

İZOTROPİK MEDYA ÜZERİNE YERLEŞTİRİLMİŞ PERİYODİK KARE VE DAİRESEL HALKA YAPILARIN 0.1 - 2.5 GHz FREKANS ARALIĞINDA ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA ETKİNLİĞİ

Yakup KUTLU¹

Emin ÜNAL²

Ahmet GÖKÇEN³

^{1,2,3}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay

¹e-posta: ykutlu@mku.edu.tr

²e-posta: eunal@mku.edu.tr

³e-posta: agokcen@mku.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Frekans seçici yüzeyler, kalkanlama etkinliği

Özet

Bu çalışmada, dielektrik tabaka üzerine yerleştirilmiş metalik kare ve dairesel halka geometrili periyodik yapılar incelenmiştir. Bu yapıların periyodikliğinden dolayı elektrik ve manyetik alanlar, floquet modları cinsinden ifade edilmiş ve sınır şartları kullanılarak, gelen düzlem dalganın bir iletken eleman üzerinde oluşturduğu bilinmeyen akım yoğunluğu moment metodu kullanılarak bulunmuştur. Yansıyan, saçılan ve iletilen alan bileşenleri bulunduktan sonra kalkanlama etkinliği hesaplanmıştır. Geliş açısı ve dielektrik sabitinin farklı değerleri için, kare ve dairesel halka geometrili periyodik yapıların, kalkanlama etkinliği incelenerek karşılaştırılmıştır.

1.GİRİŞ

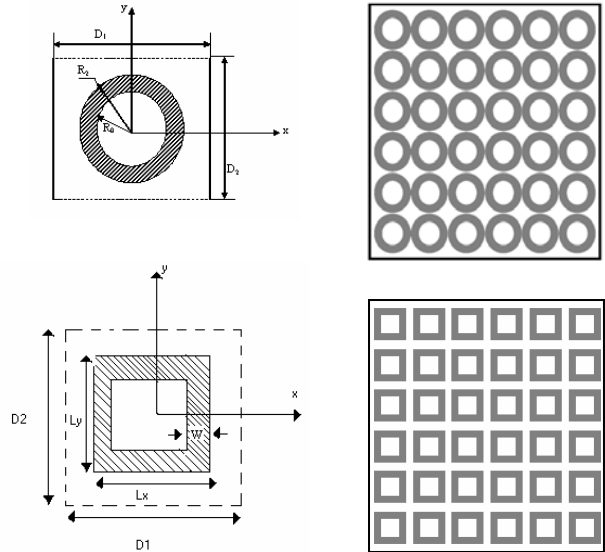
Son zamanlarda, haberleşme sistemlerinde kablosuz iletişimin geniş bir şekilde kullanılmaya başlanması, bu alanda farklı çalışmalar yapılması zorunluluğu getirmiştir. Kalkan özellikler içeren yapılarla ilgili yapılmış pek çok araştırmalar ve uygulamalar bulunmaktadır. Kalkan yapılara örnek olarak mikrodalga fırınların kapakları gösterilebilir. Periyodik metalik halka dizileri içeren bu yapı 2.4 GHz frekansındaki mikrodalga enerjisini yansıtmaktadır. Bunun yanında ışığı geçirmektedir [1].

Periyodik olarak dizilen metalik yamalar veya iletken bir levha üzerine açılan periyodik oyuklar elektromanyetik dalgalarda frekans seçici yüzeyler (FSY) olarak bilinmektedir. Bu yapılar, elektromanyetik dalgaların frekansına bağlı olarak bir filtre işlemi gerçekleştiren periyodik yapılardır. Yamalardan oluşan yapılar; kapasitif FSY, oyuklardan oluşan yapılar ise endüktif FSY olarak adlandırılırlar [2].

İzotropik ortam üzerine yerleştirilmiş yapılar elektromanyetik dalgalar üzerindeki etkilerinden dolayı radom, çok bantlı anten tasarımı [3,4,5], ve

telekomünikasyon alanlarında [6,7] yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, frekans seçici yapıların, 0.1 – 2.5GHz frekans aralığında, gelen dalganın açısal değişimlerine karşı gösterdikleri hassasiyet dikkate alınarak şekil 1.'de görülen kare ve dairesel halka tipi yama frekans seçici yapılar kullanılmıştır. Farklı dielektrik ortamlar ve geliş açısının farklı değişimleri için kalkanlama etkinliği incelenmiştir. İncelenen frekanslarda metal halkaların elektriksel kalınlığı çok ince varsayılmıştır.



Şekil 1. Kare ve dairesel halka yapıların birim hücreleri ve periyodik yapıları

2.TEORİ

Rasgele yönlendirilmiş, homojen dağılmış, kayıpsız bir ortamda \vec{D} ve \vec{H} ;

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad (1)$$

$$\vec{H} = \frac{1}{\mu} \vec{B} \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada ϵ dielektrik sabitini, μ manyetik geçirgenlik katsayısını ifade etmektedir.

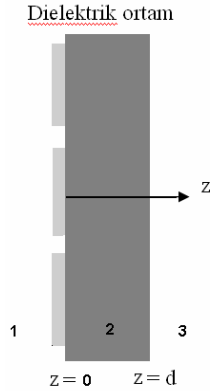
Şekil 2’de dielektrik ortam üzerine yerleştirilmiş FSY yapının yandan görünüşü görülmektedir. Sınır şartları uygulandığında;

$z = 0$ sınırında, elektrik alan teğet bileşenleri sürekli olmalıdır.

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_2^+ + \vec{E}_2^- \quad (3)$$

$z = 0$ için, manyetik alanın teğet bileşeni metal üzerinde oluşan ve saçılmaya sebep olan akım yoğunluğuna eşittir;

$$\vec{a}_z \times \left\{ \left(\vec{H}_2^+ + \vec{H}_2^- \right) - \vec{H}_1 \right\} = \vec{J} \quad (4)$$



Şekil 2. Dielektrik tabaka üzerine yerleştirilen FSY yapının yandan görünüşü

$z = d$ sınırında ise hem elektrik hem de manyetik alanın teğet bileşenleri sürekli dir.

$$\vec{E}_3 = \left(\vec{E}_2^+ + \vec{E}_2^- \right) \quad (5)$$

$$\vec{H}_3 = \left(\vec{H}_2^+ + \vec{H}_2^- \right) \quad (6)$$

$z = 0$ yüzeyinde mükemmel iletken üzerinde ki toplam elektrik alanın teğet bileşenlerinin sürekliliğinden;

$$\vec{E}_{inc}(x, y, 0) + \vec{E}_{ref}(x, y, 0) + \vec{E}_s(x, y, 0) = 0 \quad (7)$$

\vec{E}_{inc} , \vec{E}_{ref} , \vec{E}_s sırasıyla, gelen, yansıyan ve saçılan alanları ifade etmektedir.

Daha sonra, floquet modları cinsinden ifade edilen elektrik ve manyetik alan bileşenleri, gerekli sınır şartları kullanılarak elde edilen denklemlerle moment metodu kullanılarak çözülmüş ve bilinmeyen akım yoğunlukları bulunmuştur [8].

$$V_n = [E_0 + E_{r0}] < \vec{f}_n, \vec{\psi}^* > \quad (8)$$

$$[V_n] = [Z_{kn}] [\alpha_n] \quad (9)$$

Burada V_n kaynak matrisini, Z_{kn} empedans matrisini ve α_n bilinmeyen akım katsayısını ifade eder.

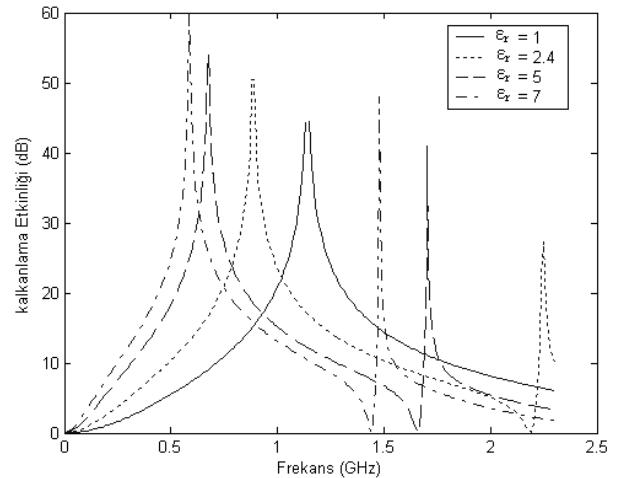
Toplam iletilen alan bileşenleri bulunduktan sonra kalkanlama etkinliği aşağıdaki şekilde, toplam iletilen alan bileşeniyle, gelen alan bileşeni oranlanarak hesaplanmıştır [9].

$$SE_{dB} = -20 \log \left| \frac{E_{trans}}{E_i} \right| \quad (10)$$

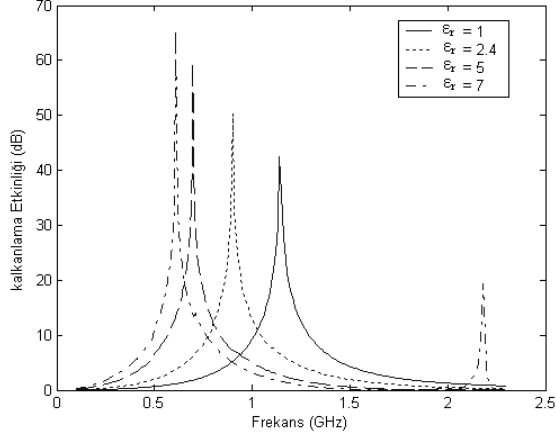
3.SONUÇLAR

Bu çalışmada kare ve dairesel halka olmak üzere iki geometrik yapının, bağıl dielektrik sabitinin (ϵ_r) ve geliş açısının (θ) farklı değerlerine karşı kalkanlama etkinliği incelenmiştir. Yapıların boyutları, 0.1-2,5GHz frekans aralığında, kare halka için, $L_x=L_y=6.4$ cm, $D1=D2=7.0$ cm ve dairesel halka için, $R_i=4.25$ cm, $R_o=4.31$ cm, $D_o=D_i=4.35$ cm alınmıştır.

Şekil 3-4’te farklı bağıl dielektrik sabitine sahip ($\epsilon_r = 1$, $\epsilon_r = 2.4$, $\epsilon_r = 5$, $\epsilon_r = 7$) ortamlar için, geliş açısı $\theta = 0^\circ$ alındığında; TE gelen dalga için dairesel halka FSY’nin kalkanlama etkinliği görülmektedir.



Şekil 3. TE gelen dalga için dairesel halka FSY’nin kalkanlama etkinliği, $\theta = 0^\circ$



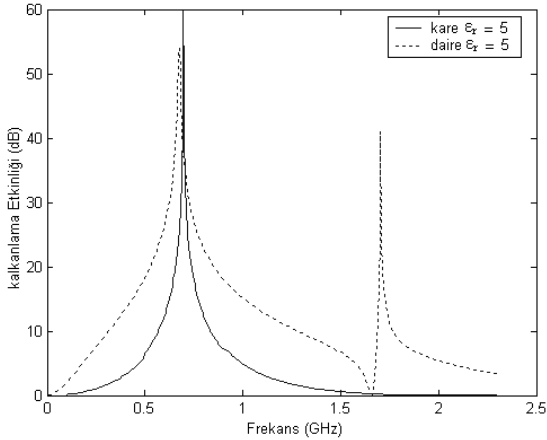
Şekil 4. TE gelen dalga için kare halka FSY'nin kalkanlama etkinliği, $\theta = 0^\circ$

Şekilden de anlaşılacağı gibi; Dielektrik sabiti ϵ_r değeri artırıldığında kare halka FSY yapının kalkanlama etkinliği artmakta, rezonans frekansı düşmektedir. Dielektrik yükün etkisinden dolayı oluşan bu rezonans değerindeki azalma;

$$f_o' = \frac{f_o}{\sqrt{\frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2}}} \quad (11)$$

Formülü ile ifade edilebilir [2]. Buradaki ϵ_1 , ϵ_2 FSS yapının alt ve üstündeki ortamın dielektrik sabiti, f_o , f_o' ise sırasıyla boşluktaki rezonans frekansı ve dielektrik yükten dolayı oluşan rezonans frekansdır.

Şekil 5'te kare ve daire halka yapıların, $\epsilon_r = 5$ ve $\theta = 0^\circ$ değerleri için birbirleriyle karşılaştırılması görülmektedir.

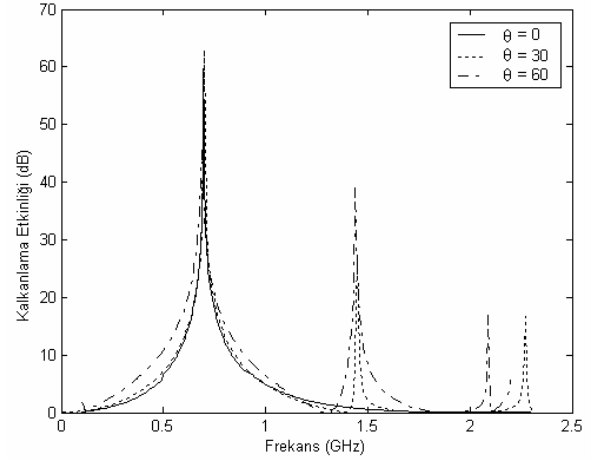


Şekil 5. TE gelen dalga için kare ve dairesel halka FSY'nin kalkanlama etkinliği, $\epsilon_r = 5$, $\theta = 0^\circ$

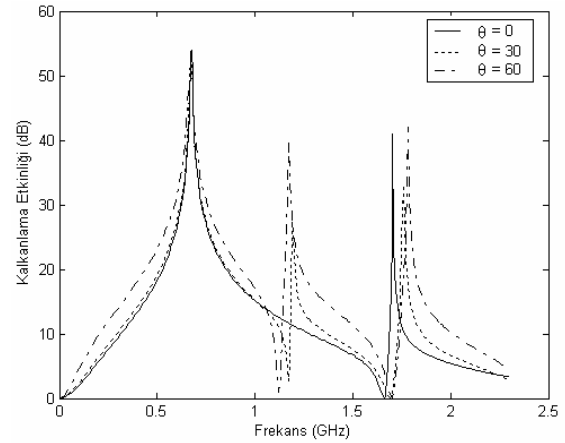
Bu yapıların simetrik olmasından dolayı, geliş açısı $\theta = 0^\circ$ alındığında TM gelen dalga için kalkanlama etkinliği TE gelene dalgayla aynı olur (Şekil 3-4).

Dairesel halka ve kare halka yapı için, rezonans frekansları boşlukta aynı değerde olmasına rağmen dielektrik sabiti artırıldığında dairesel halkanın rezonans frekansı kare halkaya göre daha fazla düşmektedir. Burada dielektrik yükün dairesel halkayı daha fazla etkilendiği anlaşılmaktadır.

Şekil 6-9'da kare ve dairesel halka FSY yapıların, $\epsilon_r = 5$ için, farklı geliş açılarda, TE ve TM gelen dalgada kalkanlama etkinlikleri görülmektedir.

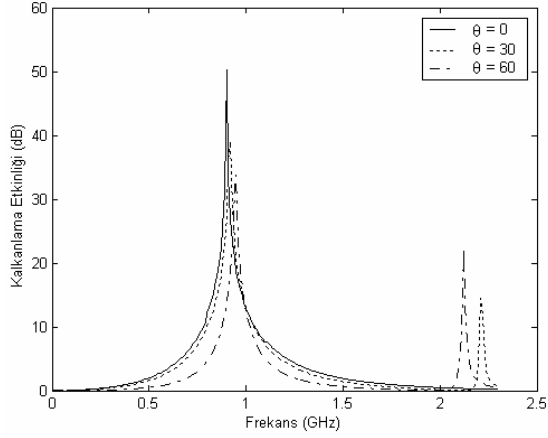


Şekil 6. TE gelen dalga için kare halka FSY yapının farklı geliş açılarda kalkanlama etkinliği, $\epsilon_r = 5$

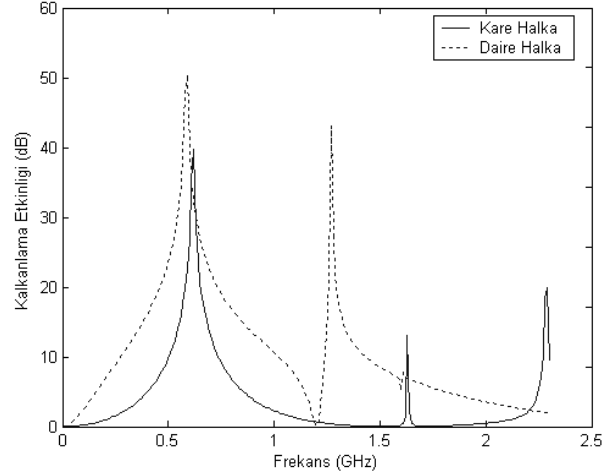


Şekil 7. TE gelen dalga için dairesel halka FSY yapının farklı geliş açılarda kalkanlama etkinliği $\epsilon_r = 5$

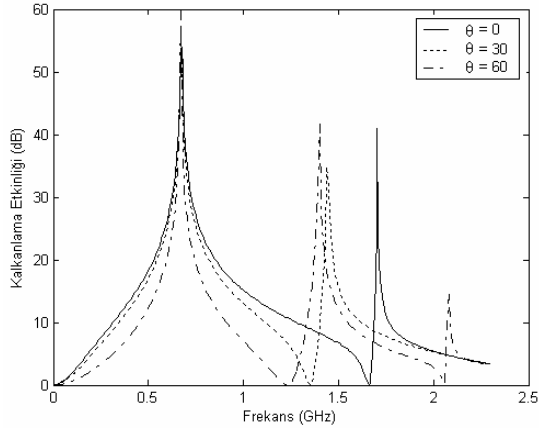
Grafiklerde de görüldüğü gibi geliş açısının arttırılmasıyla yeni rezonanslar oluşmaktadır. Geliş açısının değiştirilmesiyle kafesin elektriksel boyutu değişmekte ve bundan dolayı istenmeyen frekanslarda grating lob'lar oluşmaktadır [2].



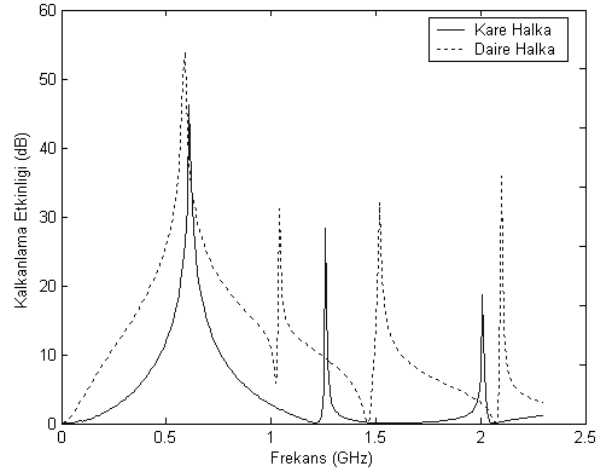
Şekil 8. TM gelen dalga için kare halka FSY yapının farklı geliş açılarında kalkanlama etkinliği, $\epsilon_r = 5$



Şekil 11. TM gelen dalganın için Kare ve dairesel halka FSY yapının kalkanlama etkinliği, $\epsilon_r = 7$, $\theta = 30^\circ$

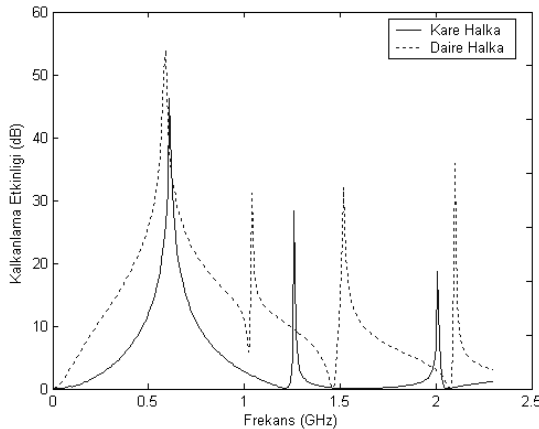


Şekil 9. TM gelen dalga için dairesel halka FSY yapının farklı geliş açılarında kalkanlama etkinliği, $\epsilon_r = 5$

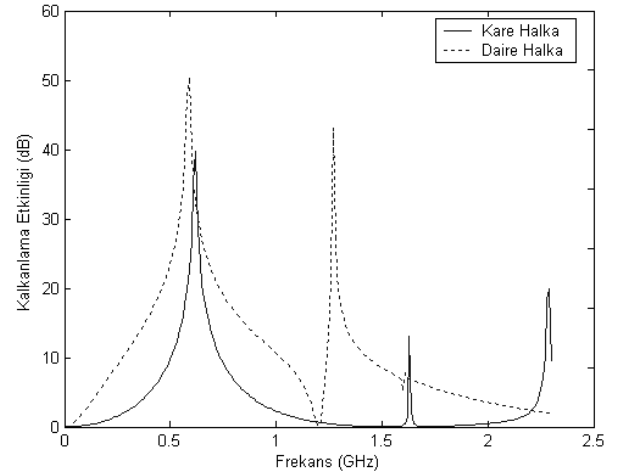


Şekil 12. TE gelen dalganın için kare ve dairesel halka FSY yapının kalkanlama etkinliği, $\epsilon_r = 7$, $\theta = 60^\circ$

Şekil 10-13'te kare ve dairesel halkanın $\epsilon_r = 7$ alındığında, geliş açısı $\theta = 30^\circ$, $\theta = 60^\circ$ değerleri için, kalkanlama etkinliklerinin karşılaştırılması gösterilmektedir.



Şekil 10. TE gelen dalganın için Kare ve dairesel halka FSY yapının kalkanlama etkinliği, $\epsilon_r = 7$, $\theta = 30^\circ$



Şekil 13. TM gelen dalganın için kare ve dairesel halka FSY yapının kalkanlama etkinliği, $\epsilon_r = 7$, $\theta = 60^\circ$

Elde edilen grafiklerden de görüldüğü gibi, dielektrik sabiti artırıldığında, rezonans frekansı düşmekte kalkanlama etkinliği artmaktadır. Bant genişliği ise daralmaktadır. Yüksek dielektrik sabitine sahip yapılar kullanıldığında daha etkili kalkanlama etkinliğine sahip FSY yapı oluşturulmaktadır.

Farklı ϵ_r değerlerine göre, kare halka ve dairesel halka FSY yapılar için alınan sonuçlar incelendiğinde; dairesel halka, kare halkaya oranla daha geniş banda sahip olduğu, fakat kalkanlama etkinliğinin biraz daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, dairesel halka FSY yapıdaki rezonans frekansı, kare halka FSY yapıya göre dielektrik sabiti değişiminden daha fazla etkilendiği görülmektedir.

Geliş açısının artırılmasıyla TE gelen dalga için kalkanlama etkinliği ilk rezonans frekansı bant genişliği artmakta, TM gelen dalga için rezonans frekansı bant genişliği azalmaktadır. Oluşan diğer rezonanslarda ise bant genişliği ve kalkanlama etkinliği açıyla artmaktadır. Ayrıca geliş açısının artırılması, TE gelen dalga için, dairesel halkada, kare halkaya göre istenmeyen rezonanslar daha fazla oluştururken, TM gelen dalga için, kare halka yapıda istenmeyen rezonanslar daha fazla oluşmaktadır.

Bu çalışmada anlaşılıyor ki, TE ve TM dalgalar için kalkanlama etkinliği ve bant genişliği geliş açısına karşı duyarlıdır. Yani, kalkanlama etkinliği ve bant genişliği geliş açısı ile değişmektedir. Ancak, geliş açısının TE ve TM dalgalar üzerindeki etkisi tamamen zıttır. TE ve TM bileşenlere sahip rasgele bir dalga için veya dairesel polarize olmuş bir dalga için geliş açısının kalkanlama etkinliği üzerindeki etkisi TE ve TM dalgaya oranla daha az olacaktır.

Genel olarak, kalkanlama etkinliği zayıflatma düzeyleri bakımından sınıflandırıldığında: 0-10 dB arasında çok düşük, 10-30 dB arasında etkili bir kalkanlama için en düşük aralık, 30-60 dB arasında ortalama, 60-90 dB arasında iyi ve kalkanlama etkinliğinin 90 dB'nin üzerinde olanlar için çok iyi olarak adlandırılmaktadır [10]. Bu çalışmada incelenen kare halka ve dairesel halka FSY yapılar standartlara göre normal ve normalin üstünde bir etki vermektedir.

KAYNAKLAR

[1]. Qing, A., Lee, C. K., An Improved Model For Full Wave Analysis Of Multilayered Frequency Selective Surface With Gridded Square Element. PROGRESS IN ELECTROMAGNETICS RESEARCH, PIER 30, 285–303, 2001.

[2] Wu, T.K., Frequency Selective Surface and Grid Array. ISBN 0-471-311-8, John Wiley & Sons Inc. 1995.

[3] Wu, T.K., Four-Band Frequency Selective Surface With Double Square Loop Patch Elements. IEEE TRANSECTIONS ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol.42, No.12, pp.1659-1662, 1994.

[4] ZIMMERMAN, M.I., LEE, S.W. Ve FUJIKAWA, G., Analysis of Reflector Antenna System Including Frequency Selective Surfaces. IEEE TRANSECTIONS ANTENNAS AND PROPAGATION, vol.40, no.10, pp.1264-1266, 1992..

[5] Rahmat-Samii, Y. Ve Tulintseff, A.N., Diffraction Analysis Of Frequency Selective Reflector Antennas. IEEE TRANSECTIONS ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol.41, No.4, pp.476-487, 1993.

[6] Hirai, J. ve Yokota, I., Electro-Magnetic Shielding Glass Of Frequency Selective Surfaces. PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY, 17-21, pp. 314-316, 1999.

[7] Widenberg, B. ve Rodriguez, J.V.R., Design of Energy Saving Windows with High Transmission at 900 MHz and 1800 MHz, TECHNICAL REPORT LUTEDX/(TEAT-7110)/1-14, Lund Institute of Technology, Sweden, 2002.

[8] Chan, C.H., Ve Mittra, R., On The Analysis of Frequency Surfaces Using Subdomain basis Function. IEEE TRANSECTIONS ANTENNAS AND PROPAGATION, vol.38, no.1, pp.40-50., 1990.

[9] Sarto, F., Sarto, M.S., Larciprete, M.C., ve Sibilio, C., Transparent Films For Electromagnetic Shielding of plastics, Rev. Adv. Mater. Sci., 5, pp.329-336, 2003.

[10] Anonymous, How do you measure the shielding effectiveness?. <http://www.em-coatings.com/services/emi/basics.htm>, 1999.