

L-Bant Uygulamaları için Geniş Sönümlendirme Bantlı Taban İletkeni Kusurlu Mikroşerit Alçak Geçiren Filtre Tasarımı

Galip Orkun Arıcan

ASELSAN A.Ş.

Haberleşme ve Bilgi Teknolojileri Sektör Başkanlığı

Ankara

goarican@aselsan.com.tr

Özet: Bu çalışmada taban iletkeni kusurlu yeni minyatür bir alçak geçiren filtre tasarımı hedeflenmiştir. İlk önce Butterworth tipinde 3 GHz kesim frekansına sahip ideal devre elemanları kullanılarak klasik bir filtre tasarımı gerçekleştirilmiş ve sonrasında ise bu tasarımın tepkilerine uyumlu olacak şekilde Rogers4003C alttaş kullanılarak taban iletkeni kusurlu yeni tip eşlenik bir alçak geçiren filtre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Önerilen alçak geçiren filtre tasarımının elektromanyetik benzetimleri ADS Momentum yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen benzetim sonuçlarına göre önerilen taban iletkeni kusurlu alçak geçiren filtrenin geri yansıma kaybının -25 dB'den iyi olduğu ve filtre bastırma seviyesinin 8-18 GHz frekans aralığında -20 dB'den iyi olduğu görülmüştür.

Abstract: In this study, a novel low-pass filter design with defected ground structures is aimed. Firstly, a classical filter design is implemented with using ideal circuit elements in Butterworth type with a cutoff frequency of 3 GHz. After that, the low-pass filter design with defected ground structure is achieved with Rogers4003C substrate with respect to the conventional filter design. The electromagnetic simulations is achieved with utilizing ADS Momentum software. In the simulation results, the proposed low pass filter design is achieved a return loss less than -25 dB and the suppression level better than -20 dB in the 8-18 GHz frequency range.

1. Giriş

Son yıllardaki gelişen teknoloji ile birlikte minyatüre edilmiş, düşük maliyetli, yüksek performanslı ve geniş harmonik sönümlendirme frekans bandına sahip alçak geçiren filtreler kablosuz haberleşme, uydu haberleşmesi, GSM ve birçok RF/mikrodalga uygulama alanında önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir [1]. RF/mikrodalga devrelerde ve sistemlerde alçak geçiren filtreler harmoniklerin sönümlenmesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Klasik alçak geçiren devre tasarımları daha çok kapasitör, bobin, mikroşerit hatlar gibi devre elemanları kullanılarak tasarlanmaktadır [2]. Tasarımda her bir devre elemanı kademeli olarak kesim frekansının ve bastırma seviyesinin iyileşmesinde etkiye sahiptir. Bundan dolayı filtre karakteristiğini ve harmonik sönümlendirme seviyesini iyileştirmek için tasarlanan filtrenin derecesinin artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır [3]. Bunun neticesinde filtrenin bastırma seviyesi iyileşirken boyutu artmakta ve kaybı yükselmektedir. Klasik filtre tasarımına ek olarak, mikroşerit filtre tasarımında taban iletkeni kusurlu yapı (defected ground structure – DGS) yöntemi kullanılmaktadır [4]. DGS yöntemi temel olarak basit bir eşlenik devre modeli mevcuttur ve bu eşlenik devre modeli geniş sönümlendirme bant genişliğine sahip alçak geçiren filtre özelliği sergilemektedir. DGS yönteminde taban iletkeninde açılan bir kusur, toprak yüzeyindeki akım dağılımını değiştirerek paralel bir LC eşlenik devre modeli karakteristiği sergilemeye başlamaktadır. Taban iletkenine açılan kusur mikroşerit hattın etkin kapasitans ve indüktans değerlerini artırarak filtrelerin ve mikrodalga devrelerin parazitik tepkilerini harmonikleri bastırarak iyileştirmektedir.

Bu çalışmada, kesim frekansı 3 GHz ve geri yansıma kayıpları -25 dB'den iyi olacak şekilde L-bant uygulamaları için basit bir alçak geçiren filtre tasarımı oluşturulmuştur. Daha sonra geliştirilen eşlenik devre modeline uygun olarak EM simülatör yardımıyla taban iletkeni kusurlu mikroşerit eşlenik devre tasarımı yapılmıştır. Taban iletkeni kusurlu alçak geçiren filtrenin sönümlendirme bant seviyesini ve genişliğini iyileştirmek amacıyla optimizasyonlar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen elektromanyetik benzetim sonuçlarına göre taban iletkeni kusurlu alçak geçiren filtre tasarımıyla eşlenik devre modeli tasarımının S-parametreleri, 25 GHz'e kadar birbirleriyle uyumludur.

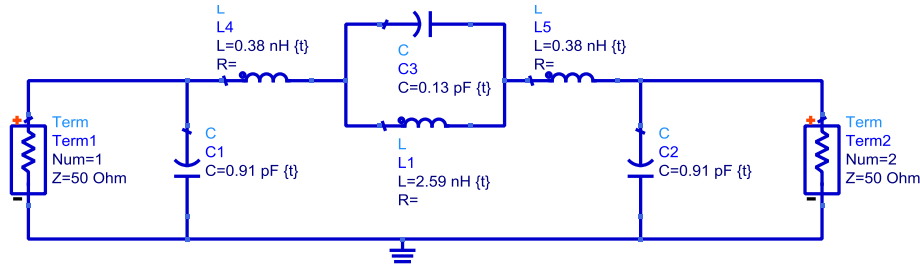
2. Alçak Geçiren Filtre Devre Modeli Tasarımı

L-bant uygulamaları için 3 GHz kesim frekansına ve geniş harmonik sönümlendirme bant genişliğine sahip Butterworth tipinde 3. dereceden bir devre modeli tasarımı gerçekleştirilmiştir. Filtre tasarımında temel olarak kapasitör-indüktör-kapasitör (CLC) devre tasarım topolojisi kullanılmıştır ve ideal devre tasarımının mikroşerite uyarlanmış halinde gelecek induktif ve kapasitif etkiler modele yansıtılmıştır. Devre modelinde taban iletkeninde açılan kusur Şekil 1’de gösterildiği üzere paralel kapasitör ve indüktör (LC) devresi ile ifade edilmiştir. Filtre tasarımında devre elemanlarının değerleri şu şekilde hesaplanmıştır:

$$C = \frac{\omega_0}{2Z_0(\omega_0^2 - \omega_c^2)} \quad (1)$$

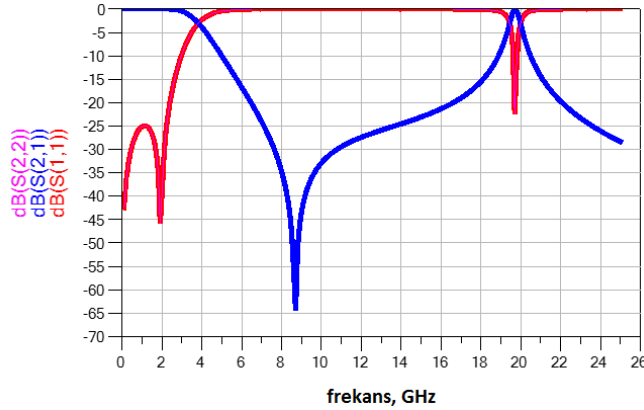
$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C} \quad (2)$$

Burada $\omega_0 (=2\pi f_0)$ ve $\omega_c (=2\pi f_c)$ sırasıyla açısal rezonans ve 3-dB kesim frekans değerlerini ifade etmektedir. Buna göre karakteristik empedans (Z_0) değerinin 50 Ω olduğu durum için paralel LC devresindeki indüktör ve kapasitör değerleri sırasıyla 0,13 pF ve 2,59 nH olarak hesaplanmıştır. Tasarımda şönt kapasitör değerleri ve seri indüktör değerleri birbirlerine eşit olacak şekilde tutularak en iyi filtre karakteristiği elde edilecek şekilde optimize edilmiştir. Gerçekleştirilen optimizasyonlar sonucunda şönt kapasitör değerleri 0,91 pF ve seri indüktör değerleri ise 0,38 nH olarak elde edilmiştir.



Şekil 1. Alçak geçiren filtre şematik tasarımı.

Tasarlanan eşlenik filtre modelinin S-parametresi benzetimleri Advanced Design System (ADS) yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen S-parametresi benzetim sonucuna göre kutbu 8,7 GHz frekansında olan, 3,8 GHz 3-dB kesim frekansına ve 2 GHz’ e kadar -25 dB’ den iyi geri yansıma kaybına sahip alçak geçiren filtre karakteristiği elde edilmiştir. Şekil 2’ de alçak geçiren filtre modeli S-parametresi benzetim sonucu görülmektedir.

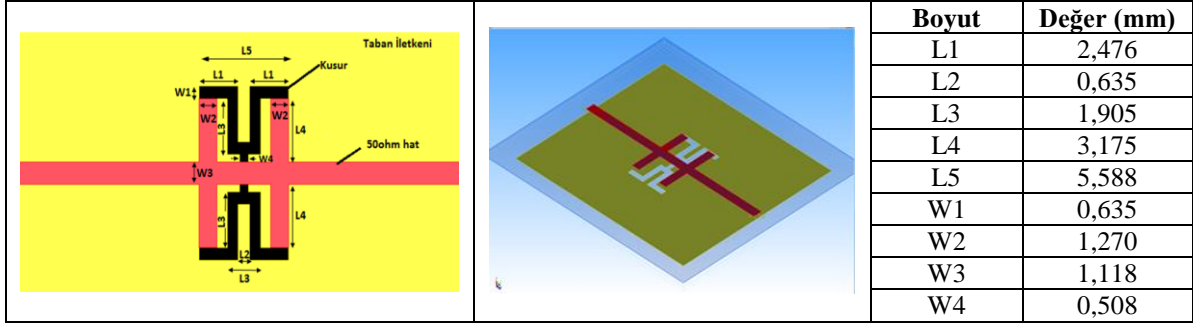


Şekil 2. Alçak geçiren filtre şematik tasarımı S-parametresi benzetim sonucu.

3. Taban İletkeni Kusurlu Alçak Geçiren Filtre Tasarımı

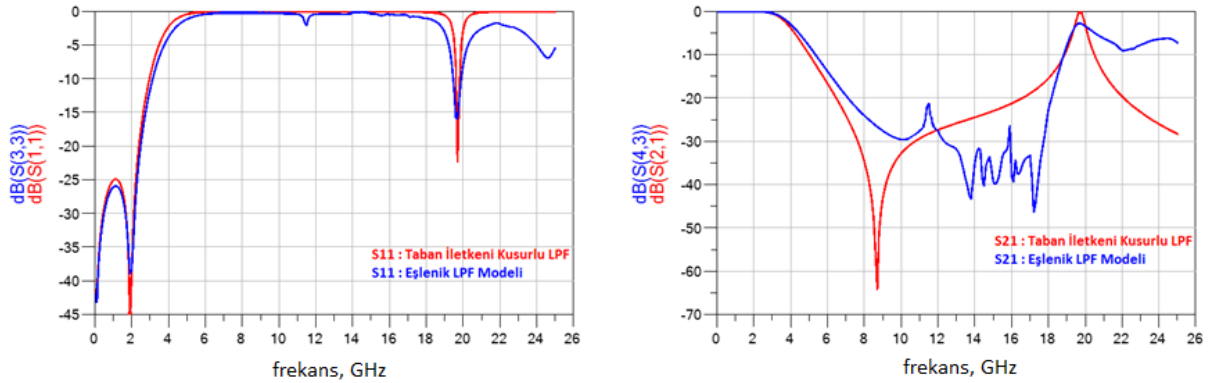
İdeal devre elemanları kullanılarak gerçekleştirilen filtre tasarımına uygun olarak 0,508 mm yüksekliğinde, 18 μm bakır kalınlığına sahip ve 3,38 dielektrik sabitli Rogers 4003C alttaş kullanılarak mikroşerit filtre tasarımı yapılmıştır. Eşlenik devre modelinde kullanılan şönt kapasitörler açık devre iletim hatlarıyla ve paralel LC devresi ise iletim hattı ve taban iletkenine açılan kusurlar ile tasarlanmıştır. Buna göre tasarlanan taban iletkeni kusurlu

filtre yapısının boyut 5,6 mm x 8,8 mm olarak elde edilmiştir. Filtrenin giriş ve çıkışına ayrıca üretilme durumunda konektör montajı yapabilmek amacıyla 50 Ω iletim hatları eklenmiştir. Şekil 3'te taban iletkeni kusurlu alçak geçiren filtrenin 2 ve 3 boyutlu serimi ile boyut bilgileri görülmektedir.



Şekil 3. Taban iletkeni kusurlu alçak geçiren filtrenin 2 ve 3 boyutlu serimi ile boyut bilgileri.

Taban iletkeni kusurlu alçak geçiren filtrenin elektromanyetik benzetimleri ADS Momentum yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen S-parametresi benzetim sonuçlarına göre geri yansıma kaybının 2GHz'ye kadar -25 dB seviyesinden düşük olduğu ve 8-18 GHz frekans bant aralığında -20 dB'den iyi bir sönümlendirme seviyesi elde edildiği görülmüştür. Eşlenik devre modeli ile yapılan benzetim sonucu karşılaştırmasına göre 25 GHz frekans değerine kadar taban iletkeni kusurlu filtre tasarımıyla eşlenik modelinin oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Şekil 4'te taban iletkeni kusurlu alçak geçiren filtre ve eşlenik modelin S-parametresi benzetim sonuçları görülmektedir.



Şekil 4. Taban iletkeni kusurlu alçak geçiren filtre ve eşlenik modeli S-parametresi benzetim sonuçları.

4. Sonuç

Bu çalışmada, Rogers 4003C alttaşı kullanılarak L-bantta çalışan ve 3 GHz kesim frekansına sahip taban iletkeni kusurlu alçak geçiren filtre tasarım çalışmaları anlatılmıştır. Tasarımı gerçekleştirilen devre yapısının ideal elemanlarla eşlenik devre modeli oluşturulmuş ve her iki tasarımında birbiri ile 25 GHz frekansına kadar oldukça uyumlu sonuçlar verdiği benzetim sonuçlarında elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre oluşturulan devre modeli kullanılarak daha yüksek dereceli düşük maliyetli ve minyatür filtre tasarımlarının yapılabileceği görülmüştür.

Kaynaklar

- [1]. Ertay A. O., Abbak M. ve Simsek S., "An improved stopband and sharp roll off microstrip low pass filter with defected ground structures", International Journal of Microwave and Wireless Technologies., cilt.8 no.3, s.573-581, 2016.
- [2]. Guan X., Li G. ve Ma Z., "Optimized design of a low-pass filter using defected ground structures." 2005 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, Suzhou, Çin, cilt.1, ss.4 Aralık 2005.
- [3]. Balalem A., Ali A. R., Machac J. ve Omar A., "Quasi-elliptic microstrip low-pass filters using an interdigital DGS slot", IEEE Microwave and Wireless Components Letters, cilt. 17 no.8, s.586-588, 2007.
- [4]. Shaman H., Almorqi S. ve Alamoudi A., "Composite microstrip lowpass filter with ultrawide stopband and low insertion loss", Microwave and Optical Technology Letters, cilt.57 no.4, s.871-874, 2015.