

Ku Bandı Dalga Kılavuzu Filtre Tasarımı

Mustafa Pehlivan, Yavuz Aşçı*, Korkut Yeğin
Ege Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
İzmir
mustpehl@gmail.com, yegink@gmail.com

*Uşak Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Uşak
yauuz.asci@gmail.com

Özet: Yapılan çalışmada uydu yer istasyonundan gönderilen yüksek güçlü sinyalin sistemin alıcı bölümünü etkilemesini engellenmesi amacıyla alçak geçiren Ku bant dalga kılavuzu filtre tasarlanmıştır. Tasarlanan filtrenin hem mükemmel elektrik iletken (PEC) yapısında hem de PLA malzeme Gümüş ile kaplı durumdayken benzetimi gerçekleştirilmiştir. Filtre 10.7 – 12.75 GHz bandını geçirmekte iken 13.75 – 14.5 GHz bandında ise sinyali sönmülmektedir. PEC yapısında bastırma oranı 43.7 dB, geri yansıma kaybı 20 dB iken iletim kaybı ise 0.1 dB elde edilmiştir. PLA üzerine 150 µm Gümüş kaplı iken ise aynı performans parametreleri sırasıyla 47.75 dB, 20 dB ve 2.74 dB olarak gözlemlenmiştir.

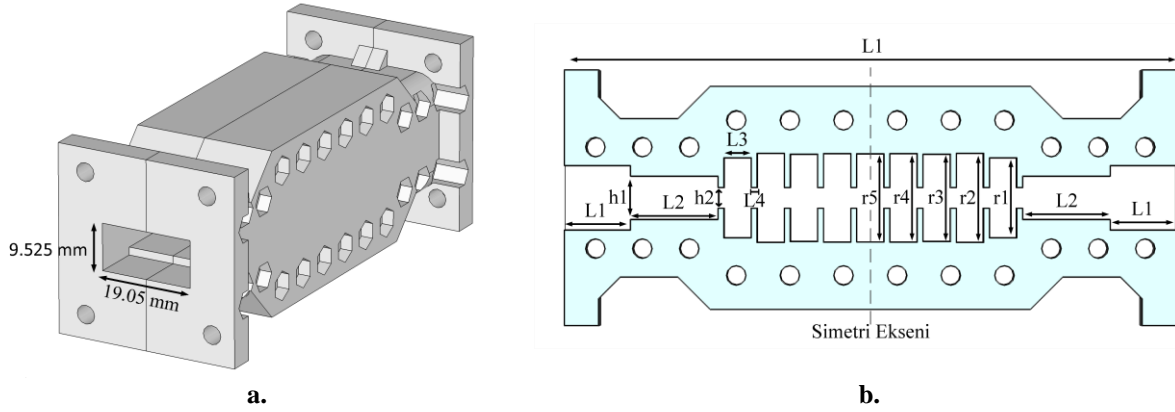
Abstract: In this study, a low pass Ku band waveguide filter was designed to protect the receiver from transmitter for satellite earth station terminals. The filter has been simulated as a fully PEC and plated with Silver on the PLA (Polylactic acid). The pass band of the filter is 10.7 – 12.75 GHz while stop band is 13.75 – 14.5 GHz. In the PEC structure, the rejection is obtained as 43.7 dB, while the reflection loss and the transmission loss were at most 20 dB and 0.1 dB respectively. For the same performance parameters, 47.75 dB, 20 dB, and 2.74 dB were observed for the 150 µm silver coated structure.

1. Giriş

Uydu haberleşme sistemlerinin yer istasyonları yüksek güce dayanım gerektirdiğinden dalga kılavuzları tercih edilmektedir. Ayrıca dalga kılavuzları düşük iletim kayplarına olanak sağlamaktadır. Alıcı ve vericinin aynı anten üzerinden konumlandığı durumda, vericiden alıcıya giden kaçak alanların alıcıyı etkilemesi ve alıcı hassasiyetini azaltması engellenmelidir. Bundan dolayı alıcı ile verici arasındaki yalıtım bant geçiren veya alçak geçiren filtre kullanılarak artırılmalıdır. Ku bant canlı yayın araçları kara istasyonlarında ise alıcı frekansı 10.7 – 12.75 GHz ve gönderici frekansı ise 13.75 – 14.5 GHz bandı aralığındadır. Dalga kılavuzu filtreler dik-mod ayrıştırıcının veya “diplexer”ın alıcı tarafına eklenerek kullanılmaktadır [1], [2].

Yüksek frekanslı pasif RF bileşenlerinin üretimi yüksek maliyet gerektirmektedir. Tasarım ile üretim arasındaki olası farklılıklar ve sorunlar maliyetin daha da artmasına sebep olmaktadır. Bu da üretimden sonraki optimizasyon sürecini zorlaştırır. Bunun için doğrudan CNC ile üretimin yapılması yerine ilk olarak 3 boyutlu yazıcı ile oluşturulan modelin iletken spreyle boyanarak tasarlanan bileşenlerin üretimi çok düşük maliyetle üretime izin vermektedir. Üretilen bileşenlerin her bir frekanstaki tepkisi nihai üretimden önce optimizasyon sürecinin daha kolay ve hızlı olmasını sağlayacaktır. Literatürde 3B yazıcı ile baskısı alınan ABS malzemenin gümüş spreyle iletkenliğinin sağlanmasıyla filtre, boynuz anten ve SMA adaptör üretiminin gerçekleştirildiği çalışmalar da yapılmıştır [3]. Plastik modelin iç yüzeyi iletken boya ile boyanarak tasarımın gerçekleştirilebileceği gibi içi tamamen veya kısmi olarak dielektrik malzeme ile dolu olan modelin dış yüzeyinin iletken ile boyanarak da RF bileşeninin üretimi gerçekleştirilebilir [4], [5]. Ayrıca belirtilen yöntemler ile çeşitli huni anten tipleri de üretilebilmektedir [6], [7]. Boyanın iletkenlik özelliklerine bağlı olarak da iletim kaybı değişiklik gösterecektir.

Bu çalışmada verici bandındaki (13.75 – 14.5 GHz) bastırma oranının 45 dB olması ve alıcı bandındaki (10.7 – 12.7 GHz) iletim kaybının 0.1 dB'nin altında olması hedeflenmiştir. Simülasyon sonuçları CST Studio Suite benzetim programı kullanılarak PEC yapı ve Gümüş kaplı PLA yapı için elde edilmiş ve karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



Şekil 1. a) Tasarlanan filtrenin 3 boyutlu 2 parça halindeki üretime hazır hali b) Filtrenin yan kesit görünümü

2. Filtre Tasarımı

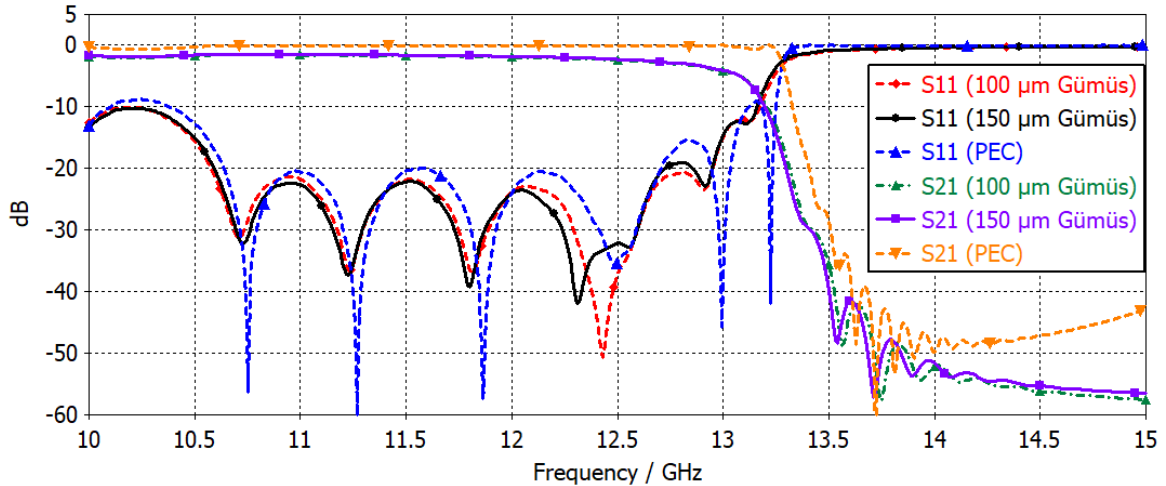
Ku band dalga kılavuzu filtre Şekil 1’de gösterildiği gibi elektrik alan doğrultusundaki iris yapılarının ayırdığı odacıklardan oluşmaktadır. Tasarımdaki her bir çıkıntı (iris) paralel kapasite özelliği göstermektedir. İki çıkıntı arasındaki L3 uzunluğundaki dalga kılavuzunun yüksekliklerine bağlı olarak hat empedansları da değişmektedir. Üretimin kolay olabilmesi için yapı iki simetrik parça halinde tasarlanmıştır ve daha sonra birleştirilmek üzere vidalama delikleri de eklenmiştir. İris yapılarının kalınlıkları 0.97 mm, aralarındaki mesafeler yayılım yönünde 3.98 mm iken elektrik alan doğrultusunda 2.97 mm olarak ayarlanmıştır. Filtredeki olukların yükseklikleri neredeyse eşittir ve optimizasyon sonucunda elde edilen diğer tüm parametrelerle birlikte Tablo 1’de verilmiştir. Filtrenin diğer Ku band dalga kılavuzu bileşenleriyle uyumlu olarak çalışması için giriş ve çıkış portlarının boyutları WR75 standardında (9.525 x 19.05 mm) ayarlanmıştır ve L2 uzunluğundaki geçiş ile uyumlu hale getirilmiştir.

Tablo 1. Filtre parametrelerinin değerleri

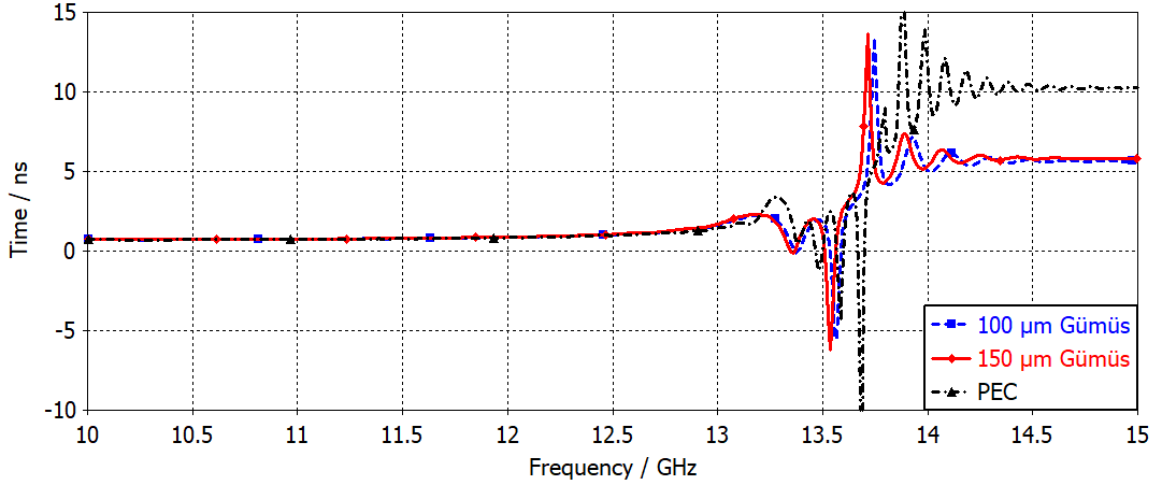
| Parametreler | Boyutlar (mm) | Parametreler | Boyutlar (mm) |
|--------------|---------------|--------------|---------------|
| L1 | 9.75 | r1 | 11.85 |
| L2 | 13.05 | r2 | 13.20 |
| L3 | 3.98 | r3 | 12.94 |
| L4 | 0.97 | r4 | 13.13 |
| h1 | 6.37 | r5 | 13.08 |
| h2 | 2.97 | | |

3. Simülasyon Sonuçları

Tasarlanan dalga kılavuzu filtrenin S-parametre ölçümleri CST Studio Suite benzetim programıyla alınmış olup, yapı tümüyle PEC ve her iki simetrik PLA parçası üzerine 0.1 mm kalınlığında elektriksel iletkenliği 100000



Şekil 2. PEC yapısı ve PLA üzerine Gümüş kaplama (100 ve 150 µm) durumları için filtre S-Parametre sonuçları



Şekil 3. PEC yapı ve PLA üzerine Gümüş kaplama (100 ve 150 µm) durumları için grup gecikmesi

S/m olan Gümüş ile kaplıyken elde edilen S11 ve S21 sonuçları Şekil 2’de verilmektedir. 10.7 – 12.75 GHz frekans bandında iletim kaybı PEC yapı için en fazla 0.1 dB iken, 100 µm Gümüş ile kaplı olduğu durumda 2.86 dB olarak elde edilmektedir. Yapı 150 µm Gümüş ile kaplandığında ise 2.74 dB iletim kaybı gözlemlenmektedir. İletken boyanın kalınlığının daha çok artırılması dalga kılavuzunun boyutlarını etkilediğinden sonuçları negatif yönde etkilemektedir. Filtrenin geri yansımaya kaybı iletim bandında PEC yapı için 20 dB’nin üzerindeyken, PLA malzeme üzerine 150 µm kalınlığındaki Gümüş ile kaplandığında ise geri yansımaya kaybı ortalama 2 dB artmaktadır.

Ku band uydu kara istasyonları gönderim bandı olan 13.75 – 14.5 GHz frekans aralığında ise güçlü sinyalin alıcıları etkilememesi için sinyal bastırma oranının yani S21 seviyesinin olabildiğince düşük olması gerekmektedir. PEC yapı belirtilen frekans bandında sinyal seviyesini minimum 42.7 dB bastırırken, Gümüş kaplı yapıda bu değer 47.75 dB olmaktadır. Filtrenin grup gecikmesi ise Şekil 3’te verilmiştir. İletim bandında grup gecikmesindeki dalgalanma PEC yapıda 0.4 ns iken, 150 µm Gümüş kaplı durumda ise 0.48 ns olduğu görülmektedir.

4. Sonuçlar ve Değerlendirme

PEC yapısında tasarlanan filtre 10.7-12.75 GHz bandında 0.1 dB iletim kaybına ve 20 dB geri yansımaya kaybına sahiptir. 13.75-14.5 GHz gönderim bandında ise 42.7 dB sinyal bastırma oranına sahiptir. PLA üzerine Gümüş kaplandığında ise en uygun sonuçlar 150 µm kalınlığı için 2.74 dB iletim kaybı ve 47.75 dB bastırma oranı ile elde edilmiştir. Kaplama durumunda filtrenin rezonanslarında yaklaşık 50 MHz kayma görülmektedir. Daha iyi iletkenliğe sahip bir malzemeyle iletim kayıpları düşürülebilir. Yine de tasarlanan filtre çok yüksek güçlü uygulamalar dışında kullanıma uygundur.

Kaynaklar

- [1] Hadjitheodosiou M., Vsat Networks. 1999.
- [2] Bilgiç M. M., ve Yeğin K., “Wideband, High-Efficiency Quasi-Planar Antenna Array for Ku-Band DBS Reception Systems,” Int. J. Microw. Wirel. Technol., cilt.8, no.2, s.221–227, 2016.
- [3] Perigaud A., Bila S., Tantot O., Delhote N., ve Verdeyme S., “3D printing of microwave passive components by different additive manufacturing technologies,” 2016 IEEE MTT-S Int. Microw. Work. Ser. Adv. Mater. Process. RF THz Appl. IMWS-AMP 2016 - Proceeding, s.1–4, 2016.
- [4] Dahle R., Laforge P., ve Kuhling J., “3-D printed customizable inserts for waveguide filter design at X-band,” IEEE Microw. Wirel. Components Lett., cilt.27, no.12, s.1080–1082, 2017.
- [5] D’Auria M. ve ark., “3-D Printed Metal-Pipe Rectangular Waveguides,” IEEE Trans. Components, Packag. Manuf. Technol., cilt.5, no.9, s.1339–1349, 2015.
- [6] Asci Y., ve Yegin K., “Three-dimensional printed wideband, dual-cavity Ku-band antenna,” Int. J. RF Microw. Comput. Eng., cilt.30, no.4, s.1–7, 2020.
- [7] Asci Y., ve Yegin K., “Additively manufactured trapezoidal grooves for wideband and high gain Ku-band antenna,” Int. J. RF Microw. Comput. Eng., cilt.30, no.3, s. 1–9, 2020.
- [8] Asci Y., ve Yegin K., “Additively Manufactured High Gain Cavity Backed Ku-Band Slot Antenna,” AEU-International Journal of Electronics and Communications, 2021.