



Frekans Seçici Yüzey Analizi Yöntemiyle Gerçekleştirilmiş 1.35 GHz Frekanslı Bant Durduran Süzgeç Tasarımı

Mehmet DUMAN

Düzce Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Düzce
mehmetduman@duzce.edu.tr ORCID: 0000-0002-0831-0172, Tel: 0380 5421133

Geliş: 08.10.2018, Revizyon: 12.03.2018, Kabul Tarihi: 21.12.2018

Öz

Elektromanyetik cihazların ve geliştirilen diğer elektronik aygıtların bilişim ve elektronik sektöründe son yıllarda sağladığı kolaylık ile birlikte insan sağlığına olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Bu çalışmada, elektriksel sistemlerden kaynaklanan istenmeyen etkileri, seçilen frekans aralıklarında engellemek veya azaltmak için frekans seçici yüzey analizi yardımıyla oluşturulan bant durdurucu süzgeç tasarımı anlatılmaktadır. 1.35 GHz merkez frekansında çalışan ve 44 MHz bant genişliğine sahip olan süzgeç, kompozit epoksi plakaların iç kısmında yapılan bir takım değişiklikler ile herhangi bir aktif ya da pasif devre elemanı kullanılmaksızın sadece plaka ile süzgeç işlevini gerçekleştirmektedir. Gerçekleştirilen süzgecin boyutları ayarlanarak cep telefonu, bilgisayar, modem, vb. gibi yayılım yapan ve yan etkileri bulunan cihazların, 1.35 GHz merkez frekansı civarlarında olumsuz etkilerinden kurtulmak mümkündür. Aynı şekilde, yayılım yapan elektronik cihazın, tasarlanan süzgecin bant genişliği boyunca, diğer elektronik aygıtlar ile yapacağı girişim de engellenmiş olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Bant durdurucu süzgeç; Elektromanyetik radyasyon; Frekans seçici yüzey analizi

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.468164

Giriş

Frekans seçici yüzey (FSY) tasarımları transistör gibi aktif; kapasitör, indüktör, direnç gibi pasif devre elemanı kullanmaksızın sadece metal/ametal plakalar kullanılarak gerçekleştirilen tasarımlardır (Munk, 2000). Bu sayede maliyet önemli ölçüde azalırken; süreç işlemleri de kısalmaktadır. Ayrıca diğer elektromanyetik dalgalar ile olan girişimler FSY yapıları sayesinde engellenebilmektedir (Sung, 2006).

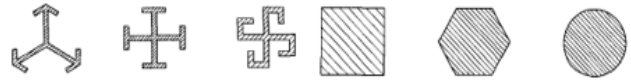
FSY tasarlanırken çoğunlukla kompozit yapıda epoksi malzemeler kullanılır, ilgili tasarımda da baskı devre benzetimi için benzer malzeme (FR4 tipi plaka) kullanılmıştır. Plakanın içi Şekil 1’de verilen formlarda veya bu formların karışımını içerecek biçimde kesilebilir. Plakanın içindeki boşluklar, Şekil 1.’deki modellerden olabileceği gibi boşluk harici kısımlar da aynı modellerden olabilir. Epoksi malzeme ve boşlukların birbirinin yerine geçmesiyle; bant geçiren süzgeç, bant durduran süzgece dönüşebilir (Wu, 1995).

Literatürde; (Mudar vd., 2009) birim hücre kullanarak 2. dereceden bant geçiren filtre cevabının elde edilmesini, (Çimen, 2012) düzlemsel çift bant tasarımını, (Bayraktar vd., 2015) kablosuz yerel alan ağı frekansları için bant durduran filtre yapısını, (Bodur vd., 2018) birim hücre metodu ile ultra geniş bantlı uygulamalar için çift katmanlı FSY yapısını, (Ünaldı vd., 2014) yüksek seçici özellikli tek katmanlı FSY yapısını, (Delihalıcıoğlu vd., 2014) U şeklindeki yapıların kullanılmasıyla bant durduran filtre elde edilmesini gerçekleştirmiştir.

İstenilen bant genişliği, merkez frekans, kazanç ve yansıma değerleri elde edilene kadar çeşitli denemeler, teorik çalışmalar (Balanis, 2013) yardımıyla elde edilen hesaplamalara göre CST Studio Suite Bilgisayar Programı’nda yapılır.

Bu çalışmada; boyutu artan çeyrek çemberlerin birleşimi ile literatürdeki yapılardan farklı olan

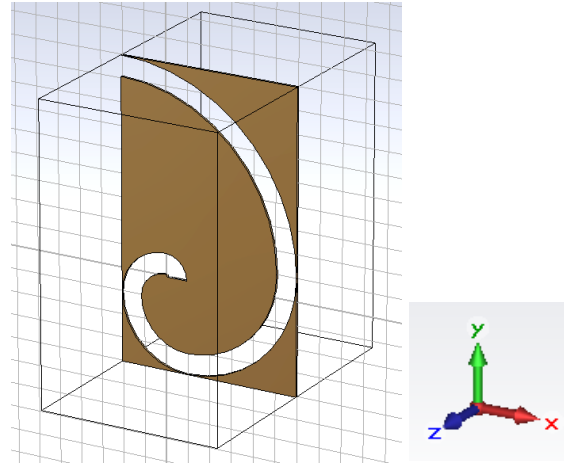
bir tasarım sunulmuş ve 1.35 GHz frekansında çalışabilecek bir bant durduran süzgeç yapısı elde edilmiştir (Duman vd., 2016).



Şekil 1. FSY Formları

Bant Durduran Süzgeç Boyutları ve Yapısı

5 adet çeyrek çemberin uç kısımlarından birbirine eklenmesi ile Şekil 2.’deki tasarım oluşturulmuştur. Bu tasarımda, çeyrek çemberler birleştirilmiş ve $80 \text{ mm} \times 130 \text{ mm}$ boyutlarında ve 1 mm kalınlığındaki epoksi malzemeden (FR4) çıkartılmıştır.



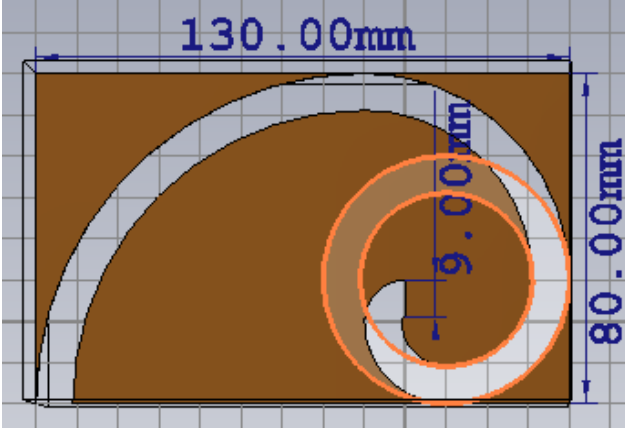
Şekil 2. Özgün Süzgeç Tasarımı

Boyutlar

FR4 içinde 9 mm genişliğinde boşluklar oluşturulmuştur. Şekil 3.’te tasarım boyutlarının daha iyi kavranması için 3. çember gösterilmiştir. Çemberin dörtte birlik kısmı, başka bir ifadeyle, boşluklar ile çakışan kısmı FR4’ten kesilmiştir. Aynı işlem Tablo 1’de boyutları verilen diğer 4 çember için de gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. FSY Tasarımındaki Çemberlerin Boyutları

| | İç Yarıçap [mm] | Dış Yarıçap [mm] |
|------------------|-----------------|------------------|
| 1. Çeyrek Çember | 1 | 10 |
| 2. Çeyrek Çember | 11 | 20 |
| 3. Çeyrek Çember | 21 | 30 |
| 4. Çeyrek Çember | 41 | 50 |
| 5. Çeyrek Çember | 71 | 80 |

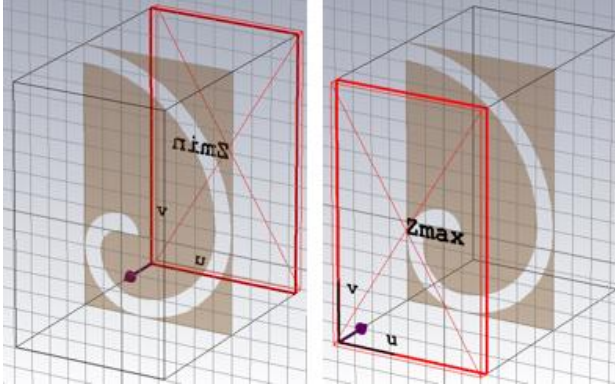


Şekil 3. Süzgeçteki Boyutlar

Bant durduran süzgeç tasarlamak için keskin bir merkez frekans olması tavsiye edilir. Yeteri kadar bant genişliği elde edilmeli ve istenen frekans aralığı yakalanmalıdır.

İç yarıçap ve dış yarıçap arasındaki 9 mm genişlik ve plaka kalınlığı (1 mm) istenilen çıktılara göre düzenlenmiş ve son halini almıştır.

Yapı



Şekil 4. Zmin ve Zmax Portları

Benzetimler bilgisayar ortamında CST Studio Suite Programı kullanılarak oluşturulmuştur. Malzeme olarak ideal plaka düşüncesiyle

“Copper (optical)” seçilmiştir. Zmin ve Zmax portlarının referans noktasına göre yerleşim yerleri Şekil 4.’te verilmiştir.

Benzetim Sonuçları

Tasarımın benzetimleri frekans ekseninde yapılmıştır. İlgili boyut ve yapılar hazırlandıktan sonra 700 MHz ile 1700 MHz arasında S Parametreleri için grafikler elde edilmiştir. Alınan grafiklerde dB ekseninde genliği en çok düşüren frekans değeri 1355 MHz değeri olarak ölçülmüştür.

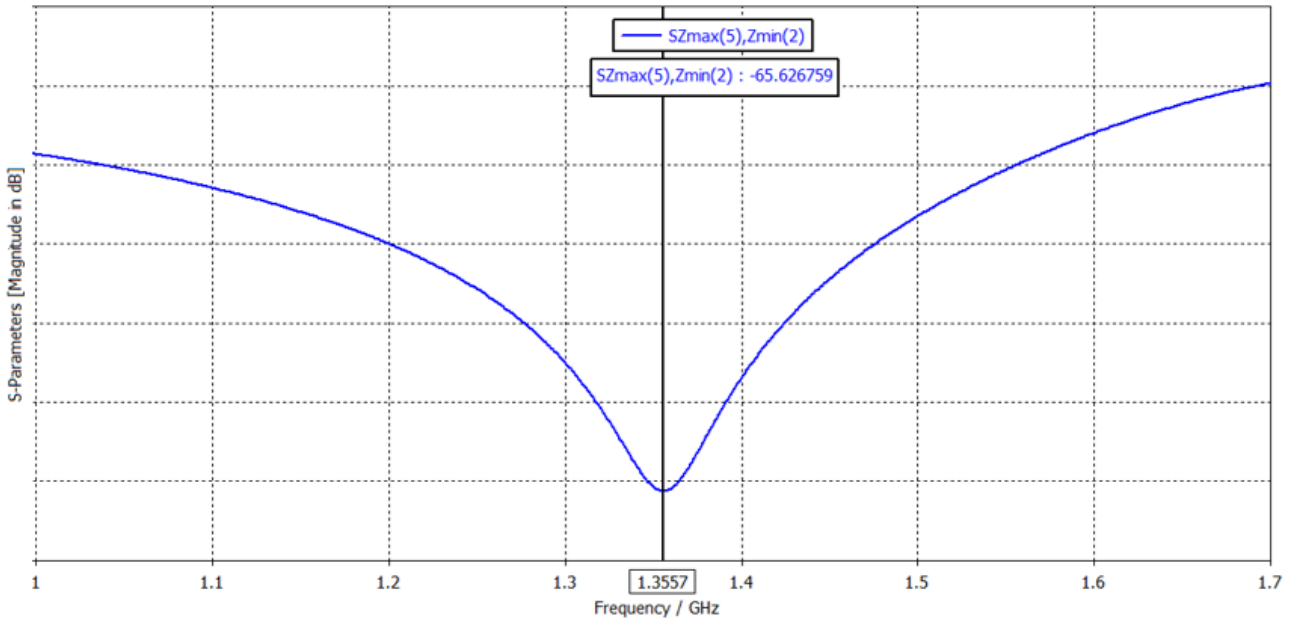
Merkez frekans değeri hesaplanırken 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz ve 2600 MHz frekans değerlerine gelmemesine telefon şirketlerinin kullandığı özel frekans değerleri olduğu için dikkat edilmiştir.

Amaç sadece 2600 MHz ile iletişim kurmak ise FSY analizi bu isteğe göre şekil alabilir. Sadece 4.5 G üzerinden iletişim kurulmak istenirse diğer frekanslar donanımsal olarak bloke edilir ve istenmeyen frekanslarda elektromanyetik dalganın yayılımı olmayacağı için telefon bataryasında da önemli ölçüde tasarruf sağlanacaktır.

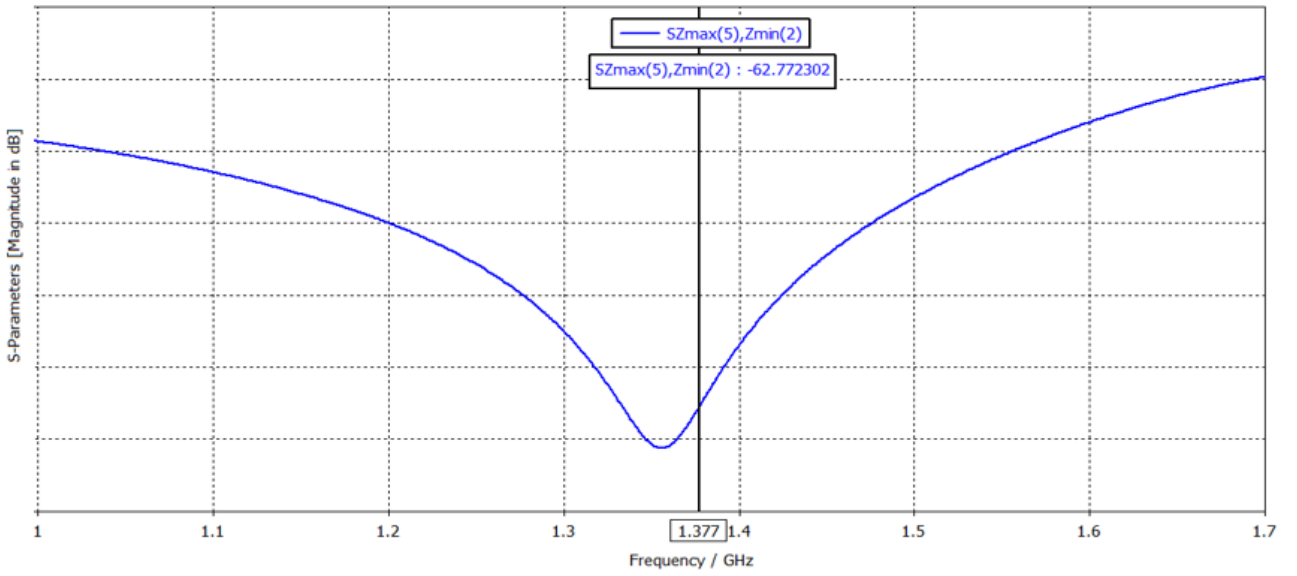
Şekil 5.’te S parametrelerinden $[SZ_{max}, Z_{min}] (S_{21})$ değeri grafik üzerinde gösterilmiştir.

1355.7 MHz olan merkez frekans değerinin 3 dB yükseldiği frekans değeri 1377 MHz değeri olarak ölçülmüş ve Şekil 6.’da gösterilmiştir. Bant genişliği hesabı bu 3 dB’lik yükseliş sayesinde yapılır.

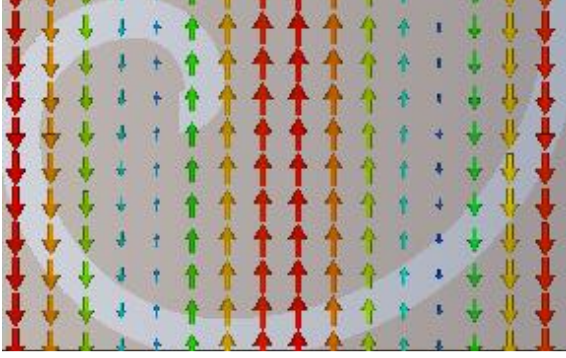
Elektrik alan ve manyetik alan dağılımının gösterimleri Şekil 7. ve Şekil 8.’de verilmiştir.



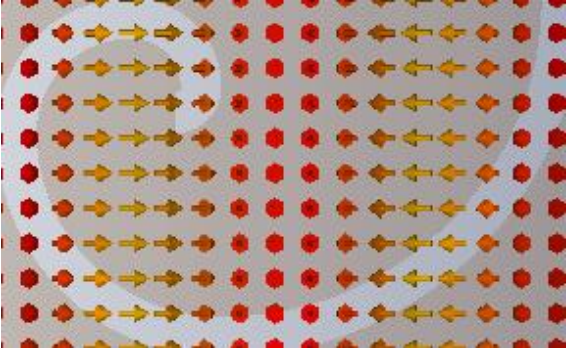
Şekil 5. S_{21} ve Merkez Frekans Grafiği



Şekil 6. Bant Genişliği Grafiği



Şekil 7. Elektrik Alan Dağılımı Gösterimi



Şekil 8. Manyetik Alan Dağılımı Gösterimi

Sonuçlar ve Tartışma

Mühendisliğin temel görevlerinden biri maliyeti düşürmektir. Bu çalışmada, az maliyetli bir bant durdurucu tasarımını aktarılmıştır. Sadece $80 \text{ mm} \times 130 \text{ mm}$ boyutlarında kompozit epoksi plaka ve bu plaka üzerinde gerçekleştirilen bir takım geometrik değişikliklerden sonra 1355.7 MHz merkez frekansında ve 44 MHz bant genişliğinde akıllı sistemlerde ve elektronik cihazlarda cihazlarda

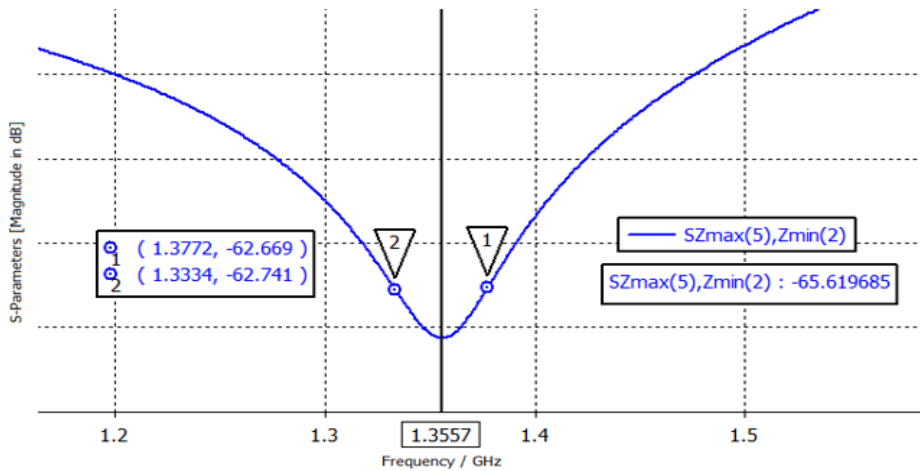
kullanılabilecek bir bant durdurucu süzgeç tasarımı yapılmıştır.

Plakada bulunan şekillerin değiştirilmesiyle istenilen frekanslarda çalışma sağlanabilir. Süzgeç sayesinde istenmeyen frekanslardaki dalga yayılmaları iki yönde de azaltılabilir ya da durdurulabilir. İlgili tasarımda, S_{21} değeri çalışma frekansında -65.6 dB değerlerine kadar gelmektedir. Şekil 9.'da grafiksel olarak detaylı bir gösterim verilmiştir.

Akıllı cep telefonlarındaki yasa dışı dinleme durumları da benzeri tasarımlar yardımıyla engellenebilir. Değişken merkez frekanslı bir tasarım sayesinde 1800 MHz 'de iletişim sağlanabiliyorken 2100 MHz 'e atlama olduğunda verici istasyon ile bağlantı hızlı bir şekilde kurulurken; dinleme yapan cihazın çalışma frekansını bulması vakit alabilecektir.

Koaksiyel kablodan dalga kılavuzuna dönüştürücü gibi ara elemanlar sayesinde aktif devrelere bağlantısı yapılabilen yeni tasarımlar ile bant durdurucu süzgecin kullanım alanları artmış olacaktır.

Tasarımın tümleyeni alınarak, epoksi plaka olan kısımlar boşluk, boşluk olan kısımlar epoksi plaka olduğunda; bant durdurucu süzgeç yerine bant geçiren süzgeç gibi davranacak olan yeni süzgeç, elektromanyetik anabilim dalının birçok yerinde kullanılabilecektir.



Şekil 9. Çalışma Frekansları

Tasarlanan bant durduran süzgeç, RF güç kuvvetlendirici devrelerde, mikroşerit anten tasarımlarında, dalga kılavuzu yapılarında, düşük güçlü güç kuvvetlendirici, osilatör, mikser gibi aktif sistemlerde kullanım alanı bulabilecektir.

Bilgi ve Teşekkür

Bu çalışmanın ilk hali daha önceden 29 Eylül – 1 Ekim 2016 tarihleri arasında Düzce Üniversitesi'nde gerçekleştirilen Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları (ASYU) Konferansı'nda sözlü olarak sunulmuş ve tam metin olarak bildiri kitabında basılmıştır.

Yazar, desteklerinden dolayı Düzce Üniversitesi'ne, Kocaeli Üniversitesi'ne ve TÜBİTAK-BİDEB'e teşekkür eder.

Kaynaklar

- Balanis, C. A., (2013), "Anten Teorisi Analiz ve Tasarım", 3. Baskı Nobel Yayınları, Wiley.
- Bayraktar, İ. M., Akçam, N., Yardım, F. E., (2015), "WLAN Kanalları İçin Bant Durduran Frekans Seçici Yüzey Tasarımı", International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES), Valensiya, İspanya.
- Bodur, H., Çimen, S., (2018), "Ultra Geniş Bant Uygulamalar için Çift Katmanlı FSU Tasarımı", International Multidisciplinary Congress of Eurasia (IMCOFE), Barselona, İspanya.
- Cheng, D.K., "Field and Wave Electromagnetics", 2nd Edition, Syracuse University, Addison-Wesley Publishing Company.
- Cripps, S.C., (1999), "RF Power Amplifiers for Wireless Communications", Artech House, Boston.
- Çimen, S., (2012), "Design of Planar Dual Band Frequency Selective Surface", 12. Uluslararası Akdeniz Mikrodalga Sempozyumu.
- Delihacıoğlu, K., vd., (2014), "U-Şekilli Frekans Seçici Yüzeylerle Band Durduran Filtre Tasarımı", Uluslararası Radyo Bilimleri Birliği (URSI) VII. Bilimsel Kongresi, Elazığ, Türkiye.
- Duman, M., (2016), "Designing metal band pass filter plate with the Golden Ratio Rule and effect of Golden Ratio Rule to the filter", 24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU), Zonguldak, Turkey.
- Duman, M., Güney Duman, M., Güney, T., (2016), "Akıllı Sistemler için Frekans Seçici Yüzey

- Analizi ile Oluşturulmuş Bant Durduran Filtre Tasarımı", Akıllı Sistemlerde Yenilikler Ve Uygulamaları ASYU Konferansı, Düzce, Türkiye.
- Mudar, A.J., Nader B., (2009), "A New Technique for Design of Low-Profile, Second-Order, Bandpass Frequency Selective Surfaces", IEEE Transactions on Antennas And Propagation, Vol. 57, No. 2, February.
- Munk, B. A., (2000), "Frequency Selective Surfaces: Theory and Design", Wiley, New York.
- Pozar, D. M., (1998), "Microwave Engineering", John Wiley&Sons, Inc..
- Sung, H.H., (2006), "Frequency selective wallpaper for mitigating indoor wireless interference" PhD Thesis, The University of Auckland.
- Ünalı, S., Çakır, G., Çimen, S., Ayten, U. E., (2014), "İnce Tabakalı Dar-Dual Bant Frekans Seçici Yüzey Tasarımı", Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu (ELECO), Bursa, Türkiye.
- Wu T.K., (1995), "Frequency Selective Surface and Grid Array," Wiley, New York.

Band Stop Filter Design at 1.35 GHz Frequency with Frequency Selective Surface Analysis

Extended abstract

Electromagnetic devices and other developed electronic devices in the information technology and electronics sector have increased in recent years, but these devices have a negative impact on human health.

In this study, the band stop filter design which is generated by frequency selective surface (FSS) analysis to prevent or reduce the unwanted effects caused by electrical systems in selected frequency ranges is explained.

The filter, which operates at 1.35 GHz central frequency and has a bandwidth of 44 MHz, has been formed by a number of modifications made in the interior of the composite epoxy plates. No active or passive circuit elements have been used. Only the processed epoxy plate provides the filter function. By adjusting the dimensions of the designed filter, it is possible to get rid of the negative effects of the devices which are spreading and have side effects such as mobile phones, computers, modems, etc. around the 1.35 GHz central frequency.

Likewise, the interference of the electronic device with the other electronic devices along the bandwidth of the designed screen will also be prevented.

While the design was made, circles with 5 different diameters were used. The quarter of each circle was taken and added to the tip. The formed shape was removed from the epoxy plate. By varying the thickness of the epoxy plate, the diameters of the circles and the forms of merge, etc., different center frequencies and band widths can be obtained. In designs made with the CST Program, band pass filter can be obtained if epoxy plate and cavities complements are taken.

When calculating the central frequency, attention was paid to the frequency values of 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz and 2600 MHz, since these specific frequency values were used by telephone companies. On the other hand, if only 2600 MHz frequency is desired to be communicated, the FSS analysis can be arranged according to this request. If

only 4.5 G communication is desired, other frequencies are blocked in hardware.

Since there is no electromagnetic wave propagation at unwanted frequencies, significant savings will be achieved in the phone battery.

One of the main tasks of engineering is to reduce costs. In this study, a low-cost band stop filter design is described. This filter can be used in smart systems and electronic devices.

Illegal listening situations in smart mobile phones can also be eliminated with similar designs. Thanks to a variable center frequency design, while communicating at 1800 MHz, the connection to the transmitter station is quickly established when jumping to 2100 MHz; it may take time for the listening device to find the operating frequency.

Through the use of intermediate elements such as converters from coaxial cable to waveguide, new designs that can be connected to active circuits will increase the usage areas of the band stopper filter.

If the usage areas are increased, the effect of electromagnetic waves which have a negative effect on human health decreases, this study will be successful.

Keywords: *Band stop filter; Electromagnetic radiation; Frequency selective surface analysis*