

Hava Araçlarında Anten Etkileşim Problemine Karşı Yüksek Güç Dayanımlı ve PIN Diyot ile Ayarlanabilen VHF Bant Geçiren Süzgeç Tasarımı

Canberk ÜNAL, Alparslan Çağrı YAPICI
Başkent Üniversitesi
Savunma Elektronik ve Yazılım Bölümü
Ankara

canberkunal@aselsan.com.tr, acyapici@gmail.com

Özet: Bu bildiri, İnsansız Hava Aracı veya benzeri platformlarda kullanılan telsizlerin, antenler arası oluşan etkileşim problemine karşı 118-136 MHz bandında çalışan ayarlanabilir bant geçiren filtre tasarımı yapılmıştır. Filtrenin gönderici ve alıcı hattını filtreleyebilmesi ve yüksek güç dayanımına sahip olması için devre elemanları yüksek güç dayanımlı seçilmiştir. Ayarlanabilir devre elemanı olarak PIN diyot seçilmiştir. Tasarım ve simülasyon çalışmalarının ardından filtre üretilmiştir. Üretilen filtrenin S-Parametre ölçümleri ve kayma performansı Network Analizör ile incelenmiştir. Filtrenin güç dayanım karakteristiği RF Sinyal Jeneratör ve güç yükseltici kullanılarak 42 dBm güce kadar test edilmiştir. Filtre telsize bağlanarak röle fonksiyonu icra edilmiş ve sistem performansına etkisi ölçülmüştür.

Abstract: In this study, a tunable band-pass filter was designed in 118-136 MHz band to eliminate coupling problem between radio antennas used in Unmanned Aerial Vehicles. High power-handling components were selected to use filter on both receiver and transmitter lines. PIN diode was used as tunable element. After filter production, S-Parameter measurements of the board and its tuning performance were examined by using Network Analyzer. RF power was applied to filter input gradually by using RF Signal Generator, power amplifier and attenuator in order to determine the power-handling characteristic of the filter. Finally, effects of filter on system performance was observed.

1. Giriş

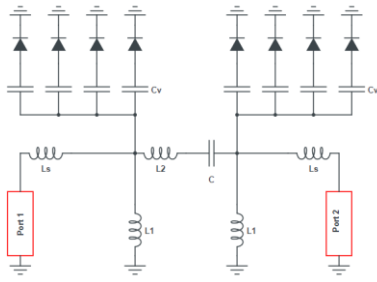
Son zamanlarda kullanılan haberleşme sistemleri çoklu frekans kanal uygulamaları içermektedir. Aynı donanım üzerinde, küçük hacimlerde ve çoklu frekanslarda çalışabilmek amacıyla, literatürde tunable, adaptive ve cognitive olarak adı geçen ayarlanabilir filtre mimarileri popüler çalışma konularıdır.

Çok telsizli platformlarda röle fonksiyonu icra edilirken hava aracı (H/A) üzerindeki iki ayrı telsizin antenleri arasında kuplajlama problemi meydana gelmektedir. Bu durum ise röle haberleşmesinin sağlıklı yapılamamasına sebebiyet vermektedir. Antenler arasındaki girişim problemi antenler arasındaki izolasyon seviyesini iyileştirmek ile giderilebilir. Bu yalıtım seviyesini iyileştirmek için ise genel olarak emici malzemeler veya antenler arası mesafeyi artırma metodu kullanılmaktadır [1]-[2]. Fakat bu çözümler yüksek hacim kapasitesi gerektirdiğinden yeterli izolasyonu sağlayamadığı için küçük platformlarda uygulanması zordur. Sonuç olarak, bu çalışmada alıcı-vericilerin farklı frekansta çalışma gereksinimine istinaden ayarlanabilir bant geçiren süzgeç tasarımı tercih edilmiştir. Filtrenin kullanılacağı platformların insansız olması ve seri haberleşme protokollerinin kullanılması sebebiyle filtre ayarlama yöntemi dijital olarak belirlenmiştir. Dijital adaptif filtreler, tek bir iletim hattı üzerindeki filtre yapısı üzerinde bulunan elemanların kapasitif veya indüktif değerlerinin değiştirilebilmesiyle frekans bandının istenen banda kaydırılması işlevini görür [3]-[4]. Bu yapıların elde edilmesi için PIN diyotlar, varaktör diyotlar, MEMS anahtarlar, ferroelektrik varaktörler gibi farklı mekanik ve kimyasal yapıda üretilmiş frekansa göre ayarlanabilir komponentler üretilmiştir [5]. Son zamanlarda çoklukla tercih edilen yöntem varaktör diyotlardır. Varikap diyot olarak da bilinen bu diyotlar bir çeşit mikrodalga katı-hal (solid-state) yarıiletkenidir. Kapasitans değerinin voltaja bağlı olarak değiştirildiği uygulamalarda kullanılır. Fakat güç dayanımı zayıf olduğu için bu çalışmada tercih edilmemiştir [6]-[7]. Güç gereksinimi, hacim ve ayarlanma hızı istenilen istinaden çalışmada tercih edilebilecek iki eleman PIN Diode ve MEMS olmaktadır [8]. MEMS, beam ve kapı arasına uygulanan bir DC voltajı ile elektrostatik olarak çalıştırılan röle gibi davranır [9]. Kullanılabilirlik açısından bakıldığında, MEMS tipik olarak daha yüksek bir maliyete sahiptir ve PIN diyotlarından daha büyük bir devre

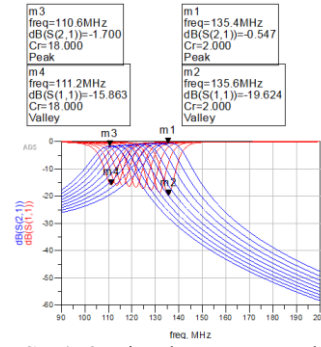
alanı kaplar. Aynı zamanda yüksek DC voltajları gerektirir, çalışma prensibi elektrostatik uyarıma dayalıdır. Bununla birlikte, PIN diyotlu yapılarda ise, DC ile RF iletim hatlarını birbirinden ayırmak için birden fazla endüktif bobin gerekir [10]. PIN diyot kapalı durumdayken istenmeyen akım geçişlerini önlemek için daha yüksek ters yönde gerilim voltajı gerektirir [11]. Ek olarak, yeterli ters yönde gerilim olmaz ise izolasyon kaybına sebep olabilir ve bu durum doğrusallığı olumsuz yönde etkileyebilmekle beraber PIN diyotun yanmasına sebebiyet verebilir [12]. Ancak RF choke kullanılarak, istenmeyen yönde gerilim ihtimali ortadan kaldırılmıştır. Bu nedenle bu çalışmada ayarlanabilir filtre tasarımında PIN diyot kullanılmıştır.

2. Ayarlanabilir Filtre Sentezi

Filtre sentezinde araya girme kaybı yöntemi kullanılmıştır ve yan bant bastırma oranı gereksinimine uygun olarak üçüncü derece filtre tercih edilmiştir. Ayrıca ihtiyaç duyulan şant kapasitans değerleri için paralel PIN diyot bağlantılı farklı değerlerde kapasitörler kullanılmıştır. Bant Geçiren Süzgeç (BGS) mimarisi Şekil-1'de gösterildiği gibidir. Giriş ve çıkıştaki indüktörler yüksek güçlü girişim kaynaklarından korunmak amacıyla RF Choke olarak sisteme dâhil edilmiştir.



Şekil 1. Ayarlanabilir BPF Devre Şeması



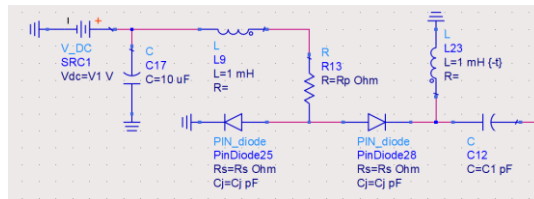
Şekil 2. Simülasyon Sonuçları

Filtre tasarım çalışması ADS programı üzerinde geliştirilmiştir. Devrenin S-Parametrelerini gösteren simülasyon sonucu Şekil-2'de gösterildiği gibidir. Filtrenin 3-dB bastırma oranı 14 MHz mertebelerindedir. Merkez frekansın %10 altı ve üstü referans alınarak gözlemlenen 13-dB bant aralığı 31 MHz'dir. Kullanılan komponent değerleri Tablo 1'de verilmiştir. PIN diyot olarak ise NXP firmasına ait BAP64-06 parça numaralı ürün kullanılmıştır.

L_s	C_v	L_1	L_2	C
169 nH	26.8-44 pF	56 nH	638 nH	20 pF

Tablo 1. Komponent Değerleri

Tasarımda önemli olan bir diğer nokta ise RF ile DC hattın ayrılmasıdır. Bu işlev Şekil 3'te yer alan PIN Diyot Sürücü devre tasarımında kullanılan 1mH değerinde indüktörler ile sağlanmıştır.

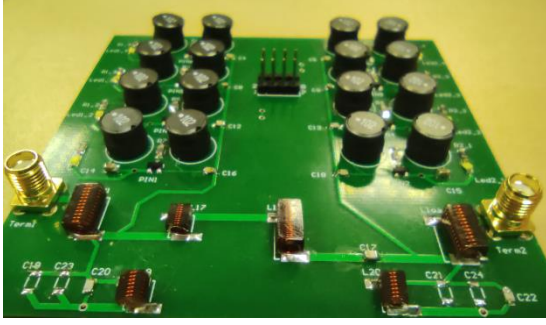


Şekil 3. PIN Diyot Sürücü Devresi

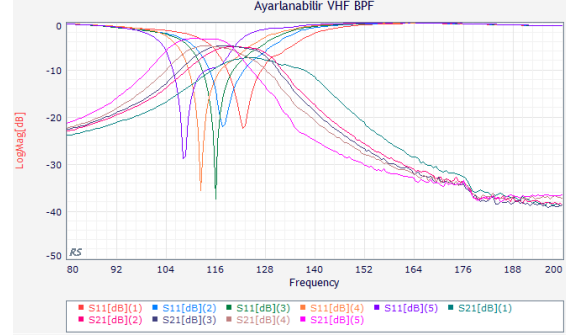
3. Örnek Çalışma

Devre PCB tasarımları Altium Designer ile geliştirilip üretilmiştir. Alttaş olarak dielektrik katsayısı 4.4, ve kalınlığı 0.8 mm olan FR4 malzeme seçilmiştir. Üretilen devrenin fotoğrafı ve Network Analizör ile alınan S-Parametre ölçümleri Şekil-5a ve 5b görsellerindeki gibidir. 118-136 MHz olarak hedeflenen çalışma bandının ölçümlerde 108-128 MHz civarlarında olduğu görülmektedir. Dielektrik kayıpları ve kullanılan bobinlerin kalite

faktörleri nedeniyle araya girme kaybı simülasyon sonuçlarına göre bant başında 3 dB, bant sonunda ise 5 dB fazla ölçülmüştür. Aynı zamanda simülasyon ortamında ki elemanların ideal modelleri kullanıldığı için kayıplar ve toleranslar simülasyon sonuçlarına yansımamıştır.



(a)



(b)

Şekil 4a. PCB Çalışması, 4b. Ölçüm Sonuçları

4. Sonuç

Bu çalışmada, hava platformlarında antenler arasında oluşan etkileşim problemine çözüm olması amacıyla 118-136 MHz bandında çalışan PIN diyot ile ayarlanabilen bant geçiren filtre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yapılan tasarım ve simülasyon çalışmalarının ardından filtre üretilmiştir. Üretilen filtrenin S-Parametre ölçümleri ve bant içerisindeki kayma performansı Network Analizör ile incelenmiştir. Ek olarak filtrenin güç dayanım karakteristiği RF Sinyal Jeneratör ve güç yükseltici kullanılarak 42 dBm güce kadar test edilmiştir. Ayrıca filtre gerçek ortamda telsizle bağlanarak röle fonksiyonu icra edilmiştir. Filtrenin merkez frekansın %10 üzerinde ve altında ki bastırma oranı 12-15 dB mertebelerindedir. Bu değer aynı zamanda antenler arası izolasyonu ifade etmektedir. Bu şekilde ses haberleşmesi testlerinde röle haberleşmesinin sağlıklı olduğu gözlemlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] H. S. Lee ve H. M. Lee, "Isolation improvement between loop antennas with absorber cells," IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, s.1735-1738, 2011.
- [2] N. Gupta ve M. Ramesh, "Method of improving isolation between co-located receive and transmit antennas in Portable Radars," IEEE MTT-S International Microwave and RF Conference, Kolkata, India, s.1-3, 2018.
- [3] M. S. Ruiperez, D. Amor, J. Gonzalez ve J. I. Alonso, "Fast electronically tunable filter bank," IEEE Military Communications Conference, Atlantic City, NJ, USA, cilt 1, s.532-535, 2005.
- [4] W. Tang ve J. Hong, "Reconfigurable microstrip combline filter with tunable center frequency and bandwidth," Asia-Pacific Microwave Conference, Melbourne, VIC, Australia, s.1162-1165, 2011.
- [5] J. Hong, "Reconfigurable planar filters," IEEE Microwave Magazine, cilt.10, no.6, s.73-83, Kasım 2009.
- [6] B. Noren, "Thin film barium strontium titanate (BST) for a new class of tunable RF components," Microwave J., cilt 47, no. 5, s. 210-220, 2004.
- [7] V. Haridasan "Tunable Microwave Filter Design Using Thin-Film Ferroelectric Varactors", 2012
- [8] K. Chen, Z. Chen and L. Zhu, "Design of a high power digital tunable filter," International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology, s. 496-498, 2010
- [9] Spence D. ve Aimi M. "Custom MEMS switch for MR surface coil decoupling," 2015.
- [10] Adam M., Madhwesha R., Fraser D. ve Jim W. "Comparison of MEMS switches and PIN diodes for switched dual tuned RF coils," Magnetic Resonance in Medicine, cilt.80, 2018.
- [11] R. H. Caverly, W. E. Doherty ve R. D. Watkins, "Modeling high speed MRI coil switching using PIN diodes," IEEE MTT-S International Microwave Symposium, Baltimore, MD, USA, s.1-4, 2011.
- [12] R. H. Caverly ve G. Hiller, "Establishing the minimum reverse bias for a p-i-n diode in a high-power switch," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, cilt.38, no. 12, s.1938-1943, Aralık 1990.