

Sierpinski Gasket Fraktal Anten Analizi

M.Devrim Tokcan*, Uygur Öztürk, Birsen Saka

*STM AŞ

Görev Destek Sistemleri Müdürlüğü

Beştepe, Ankara

dtokcan@stm.com.tr

Hacettepe Üniversitesi

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Beytepe, Ankara

Uygur_1923@hotmail.com, birsen@hacettepe.edu.tr

Özet: *Fraktallar kendinden türetilen yapılardır ve antenler gibi bir çok yapı fraktalların kendisinden türetilme özelliğinden yararlanarak tasarlanabilir. Fraktal antenler, anten literatüründe birkaç yıllık geçmişi olan ve çoklu bant özellikleri nedeniyle de bir çok iletişim sisteminde yaygın uygulama alanı bulmaya aday antenler olarak gözükmektedir. Bu çalışmada, iyi bilinen bir fraktal yapı olan Sierpinski Gasket yapısı, mikroşerit yama anten tasarımı için kullanılmıştır. Bu yapının analizinde; oluşturulan elektrik alan integral eşitliklerinin çözülmesi için, Moment Metot (MOM) uygulanmıştır.*

1.Giriş

Mandelbrot'un "Fraktal" terimini icadından sonra, bu isim Euclid geometrisinin geleneksel kurallarına karşı gelen geometrik nesneler ailesini tanımlamak için kullanılmış, ve daha sonra fraktalların, aslında, değişik formlarda doğanın içerisinde varolduğu keşfedilmiştir [1]. Ardından, Jaggard "Fractal Elektrodynamics" [2] terimini icat ederek bilim adamlarının Elektromanyetik ve Fraktal Geometrisini yeni bir disiplin olarak harmanlamalarının önünü açmıştır. Fraktal yapıların ve elektromanyetik dalgaların etkileşimlerinin araştırılmasıyla, bilinen fraktal özellikleri ile fraktal yapılardan saçılan elektromanyetik dalgalar arasındaki bir çok bağlantı kanıtlanmıştır [3].

Bu çalışmada, iyi bilinen fraktal yapılarından biri olan Sierpinski Gasket kullanılarak mikroşerit yama anten analizi Moment Metot yardımı ile yapılmıştır. Genelde literatürde fraktal anten rezonans frekansları fraktal yapının boyutları göz önüne alınarak empirik biçimde ve kullanılan alttaşın dielektrik sabiti dikkate alınmadan hesaplanmaktadır. Bu çalışmada, antenin rezonans frekansları, antenden geri saçılan alanların yada anten yüzeyinde oluşan akım genliğinin frekansla değişimi elde edilerek belirlenmiştir. Bu çalışmada bulunan rezonans frekansları, empirik formüller kullanılarak yapılan hesaplamaların yaklaşık %9 hataya neden olduğunu göstermektedir. Belirlenen rezonans frekanslarında, moment metodu yardımı ile hesaplanan akım dağılımları kullanılarak alan örüntüleri üç boyutlu olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar fraktal antenlerin çok bandlı anten gerektiren iletişim teknolojilerinde kullanılmaya çok uygun anten yapıları olduğunu göstermiştir.

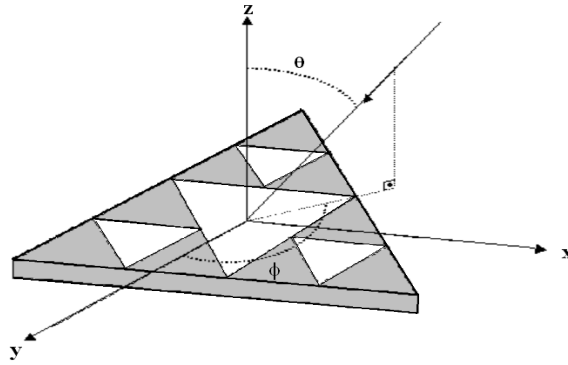
2. Problem Formülasyonu

Şekil 1'de bu çalışmada incelenmiş olan Fraktal anten geometrisi verilmiştir. Fraktal anten geometrisi kalınlığı d ve dielektrik sabiti ϵ_r olan topraklanmış alttaş üzerine yerleştirilmiştir. Anten üzerine gelen alan düzlem dalgadır ve Moment Metot ile yapılan formülasyonla anten üzerindeki akım dağılımı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda akımın temel fonksiyonları, bir yönde birbiri üzerine binmiş çatı biçimli, buna dik yönde ise vuru biçimli olarak seçilmiştir. Elde edilen akım dağılımı kullanılarak θ ve ϕ yönündeki saçılan elektrik alan ifadeleri ise [4,5]

$$E_{s\theta} = \cos\theta \left\{ \sum_{p=1}^P I_x(p) F_{xp}(k_x, k_y) \cos\phi \right\} + \left\{ \sum_{q=1}^Q I_y(q) F_{yq}(k_x, k_y) \sin\phi \right\} \quad (1)$$

$$E_{s\phi} = \left\{ - \sum_{p=1}^P I_x(p) F_{xp}(k_x, k_y) \sin\phi \right\} + \left\{ \sum_{q=1}^Q I_y(q) F_{yq}(k_x, k_y) \cos\phi \right\} \quad (2)$$

biçimde yazılabilir. Burada; I_x ve I_y Moment metot ile elde edilen x ve y yönlerindeki akım bileşenleri; P , x -yönündeki toplam bölüntü sayısı; Q , y -yönündeki toplam bölüntü sayısıdır. k_x ve k_y ise x ve y yönlerindeki Fourier dönüşümü değişkenleri; F_{xp} ve F_{yq} , x ve y yönlerindeki parçalı doğrusal dağılımların Fourier dönüşümleridir.



Şekil 1. Düzlem dalgayla ısıtılan Sierpinski Gasket Fraktal Antenin 3-boyutlu görüntüsü

3. Sonuçlar ve İrdeleme

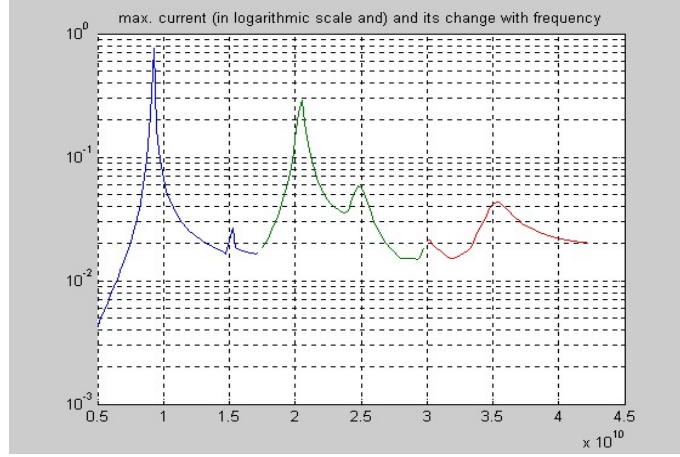
Hesaplamalarımızda, anten parametreleri daha önce incelenmiş mikroşerit yama antenlere benzer biçimde seçilmiştir [4,6]. Altaşın dielektrik sabiti $\epsilon_r=2.33$, kayıp tanjantı ise 0.001'dir. En büyük üçgenin hipotenüsü 3cm ve hipotenüs yüksekliği 1.5cm'dir. Dielektrik plaka kalınlığı, $d=0.0007874m$ 'dir. Moment metot hesaplamalarında anten x -yönünde 16, y -yönünde ise 32 eşit parçaya bölünerek incelenmiştir. Altbölüm uzunluklarının seçiminde, altbölümlerin $\lambda_0/10$ 'dan küçük seçilmesi oldukça kararl sonuçlar vermektedir [5].

Bu çalışmada öncelikle antenin rezonans frekanslarını belirlememiz gerekmektedir. Akımın en büyük olduğu frekansta saçılan alan değeri de en büyük olacağı için, akımın en büyük olduğu frekans rezonans frekansı olarak kabul edilmiştir. Tasarımlanan antenin çalışma frekans aralığı 5 ila 50 GHz olarak tanımlanmıştır ve 250 MHz aralıklarla anten üzerindeki akım dağılımı hesaplanmıştır. Şekil 2'de antenin çalışma frekansına karşı hesaplanan enbüyük akım genliklerinin değişimi verilmiştir. Şekil 2'den açıkça görüldüğü gibi incelenen antenin rezonans frekansları 9.25 GHz, 20.5 GHz ve 35.25 GHz'dir. Bu çalışmada bulunan rezonans frekansları, empirik formüller kullanılarak yapılan [7] hesaplamaların yaklaşık %9 hataya neden olduğunu göstermektedir. Mikroşerit antenlerin darbandlı antenler olduğu gözönüne alındığında, %9 hatanın oldukça büyük olduğu ve anten tasarımının doğru yapılabilmesi için ihmal edilebilecek bir değer olmadığı rahatlıkla söylenebilir.

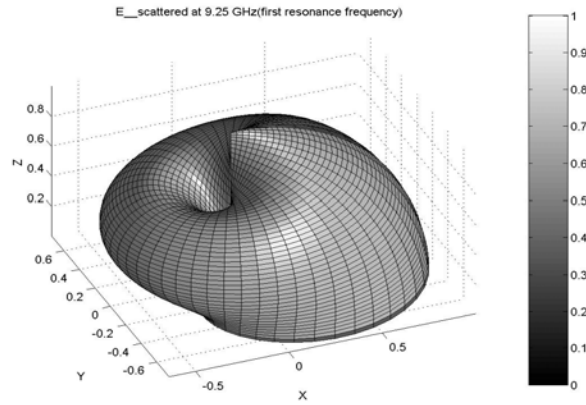
Belirlenen rezonans frekanslarında Eşitlik 1 ve 2 yardımı ile elde edilen normalize saçılan alan örüntüleri ise Şekil 3-5'de verilmiştir. Bu makalede verilen alan örüntüleri θ ve ϕ yönündeki toplam alan örüntülerinden kartezyen koordinatlara dönüştürülerek elde edilmiştir. Rezonans frekanslarındaki örüntüler fraktal antenin geniş hüzmeli bir yapıda olduğunu ve çalışma frekansı arttıkça beklenildiği gibi ana hüzmelerin daralmakta olduğunu göstermektedir.

Şekil 6'da verilen alan örüntüsü ise antenin rezonans frekansları dışında $f=100$ GHz'de çalıştığında oluşan alan örüntüsüdür. Rezonans frekansı dışında anteni çalıştırdığımızda elde edilen örüntünün anahüzme değerinin

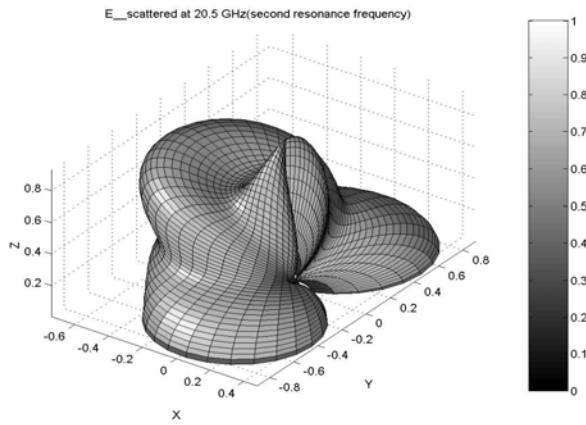
rezonans frekansındaki değerlerden yaklaşık 20 dB kadar aşağıda olduğu hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilenler, fraktal anten analizinde MOM metodunun kullanılmasının hem rezonans frekanslarının hesaplanmasında hemde alan örüntülerinin elde edilmesinde büyük avantajlar sağladığı sonucunu vermektedir.



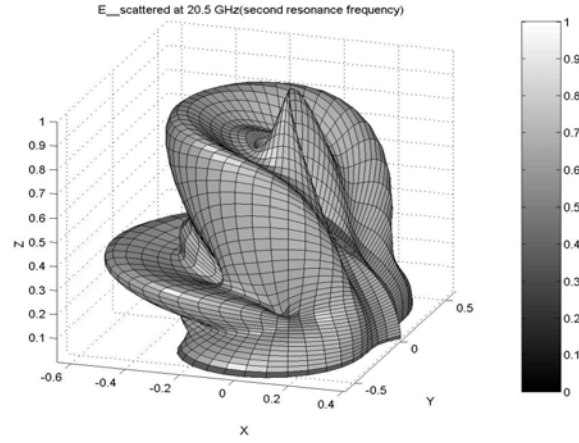
şekil.2 çalışma frekansına karşı yama üzerindeki en büyük akım bileşenleri



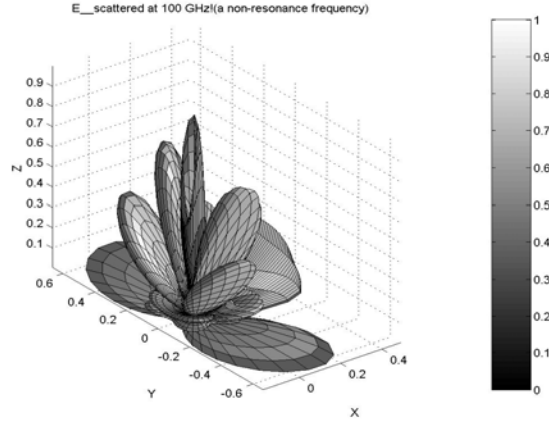
şekil 3. Birinci rezonas frekansındaki (f=9.25 GHz) alan örüntüsü



şekil 4. İkinci rezonas frekansındaki (f=20.5 GHz) alan rnts



Şekil 5. Üçüncü rezonans frekansındaki ($f=35.25$ GHz) alan örüntüsü



Şekil 6. $f=100$ GHz' de alan örüntüsü

Teşekkür

Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından 0101602011 no'lu *Fraktal Anten Analizi* isimli proje kapsamında desteklenmektedir.

Kaynaklar

- [1] B.B. Mandelbrot, "The Fractal Geometry of Nature", W. H. Freeman and Company, 1983.
- [2] D.L. Jaggard, "On Fractal Elektrodynamics" in Recent Advances in Electromagnetic Theory, Kritikos, H.N., Jaggard, D.L. Editors; Springer Verlag, s.183-224, 1990.
- [3] D. L. Jaggard, Y. Kim, "Diffraction by Band limited Fractal Screens", J. Opt. Soc. Am. A4, s. 1055-1062, 1987.
- [4] D.G. Shively, M.C. Bailey, "Analysis of Microstrip Patch Antennas with Nonzero Surface Resistance", NASA TP-3362,1993
- [5] M.D. Despande, C.R. Cockrell, F.B. Beck, E. Vedeler, ve M.B. Koch, "Analysis of Elektromagnetic Scattering From Irregularly Shaped, Thin Metallic Flat Plates", NASA TP-3361, 1993.
- [6] S. Erdem, "Sierpinski Halı Dizi Anten Analizi", Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2001.
- [7] C. Puente, J. Romeu, R., Pous, ve A. Cardama, "On the Behavior of the Sierpinski Multiband Fractal Antenna", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 46, 4, 517-524, 1998.