genişliğine yaklaşılmış olsa da, geri dönüş kaybı değerlerinin -20 dB civarında bulunması, daha iyi bir uyumlandırma için birkaç işlem daha yapılması gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle dikdörtgen ışıma yamasında çeşitli geometrik şekillerde yarıklar kesilerek, ardışık rezonans frekansların oluşması ve uyumluluğun artırılması sağlanabilir (Elboushi vd., 2013). Çalışmamızda, yamanın üst bölgesinde, Şekil 9’da görülen üçgen şekilli iki adet yarık kesilmiş ve yamadan çıkarılmıştır. Işıma yamasından kesilen yarıkların geri dönüş kaybı üzerindeki etkisi Şekil 10’da verilmiştir. Şekil 8 ile karşılaştırıldığında yapılan işlemin olumlu etkisi net olarak görülmektedir.



Şekil 9. Dikdörtgen yamadan üçgen yarıklar çıkarıldıktan sonra antenin görüntüsü



Şekil 10. Yarık kesildikten sonra elde edilen geri dönüş kaybı

Besleme Hattının Konumunun Performansa Etkisinin Parametrik Olarak İncelenmesi ve Optimizasyon Tekniğinin Uygulanması

Bu aşamaya kadar yapılan tüm işlemlerde 3 mm genişliğindeki besleme hattı hep yatay olarak merkeze konumlandırılmıştı. 40 mm genişliğindeki dielektrik tabakaya göre, besleme hattı 18.5mm-21.5mm arasında bulunmaktaydı.

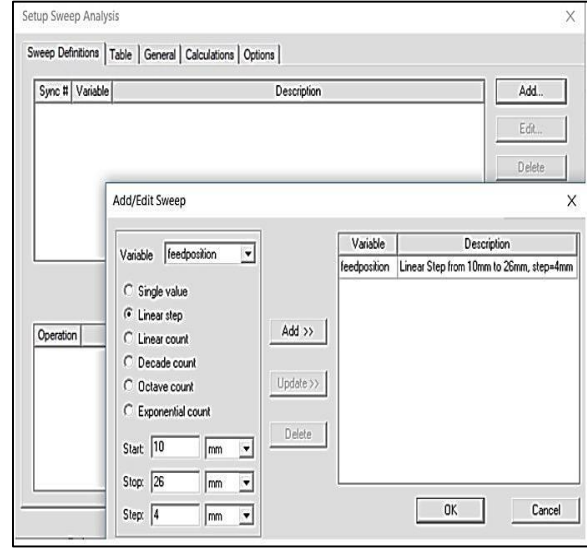
Oysa besleme hattının konumunun da performansa önemli bir etkisi vardır (Zhang vd., 2010). Hattın pozisyonunun sonuca etkisini gözlemlemek için, hattın 18.5 mm konumundaki başlama noktası sırasıyla 10 mm, 14 mm, 22 mm ve 26 mm hizalarına taşınarak yeni sonuçlar bir grafik üzerinde gösterilmiştir. Bu işlemler yapılırken HFSS programının ‘Parametric Analysis’ özelliği kullanılmıştır.

Parametrik Analiz

Anten tasarımındaki bir parametre için analiz yapmadan önce, ilk olarak o parametreye bir değişken isminin verilmesi gerekir. Örneğin bu aşamaya kadar 18.5 mm değeri verilen besleme hattının konumu, 'feedposition' isminde bir değişken olarak tanımlanabilir. Bu durumda, daha önce toprak yüzeyde açılmış olan 4 mm uzunluğundaki çentik için başlama noktası 'feedposition-0.5mm' şeklinde tanımlanır. Değişken tanımlamaları yapıldıktan sonra, sırasıyla şu adımlar takip edilir:

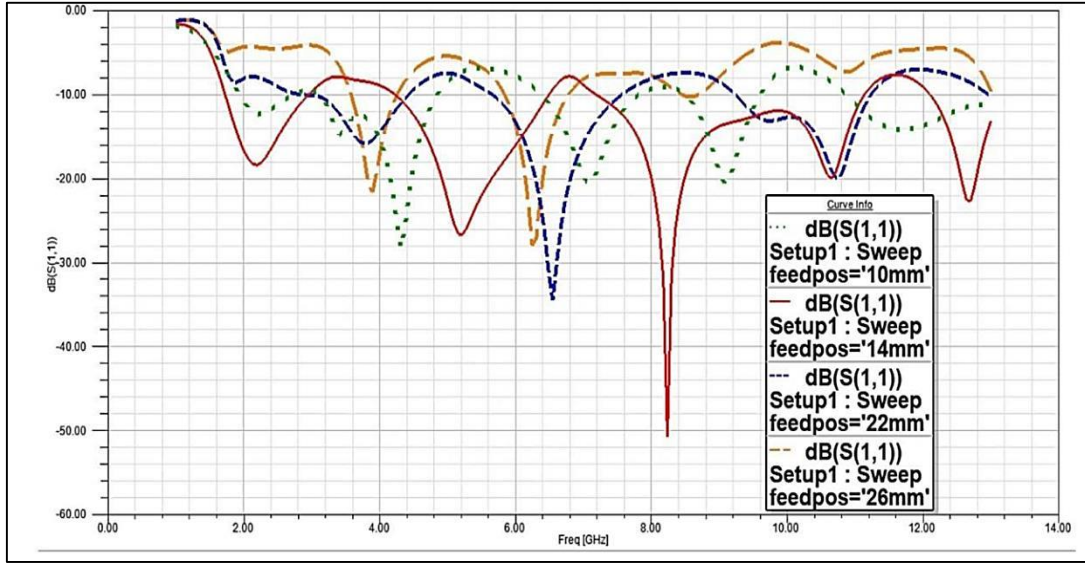
- **HFSS > Optimetrics Analysis > Add Parametric** işlemi seçilir.
- **Setup Sweep Analysis** penceresinde Add butonuna basılır.
- **Add/Edit Sweep** penceresinde: 'feedposition' değişkeni seçilir.
- **Linear Step** seçeneği tıklanarak: Start: 10mm, Stop: 26mm, Step: 4mm değerleri eklenir. **Add** ve **Ok** seçimleri yapılarak ayarlama sonlandırılır.

Yapılan bu işlemler görsel olarak Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. HFSS programında besleme hattının konumu için parametrik analiz ekleme işlemi

Parametrik analiz neticesinde elde edilen geri dönüş kayıpları tek grafik üzerinde Şekil 12'de görülmektedir.



Şekil 12. Besleme hattının 4 farklı konumu için elde edilen geri dönüş kayıp değişimleri

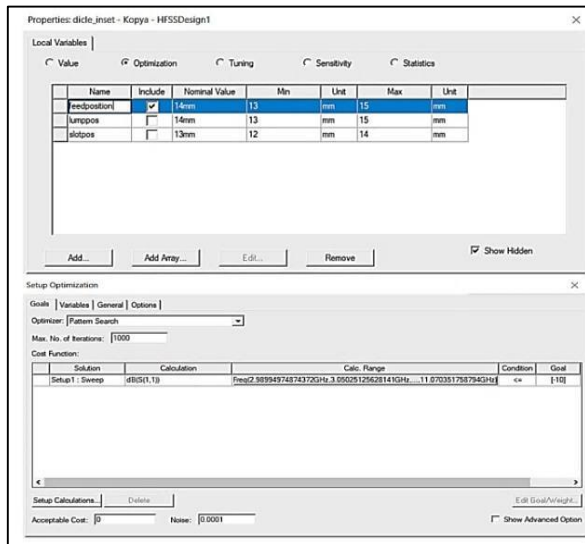
Optimizasyon

Şekil 12'de verilen parametrik analiz sonucuna göre besleme noktasının 14 mm yakınlarına kaydırılması gerektiği görülmüştür. Çünkü hattın başlangıç noktasının 14 mm'de olduğu durumda geri dönüş kaybının -50 dB değerine yaklaştığı frekanslar vardır.

Ancak -9.5 dB seviyesinin üstüne çıktığı bazı noktalar da mevcuttur. Bu nedenle daha hassas bir ayarlama yapılabilmesi için optimizasyon tekniklerine ihtiyaç duyulur. Besleme noktasının konumunu optimize edebilmek için sırasıyla şu adımlar takip edilir:

- **HFSS > Design Properties > Optimization** işlemi seçilir.
 - **feedposition** değişkeni işaretlenir.
 - 14 mm değerinden 1 mm eksik ve 1 mm fazla olan aralığın incelenmesi için; **Min = 13 mm** ve **Max = 15 mm** değerleri yazılır.
 - **HFSS > Optimetrics Analysis > Add Optimization** seçeneği ile devam edilir.
- Açılan pencerede farklı optimizasyon teknikleri bulunmaktadır. Bu çalışmada search-based bir teknik olan Pattern Search tercih edilmiştir. Optimizer: **Pattern Search** olarak seçilir.
- **Setup Calculations** butonu işaretlenerek, açılan **Add/Edit Calculation** kutusunda:
 - Report Type: **Modal Solution Data**
 - Solution: **Setup1: Sweep1**
 - Category: **S Parameter**
 - Quantity: **S(P1,P1)**
 - Function: **dB** adımları gerçekleştirilir.
 - **Add Calculation** ve **Done** butonları seçilerek **Calc. Range** ifadesinde 3 GHz ile 10 GHz aralığı belirlenir.
 - Amaç geri dönüş kaybının -10 dB değerinin altına çekilmesi olduğu için; **Goal <= [-10]** yazılır.

Açıklanan bu adımlar görsel olarak Şekil 13’de görülmektedir.



Şekil 13. HFSS programında besleme hattının konumunun hassas ayarlanması için yapılan optimizasyon işlemi

Optimizasyon Sonucunun Yorumlanması

- **Project Manager** penceresinde, **Optimetrics > OptimizationSetup1** adımından sonra **Analyze** işlemi gerçekleştirilir.
- **View Analysis Result** seçeneği seçilip **Table** olarak sonuçlar elde edilir.

Buna göre, Şekil 14’deki pencere görüntülenir.

Iteration	feedpos	Cost
1	10mm	0.16037
2	14mm	0.00034226
3	18mm	0.70085
4	22mm	0.02613
5	26mm	3.1866
6	14.9mm	0.024813
7	13.1mm	0.045341
8	13.55mm	0

Şekil 14. Optimizasyon analiz sonuç tablosu

‘**Cost Function**’ sonuç değerlerinden 0 değerine en yakın olan nokta, besleme hattını konumlandırmak için ideal olan yer olacaktır. Şekil 14’de görüldüğü üzere 13.55 mm konumunda Cost Function = 0 olmuştur. Buna göre besleme noktası 13.55 mm hizasına kaydırılmıştır.

Optimum Değerlere Göre Elde Edilen Sonuçlar ve Tartışma

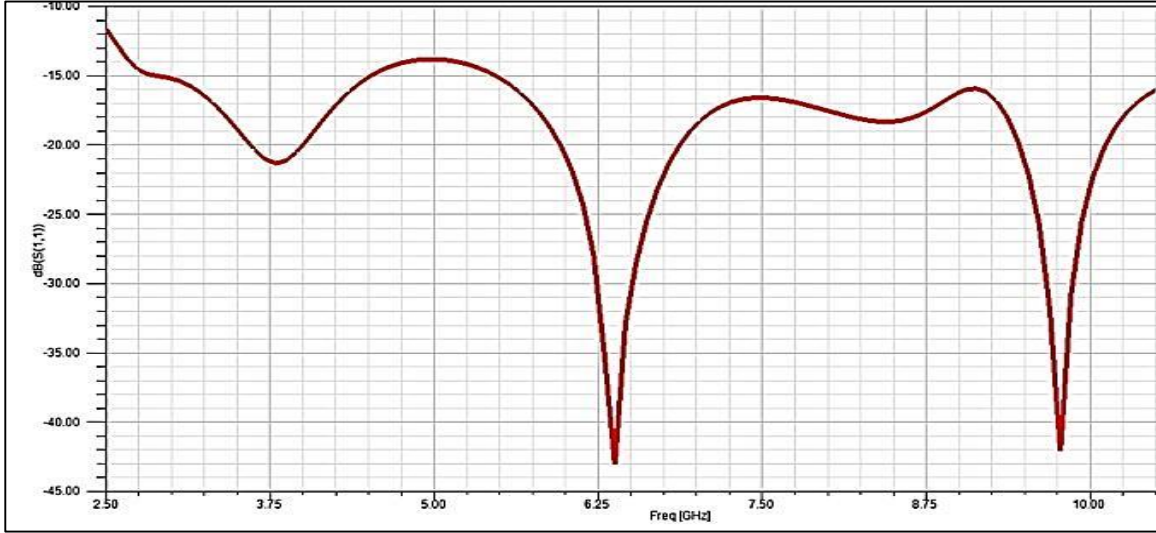
Optimizasyonun gerçekleştirilmesinden sonra besleme hattının konumu net olarak belirlenmiştir. Son aşamaya kadar adım adım verilen tasarım parametreleri Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Anten tasarım parametreleri ve boyutları

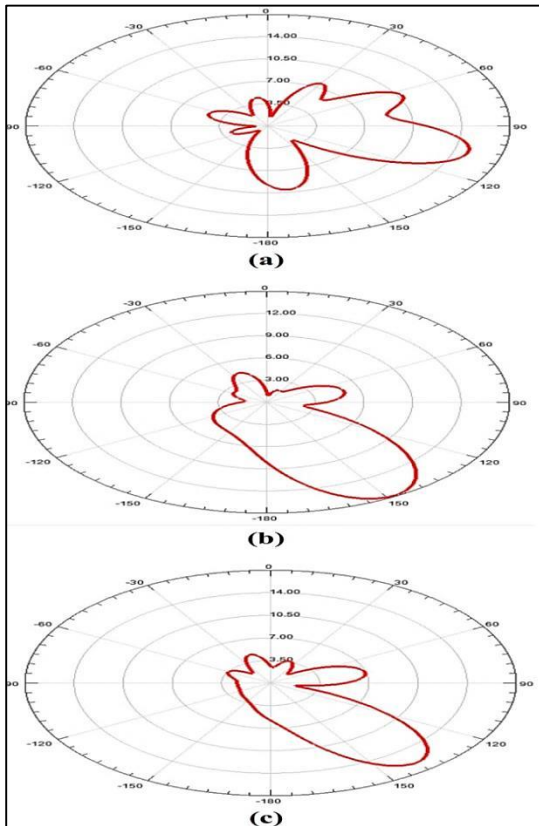
Parametreler	Boyutlar (mm)
Dikdörtgen yama	22 x 15
Dielektrik katman	50 x 40
Alt bölgedeki toprak yüzey	40 x 12
L-şekil için eklenen toprak yüzey	50 x 10
Toprak yüzeyde açılan çentik	4 x 1
Yamadaki yarıkların dik kenarları	6 x 3
Besleme hattının boyutu	12 x 3
Besleme hattının başlangıç konumu	13.55

Optimum parametreler ile tasarlanmış olan düzlemsel monopol antene ait geri dönüş kaybı Şekil 15’de gösterilmiştir. Yapılan modifikasyonlar ile frekans bant aralığının 2.5 GHz ile başlayıp 10 GHz’den daha ileri seviyelere kadar başarıyla sağlandığı görülmektedir.

Bant genişliğinin istenilen düzeyde olduğu bu tasarıma ait ışınma diyagramları ise Şekil 16’da verilmiştir. 4 GHz, 7 GHz ve 10 GHz frekansları için yönlülüğün 100° ile 140° arasında kabul edilebilir bir aralıkta stabil olarak hareket ettiği ve başarıyla elde edildiği görülmektedir.



Şekil 15. Tasarım sonucunda elde edilen geri dönüş kaybı grafiği



Şekil 16. Optimize edilmiş antenin ışınma diyagramları: (a) 4 GHz, (b) 7 GHz, (c) 10 GHz

Sonuç olarak bu çalışmada, mikrodalga görüntüleme sistemlerinde kullanılmak üzere bir anten tasarımı yapmak ve sonuçların uygunluğunu incelemek amaçlanmıştır. Görüntüleme yapılırken; nüfuz derinliği sağlamak ve görüntü için yeterli bir çözünürlüğün elde edilmesini sağlamak gerekir. Böylece hem konum olarak derinde bulunan hem de boyut olarak küçük olan nesnelere tespit edilebilir.

Bu tespitinin başarılabilmesi için hem düşük frekansta hem de yüksek frekanstaki sinyallerin hedef materyale gönderilmesi gerekir. Bu nedenle sistemde kullanılacak antenlerin çok-geniş bantlı olması istenir. Ayrıca hedefe odaklanmanın sağlanması, böylece sistemin verimliliğinin artırılması için antenin ışınma diyagramının yönlü olması tercih edilir. Bahsedilen bu iki özelliği sağlayan Horn ve Vivaldi gibi antenler mevcuttur. Ancak bu antenler boyut olarak büyük kalmaktadırlar. Çünkü mikrodalga görüntüleme sistemine entegre edilebilecek antenin boyutunun olabildiğince küçük olması gerekir.

Bu nedenle, küçük yapı ve düşük maliyetli olma gibi özellikleri bulunan mikroşerit antenleri kullanmak doğru bir tercih olacaktır. Ancak mikroşerit antenlerin de dar bantlı olma gibi bir dezavantajı bulunmaktadır. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak amacıyla, çalışmada kısmi toprak yüzeyi kullanılmış ve mikroşerit anten, düzlemsel bir monopollü antene dönüştürülmüştür. Bu işlem ile bant genişliğinin dikkat çekici bir oranda arttığı görülmüştür. Toprak yüzey L-şeklinde oluşturularak ışınım diyagramındaki yan lobların bastırılması, dolayısıyla yönlülüğün artırılması başarılmıştır. Ayrıca toprak yüzeye çentik açma ve yamada yarık oluşturma gibi teknikler ile antenin geri dönüş kaybı ve bant genişliğinin daha da geliştirilmesi sağlanmıştır. Bu modifikasyonlara ek olarak; besleme hattının konumunun belirlenmesi için parametrik analiz yapılmıştır. Analiz sonucuna göre belirlenen aralıkta daha hassas bir tespit yapılabilmesi için optimizasyon tekniğinden yararlanılmıştır. Böylece ideal bir konum belirlenmiş ve anten tasarımı neticelenmiştir. Optimum değerler ile oluşturulan antene ait geri dönüş kaybı ve ışınım diyagramı Şekil 15 ve Şekil 16'da verilerek, tasarlanan antenin mikrodalga görüntüleme sisteminde kullanılmaya uygun olduğu gösterilmiştir.

Kaynaklar

- Abbosh, A.M., (2008). Directive antenna for ultrawideband medical imaging systems, *International Journal of Antennas and Propagation*, Available from doi: 10.1155/2008/854012
- Agrawal, N.P., Kumar G., Ray K.P., (1998). Wide-band planar monopole antennas, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **46**, 294–295.
- Almazroui, S., (2015). Microwave imaging for security applications, *PhD Thesis*, The University of Sussex, Department of Engineering and Informatics, UK.
- Andukar, A.G., Deshmukh, R., Bansod, B., (2016). A review on imaging techniques in food safety and its advancements, *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, **5**, 980-983.
- Ansyz HFSS, (2014). *Ansyz Corporation*, USA.
- Azim R., Islam M.T., Misran N., (2013). Microstrip line-fed printed planar monopole antenna for UWB, *Arabian Journal for Science and Engineering*, **38**, 2415–2422.
- Bah M.H., Hong J., Jamro D.A. (2015). Ground slotted monopole antenna design for microwave breast cancer detection based on time reversal MUSIC, *Progress In Electromagnetics Research*, **59**, 117–126.
- Bassi, M., Caruso, M., Khan, M.S., Bevilacqua, A., Capobianco, A.D., Neviani, A., (2013). An integrated microwave imaging radar with planar antennas for breast cancer detection, *IEEE Transactions on Microwave Theory And Techniques*, **61**, 5, 2108-2118.
- Balanis C.A., (2015). *Antenna Theory: Analysis and Design 3rd ed*, Wiley, New Jersey, USA.
- Çalışkan, R., Gultekin, S.S., Uzer, D., Dundar, O., (2015). A microstrip patch antenna design for breast cancer detection, *World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship*, Istanbul, Türkiye.
- Çelik, A.R., Kurt, M.B., Helhel, S., (2017). An overview of electromagnetic methods for breast cancer detection and a novel antenna design for microwave imaging, *International Conference on Engineering Technologies*, Konya, Türkiye.
- Çelik, A.R., Kurt, M.B., Helhel, S., (2017). Design of an elliptical planar monopole antenna for using in radar-based and ultra-wideband microwave imaging system, *International Research Journal of Engineering and Technology*, **4**, 11, 1978-1983.
- Deng, Y., Liu, X., (2011). Electromagnetic imaging methods for nondestructive evaluation applications, *Sensors*, **11**, 12, 11774–11808.
- Golezani J.J., Abbak M., Akduman I., (2012). A novel compact wideband directional monopole antenna for use in radar applications, *Proceedings, 15th International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics*, Toulouse, France.
- Guha D., Biswas M., Antar Y.M.M. (2005). Microstrip patch antenna with defected ground structure for cross polarization suppression. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, **4**, 455–458.
- Haraz, O., Sebak, A.R., (2013). UWB Antennas for Wireless Applications. *Advancement in Microstrip Antennas with Recent Applications*. IntechOpen: Rijeka, European Union.

- Jiya, E.A., Anwar, N.S.N, Abdullah,M.Z., (2016). Detection of cracks in concrete structure using microwave imaging technique, *International Journal of Microwave Science and Technology*, Article ID 3195716.
- Kumar, G., Ray K.P., (2003). *Broadband microstrip antennas*, Artech House, Norwood MA, USA.
- Locatelli, A., Modotto, D., Pigozzo, F.M., Boscolo, S., Autizi E., Angelis, C.D., Copabianco, A.D., Midrio, M., (2007). Highly directional planar ultrawide band antenna for radar applications. *Proceedings*, European Microwave Conference, Munich, Germany. 1421-1424.
- Sever, E., (2011), Eş düzlemsel hat girişli ve çift bantlı bir monopollü planar anten tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tseng, C.F., Huang, C.L., Hsu C.H., (2009). Microstrip-Fed monopole antenna with a shorted parasitic element for wideband application. *Progress In Electromagnetics Research*. **7**, 115–125.
- Unal, I., Turetken, B., Canbay, C., (2008). Spherical conformal bowtie antenna for ultrawide band microwave imaging of breast cancer tumor. *Applied Computational Electromagnetics Society (ACES) Journal*, **29**, 2, 124-133.
- Xiao, X., Kikkawa, T., (2008). Influence of the Organism Interface on the Breast Cancer Detection by UWB. *Applied Surface Science*. **255**, 597–599.
- Zhang, H., Zhou, U., Wu, Z., Xin, H., Ziolkowski, R.W. (2010). Designs of ultra wideband (UWB) printed elliptical monopole. *Microwave and Optical Technology Letters*. **52**, 466–471.
- Zhang, Y., (2014). Microwave imaging for ultrawideband antenna based cancer detection, *PhD Thesis*, The University of Edinburgh, South Bridge, Edinburgh, Scotland.

Design and optimization of a planar rectangular monopole antenna for using in microwave imaging applications

Extended abstract

Microwave Imaging is an up-to-date technique that is used in many areas such as: see-through wall, defense industry, radar systems, underground imaging, non-destructive testing, biomedical applications etc.

In the microwave imaging system, the target objective is illuminated with an ultra-wide band (UWB) pulses and reflected signals are collected and processed to form images that indicate the presence, position and size of the materials.

For the purpose of improving the performance of the imaging system, a key operation is to design the most appropriate ultra-wide-band antenna type that is necessary for transmitting and receiving microwave signals and will be realised as hardware. Microstrip antennas are compact and have low-profile but they have narrow bandwidth. However, microwave imaging systems need UWB signal to transmit short pulses for obtain sufficient range resolution.

The modified microstrip antennas which has partial ground plane is called monopole planar antenna and they are the most choosen antennas in the UWB applications because of their broad bandwidth, compact and easy assembled structure. They are named according to their radiation patch shapes such as elliptical, square circular, rectangular or any session of these shapes.

Obtaining a good impedance matching in the worked frequency interval is the main goal of the antenna design. The impedance matching means that the antenna's return loss value is below -10 dB in the desired range. It corresponds to that the voltage standing wave ratio is smaller than 2 ($VSWR < 2$) in this range.

In our study, the desired frequency band is planned to be between the 3.1 GHz and 10.6 GHz. This interval is determined by the Federal Communication Commission (FCC) in 2002 for commercial usage.

Antenna return loss result is not only parameter to understand the characteristic of the antenna, but also we need to know another important point which names 'radiation pattern'. If the antenna has not a good radiation pattern at the desired resonance frequencies, it is not sufficient to say that antenna has good performance.

The radiation characteristic of the antennas provides information about the radiation intensity according to the space coordinates. It is desired directional or omnidirectional radiation depending on the application.

In microwave imaging implementations, directional pattern is required for focusing to the target material.

In the development process of the antenna design, some modifications such as adjusting feed point, cutting slots and notches, using defected ground structure etc. can be done to improve the bandwidth, directivity and efficiency of the antenna.

After some geometric modifications, also process of finding a better or more suitable design instance among the possible design variations, which is named 'optimization' is implemented to design. For this aim, firstly parametric analysis is examined and then Pattern-Search optimization technique is used to determine the best design parameter values. All of these operations are made with using High Frequency Structural Simulator (HFSS) program.

According to the results, antenna has broad frequency band that covers the 3-10.6 GHz band exactly. Its radiation pattern is directional and stable through wide band.

Consequently, a novel UWB and directional compact antenna is designed step by step, then it is analysed and tested. It can be said that the designed antenna is suitable for using in the microwave imaging

Keywords: *Microwave imaging; breast cancer detection; antenna design; ultra-wide band; directional antenna.*