

MİKRODALGA ENTEGRE DEVRELER İÇİN GERÇEL VE SANAL SONLU FREKANSLARDA BİR ÇİFT İLETİM SIFIRLI ÇİFT BAND MİKROŞERİT FİLTRE TASARIMI

Gökhan KAPTAN, Ceyhan KARPUZ
Pamukkale Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kınıklı/Denizli
gkaptan79@hotmail.com, ckarpuz@pau.edu.tr

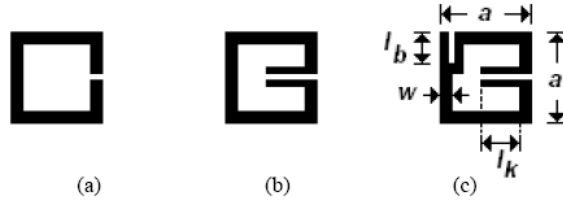
Özet: Bu çalışmada, mikrodalga filtre yapılarında kullanılmak üzere, yeni bir mikroşerit açık halka rezonatör ileri sürülmekte ve bu rezonatör kullanılarak tasarlanmış olan iki adet çift band mikroşerit filtre yapısı sunulmaktadır. Önerilen rezonatör geleneksel açık halka rezonatör yapılarına göre daha yüksek performans özelliği gösterdiğinden tasarlanan çift band filtreler oldukça iyi frekans cevabına sahiptirler. Gerek rezonatör gerekse çift band filtre yapılarının özellikleri simülasyon yardımıyla ve deneysel olarak kanıtlanmıştır.

1. Giriş

Filtre yapıları RF/Mikrodalga uygulamalarında önemli rol oynamaktadırlar. Başta uydu ve mobil haberleşme sistemleri olmak üzere modern mikrodalga iletişim sistemlerinde, mikrodalga filtre yapılarının, yüksek performans, küçük boyut, ve düşük fiyat gibi gereksinimleri karşılaması arzu edilmektedir. Bu ihtiyacı karşılamamanın yollarından birisi, klasik baskı devre teknolojisiyle basitçe imal edilebilen planar mikrodalga filtrelerini kullanmaktır. En yaygın kullanıma sahip olan ve en çok tercih edilen planar yapı, yüksek performansın yanı sıra minyatür boyutlarda imal edilebilen ve imalat masrafı düşük olan mikroşerit yapılarıdır. Bir çok uygulamada performans geçme bandı içerisindeki araya girme kaybı seviyesi ve seçicilik, yani filtrenin geçme bandı kenarlarındaki keskinliğiyle değerlendirilmektedir. Yüksek bir performans için araya girme kaybının düşük, seçiciliğin yüksek olmasının yanında bir çok uygulama için geçme bandında düz bir grup gecikmesinin elde edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bir çift transmisyon sıfırlı mikroşerit filtreler yüksek performanslı yapılar tasarlamak için oldukça elverişlidirler. Transmisyon sıfırları, filtre yapısının konfigürasyonuna bağlı olarak, gerçek veya sanal sonlu frekanslarda olmak üzere iki farklı şekilde oluşturulabilmektedir. Eliptik filtre karakteristiği olarak da isimlendirilen gerçek frekans transmisyon sıfırlı filtreler yüksek seçicilik özelliği gösterirken, lineer faz filtre karakteristiği olarak isimlendirilen sanal frekans transmisyon sıfırlı filtreler ise düzgün bir grup gecikme özelliği gösterirler. Literatürde, tek geçiş bandına sahip eliptik veya lineer faz mikroşerit filtre tasarımı ile ilgili bir çok çalışma mevcuttur [1-5]. Bununla birlikte, 900 ve 1800 MHz'de çalışan mobil telefonlar, 2.4 GHz ve 5.2 GHz'de çalışan kablosuz LAN (Local Area Network) gibi günümüz haberleşme sistemlerinde ihtiyaç duyulan birden fazla geçiş bandına sahip filtre yapılarıyla ilgili çalışmalar yok denecek kadar azdır [6]. Bu çalışmada, öncelikli olarak literatürde mevcut olan benzer yapılara kıyasla daha iyi bir performans sergileyen dahili (inset) beslemeli yeni bir rezonatör yapısı incelenmekte, ikinci aşamada yeni rezonatörlerin kullanılmasıyla lineer faz filtre ve eliptik filtre karakteristiği gösteren iki adet filtre yapısı ve son olarak çift band filtreler gerçekleştirilmektedir.

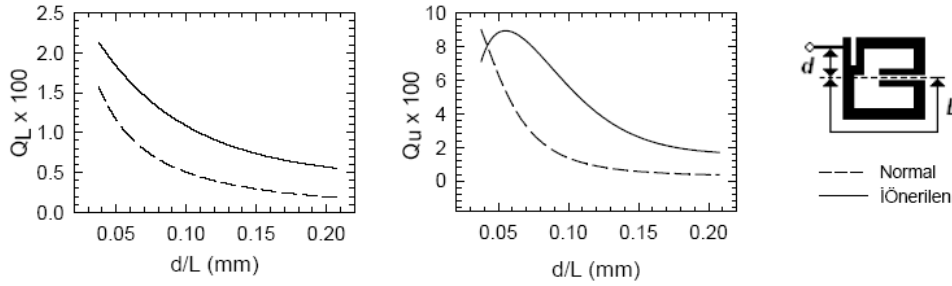
2. Dahili Beslemeli Açık Halka Rezonatörler

Mikrodalga mühendisliğindeki önemli çalışma alanlarından birisi devre boyutlarının küçültülerek minyatür boyutlarda filtrelerin tasarlanmasıdır. Minyatürisasyon problemine çözüm olarak Şekil.1a'da görülmekte olan normal açık halka rezonatör yapılarına alternatif olarak açık uçların içeri doğru kıvrılmasıyla kıvrımlı kol açık halka rezonatör yapısı önerilmiştir (Bkz. Şekil.1b) [4]. Bu yapıların bir avantajı da açık halka rezonatörün kullandığı toplam yüzey alanını değiştirmeden, sadece kıvrımlı kolların uzunluğunu değiştirmek suretiyle filtre merkez frekansının ayarlamasına olanak sağlamasıdır. Bu çalışmada mevcut yapılara alternatif olarak önerilen rezonatör yapısı Şekil.1c'de görülmektedir. Dahili beslemeli olarak isimlendirilen yapı, besleme şekli itibarıyla geleneksel açık halka rezonatörlerden farklıdır. l_b dahili besleme uzunluğu kalite faktörünü yükseltmek ve araya girme kaybını düşürmek suretiyle rezonatör yapısının performansını artırmaktadır [5].



Şekil 1 : Açık halka rezonatör yapıları (a) normal (b) minyatür (c) dahili (inset) beslemeli (önerilen yapı)

Bilindiği gibi rezonatörler için performans ölçütlerinden birisi kalite faktörüdür. Önerilen yeni rezonatör yapısının aynı boyutlardaki bir geleneksel açık halka rezonatör yapısına göre daha yüksek bir performansa sahip olduğu kalite faktörlerinin karşılaştırılmasıyla görülebilir. Açık halka rezonatörlerde kalite faktörü besleme hattı bağlantı noktasının (tap point) pozisyonuna (Şekil.2’de d ile etiketli mesafe) bağlı olarak değişmektedir. Normal açık halka rezonatör yapısı ile önerilen yapı için simülasyon yardımıyla hesaplanmış olan yüklü ve yüksüz kalite faktörlerinin besleme pozisyonunun normalize değerine göre değişimi Şekil.2’de verilmiştir. Grafiklerden de görülebileceği gibi, yüklü ve yüksüz kalite faktörlerinin her ikisi içinde önerilen yapı daha iyi sonuçlar vermektedir.

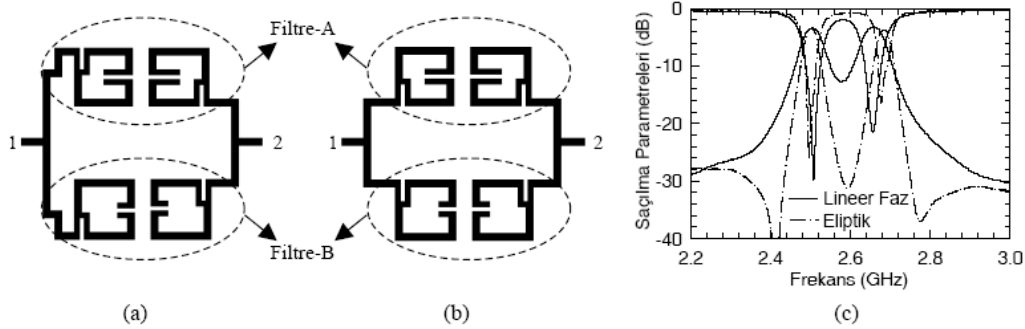


Şekil 2 Geleneksel ve ileri sürülen yapı için besleme pozisyonlarına göre kalite faktörlerinin değişimi

Yeni yapının yüklü kalite faktörünün yüksek olması, dar bir geçme bandı oluşturup yüksek seçicilik meydana getirdiğini, yüksüz kalite faktörünün yüksek olması ise araya girme kaybının daha düşük olduğunu göstermektedir. Buda ileri sürülen rezonatörün geleneksel olana göre daha yüksek performansa sahip olduğunu kanıtlamaktadır.

3. Çift Band Filtre Tasarımı

Rezonatörler kullanılarak gerçekleştirilen filtre yapılarında rezonatörleri elektrik, manyetik ve karışık kuplaj olarak isimlendirilen üç farklı kuplaj şekliyle birbirine kuplajı söz konusudur [1]. İki adet açık halka rezonatörün açık kollar birbirini görececek şekilde yerleştirilmesi durumunda açık uçlardaki elektrik alan yoğunlaşmasından (yük birikimi daha çok) dolayı kuplaj tipinin elektriksel kuplaj olacağı açıktır. Bu kuplaj tipiyle oluşturulan iki kutuplu filtrelerde besleme hatlarının pozisyonunun iki farklı durumu biri eliptik diğeri lineer faz olmak üzere iki farklı frekans cevabı üretmektedir [2]. Bunlardan birincisi, rezonatörlerin giriş ve çıkış besleme hatlarının filtrenin yatay simetri eksenine göre farklı taraflarda olacak şekilde yerleştirilmesi durumu (asimetrik besleme-eliptik karakteristik) diğeri ise besleme hatlarının yatay simetri ekseninin aynı tarafında olacak şekilde yerleştirilmesi durumudur (simetrik besleme-lineer faz karakteristiği). Asimetrik besleme durumunda geçme bandının her iki tarafından sonlu gerçek frekanslarda ortaya çıkan bir çift transmisyon sıfırı filtre seçiciliğini arttırmakta, simetrik besleme durumunda bu transmisyon sıfırları sonlu sanal frekanslara kaymakta ve böylece geçme bandında düz bir grup gecikmesi elde edilmektedir [3]. Giriş bölümünde de bahsedildiği gibi çift band filtre yapıları modern iletişim sistemleri için oldukça önemli hale gelmiştir. Çift band filtre yapıları farklı yöntemlerle oluşturulabilir [6]. Bu çalışmada, merkez frekansları farklı iki filtrenin giriş ve çıkışlarının direk olarak birbirlerine bağlanması yoluyla çift band filtre oluşturma yöntemi takip edilmiş ve önerilen rezonatörlerin yüksek performansının kazandıracağı avantajlar göz önüne alınarak, iki kutuplu dahili (inset) beslemeli açık halka rezonatör filtreler kullanılarak çift band filtreler tasarlanmıştır. Geometrilere Şekil.3a ve b’de verilen filtrelerin tasarımı paket program [10] yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3 Çift band filtre yapıları ($a=6.5\text{mm}$, $w=1\text{mm}$, $l_b=2.5\text{mm}$) (a) eliptik filtre geometrisi, (b) lineer faz filtre geometrisi, (c) deneysel frekans cevapları

Dielektrik geçirgenlik sabiti $\epsilon_r=10.2$, taban kalınlığı $h=1.27\text{ mm}$ olan RT/Duroid taban malzemesi üzerinde kazıma yoluyla prototip üretimi yapılmış olan filtrelerin deneysel çalışmalarında HP 8720C devre çözümleyici kullanılmıştır. Elde edilen deneysel frekans cevapları Şekil 3c gösterilmektedir. İlk olarak, besleme hatları için asimetrik durum kullanılarak Şekil 3a'da gösterilen eliptik karakteristiğe sahip çift band filtre tasarlanmış daha sonra bu yapı üzerinde hiçbir değişiklik yapılmadan, sadece besleme kollarının pozisyonu simetrik besleme olacak şekilde değiştirilmek suretiyle Şekil 3b'deki lineer faz karakteristiğine sahip çift band filtre tasarımı gerçekleştirilmiştir. İki farklı geçme bandı l_k kuplajlı kol uzunluğu için iki farklı değer alınarak elde edilmiştir (A filtresi için $l_k=2.25\text{mm}$, B filtresi için $l_k=1.25\text{mm}$). Kuplaj aralıkları ise geçme bandı içerisinde iki kutup oluşturacak şekilde A ve B filtreleri için sırasıyla 1.75mm ve 1.875mm olarak ayarlanmıştır. Kuplaj aralıkları araya girme kaybı ve dönme kaybını etkilemektedir. Ayrıca, filtreler arasında iyi bir yalıtım sağlamak için A ve B filtreleri arasındaki mesafe ise 8mm alınmıştır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, mikrodalga filtre yapılarında kullanılmak üzere, yeni bir mikroşerit açık halka rezonatör önerilmiş ve yeni rezonatör yapısı kullanılarak iki adet çift band mikroşerit filtre tasarlanmıştır. Önerilen rezonatör geleneksel açık halka rezonatör yapılarına göre daha yüksek performans özelliği gösterdiğinden çift band filtrelerin oldukça iyi performansa sahip olduğu görülmüştür. Mevcut üretim olanaklarının getirmiş olduğu sınırlamalardan ve iletken kayıplarından dolayı araya girme kaybının biraz yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada önerilen yapılar mevcut haliyle günümüz modern haberleşme sistemlerinde kullanımı uygun olup daha yüksek bir performans arzu edildiğinde takdirde kullanılan malzemelerin ve üretim toleranslarının iyileştirilmesi gerekir.

Teşekkür

G. Kaptan'ın Yüksek Lisans tezinden üretilen bu çalışma maddi olarak TÜBA (Türkiye Bilimler Akademisi) tarafından desteklenmiştir. Laboratuvar desteği ve yorumları için Niğde Üniversitesi Mikrodalga Araştırma Grubu'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1]. Hong J., Lancaster M., Microstrip Filters for RF/Microwave Applications. John Wiley & Sons Inc, New York, 2001.
- [2]. L. H. Hsieh ve K. Chang, "Tunable microstrip bandpass filters with two transmission zeros", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., 51 (2), s. 520-525, 2003.
- [3]. Levy R., "Filters with Single Transmission Zeros at Real or Imaginary Frequencies.", IEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 24 (4), s. 171-181, 1976.
- [4]. J.T. Kuo, M.J. Maa, ve P.H. Lu, "A microstrip elliptic function filter with compact miniaturized hairpin resonators", IEEE Microwave Guided Wave Lett, 10 (3), s. 94-95, 2000.
- [5]. Hsieh L.-H. ve Chang K., "Compact Size and Low Insertion Loss Chebyshev-Function Bandpass Filters Using Dual-Mode Patch Resonator.", Electronics Letters, 37 (17), s. 1070-1071, 2001.
- [6]. Chuang M.-L., "Cascaded Dual Band Coupled Fed Microstrip Open Loop Filter. Microwave and Optical Tech Letter." 45 (6), s. 519-522, 2005.
- [7]. EM User's Manual, Version 6.0, Sonnet Software, Inc., Liverpool, NY, 1999.