

Ayrık Halkalı Rezonatör Tabanlı Bağlaşım Değeri Ayarlanabilir Mikroşerit Yönlü Bağlaşım Tasarımı ve Benzetimleri

Alparslan Çınar, Umut Köse, Özgür Ertan, Nezihe Karacan, Cennet Başer, Evren Ekmekçi*
Süleyman Demirel Üniversitesi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Isparta

alparslancinar1992@hotmail.com, umut.kose29@gmail.com, ozgurertan0@gmail.com,
nezihekaracan14@gmail.com, cnnt_bsr@hotmail.com, * evrenekmekci@sdu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada bağlaşım değeri ayarlanabilir mikroşerit yönlü bağlaşım tasarlanmış ve benzetim yöntemiyle incelenmiştir. İstenilen frekansta bağlaşım değerini ayarlamak için iki adet ayrık halkalı rezonatör (AHR) kullanılmıştır. Bağlaşım kapısına yerleştirilen rezonatör ile bağlaşım değerinin ayarlanabildiği nümerik hesaplamalar ile gösterilmiştir.

Abstract: In this study a directional coupler with a tunable coupling factor has been designed and investigated in simulations. Two split ring resonators (SRR) have been used to tune coupling factor at the desired frequency. It has been shown by numerical calculations that the coupling factor can be tuned by the resonator placed in the coupling port.

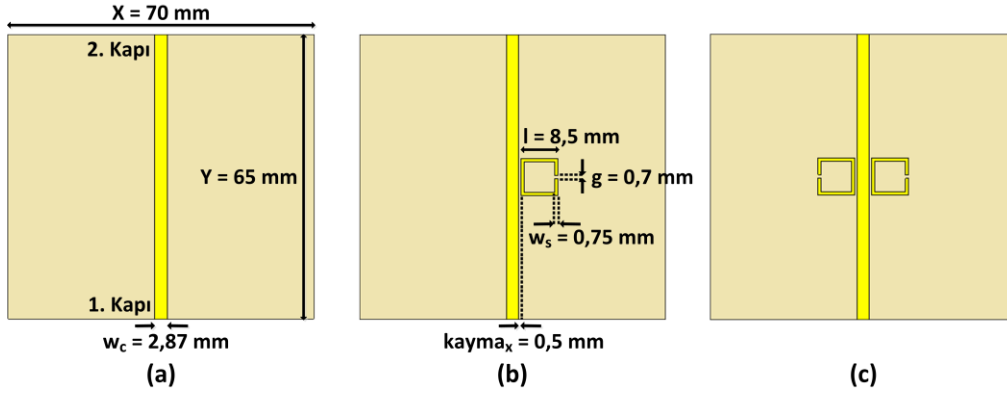
1. Giriş

Ayrık halkalı rezonatör (AHR), metalmalzeme tasarımlarında yaygın olarak kullanılan bir rezonatör yapısıdır [1]. Özellikle mikrodalga bölgesi uygulamalarında AHR tabanlı tasarımlar dikkati çekmektedir [2-10, 12]. Bu uygulamalardan bir tanesi de bağlaşım yapılarıdır [7-10].

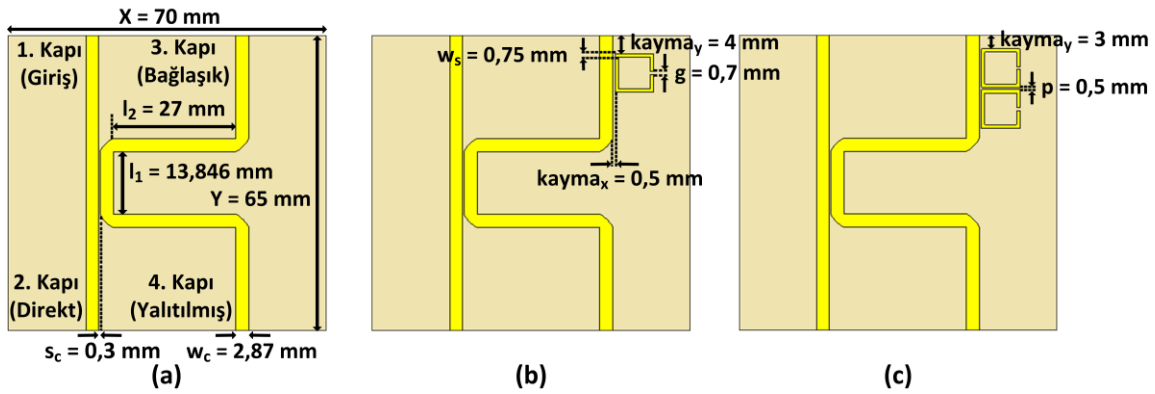
Yönlü bağlaşım yapıları güç bölmede kullanılan pasif mikrodalga elemanlarıdır ve tasarım parametrelerine bağlı olarak farklı oranlarda güç bölebilmektedirler [11]. Bununla birlikte AHR yapıları mikroşerit hatlara yüklenerek filtre uygulamalarında kullanılabilir [12]. Bu çalışmada, AHR yapısının filtreleme özelliğinden faydalanarak bağlaşım değeri ayarlanabilir mikroşerit yönlü bağlaşım tasarımı yapılmıştır. Bağlaşım değeri basitçe bağlaşım = $-20\log_{10}|S_{31}|$ formülü ile hesaplanabilmektedir. Tasarımlar ve nümerik analizler CST Microwave Studio (MWS) tam dalga elektromanyetik dalga çözümleyici ortamında gerçekleştirilmiştir.

2. Mikroşerit İletim Hattı ve Yönlü Bağlaşım Tasarımı ve Benzetimi

Bu çalışmada öncelikle karakteristik empedansı 50Ω olan 2,87 mm hat genişliğine sahip mikroşerit iletim hattı tasarlanmıştır. Tasarlanan iletim hattının şematik görünümü, tasarım parametreleri ve değerleri Şekil 1.a'da gösterilmiştir. Daha sonra iletim hattına bir ve iki adet eşdeğer AHR yapısı yüklenerek her bir AHR yapısının dB cinsinden $|S_{21}|$ değerine etkisi incelenmiştir. Tasarımlar sırasıyla Şekil 1.b ve Şekil 1.c'de gösterilmektedir. Şekil 1.c'de gösterilen yapı için Şekil 1.b'de verilen tasarım parametreleri kullanılmıştır. Bu çalışmaları takiben, öncelikle sıradan bir yönlü bağlaşım yapıları (Şekil 2.a) ve bu tasarımın devamı olarak önerilen bağlaşım değeri ayarlanabilir mikroşerit yönlü bağlaşım tasarımı bağlaşım kapısı etrafına AHR yapısı konumlandırılarak oluşturulmuş, şematik görünümü ve tasarım parametreleri Şekil 2.b'de verilmiştir. Benzetimlerde AHR sayısının değişmesiyle dB cinsinden $|S_{31}|$ değerinin değişimi incelenmiştir. Şekil 2.c iki adet AHR yapısı yüklenmiş yönlü bağlaşım ve tasarım parametreleri verilmiştir. Bu çalışmada sunulan tüm şematik gösterimler tasarlanan yapıların üstten görünüşüne aittir. Tasarlanan tüm yapıların alt yüzeyleri tamamıyla 0,035 mm kalınlığında bakır levhadan oluşan toprak düzlemdir. Tüm tasarımlarda taban malzemesi olarak kalınlığı 1,5 mm, metal ($\sigma_{cu} = 58 \times 10^6$ S/m) kalınlığı 0,035 mm, 10 GHz'deki dielektrik sabiti $\epsilon_r = 4,3$ ve kayıp tanjantı $\tan\delta = 0,025$ olan FR-4 kullanılmıştır. Benzetimler CST Microwave Studio (MWS) programı frekans bölgesi çözümleyicisi ile gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan ve benzetimleri yapılan tüm yapıları çevreleyen uzay CST MWS tarafından sunulan "açık" sınır değer koşulları ile sonlandırılmıştır.



Şekil 1. a) Mikroşerit hat ve tasarım parametreleri. b) AHR yüklenmiş mikroşerit hat ve AHR tasarım parametreleri. c) İki adet AHR yüklenmiş mikroşerit hat

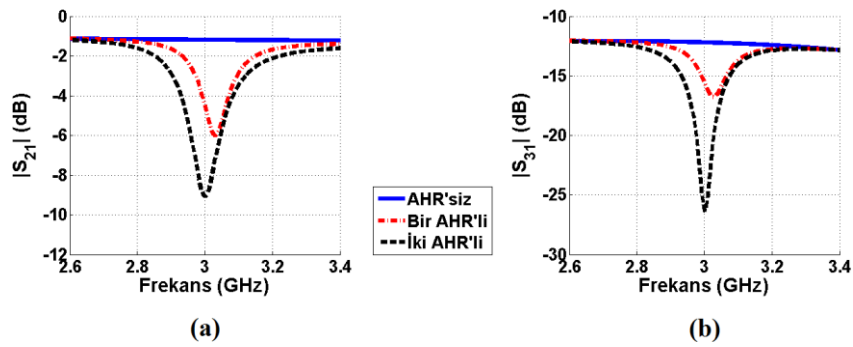


Şekil 2. a) Yönlü bağlaç ve tasarım parametreleri b) AHR yüklenmiş yönlü bağlaç ve tasarım parametreleri c) İki adet AHR yüklenmiş yönlü bağlaç ve tasarım parametreleri

3. Benzetim Sonuçları

Şekil 1.a, Şekil 1.b ve Şekil 1.c'te tasarım parametreleri verilen yapılar için frekansa bağlı $|S_{21}|$ değerleri CST MWS ortamında elde edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.a'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre 3 GHz'de yüksüz (AHR'siz) iletim hattı $|S_{21}|$ değeri $-1,18$ dB iken, bir AHR yüklenmiş mikroşerit iletim hattı için 3 GHz'de $-5,99$ dB ve iki AHR yüklenmiş mikroşerit iletim hattı için 3 GHz'de $-9,06$ dB olarak hesaplanmıştır. Beklendiği üzere mikroşerit hatta yüklenen AHR yapısının sayısı arttıkça $|S_{21}|$ değeri düşmektedir.

Şekil 2.a, Şekil 2.b ve Şekil 2.c'de verilen mikroşerit yönlü bağlaçlar için elde edilen frekansa bağlı $|S_{31}|$ değerleri Şekil 3.b'de sunulmuştur. Burada görülmektedir ki tasarlanan sıradan mikroşerit yönlü bağlaçın 3 GHz'deki $|S_{31}|$ değeri $-12,19$ dB, bağlaç kapısına bir adet AHR konumlandırılmış yönlü bağlaçın 3,03 GHz'teki $|S_{31}|$ değeri $-16,76$ dB ve son olarak bağlaç kapısına iki adet AHR konumlandırılmış yönlü bağlaçın 3 GHz'deki $|S_{31}|$ değeri $-26,28$ dB'dir.



Şekil 3. AHR sayısının a) mikroşerit hattının $|S_{21}|$ değerine b) yönlü bağlaçın $|S_{31}|$ değerine etkisi.

AHR sayısının mikroşerit yönlü bağlacın $|S_{11}|$, $|S_{21}|$, $|S_{31}|$ ve $|S_{41}|$ değerlerine olan etkisi Tablo 1'de listelenmiştir. Bir AHR'li yönlü bağlaç için hem 3 GHz hem de 3,03 GHz için sonuçlar listelenmiştir. Bir AHR'li yönlü bağlaç en yüksek bağlaşım değerini 3,03 GHz'de 16,76 dB ile gösterse de AHR sayısının bir frekanstaki bağlaşım değerine etkisini incelemek daha makuldür. Bu sebeple bir AHR'li yapı için her ne kadar en yüksek bağlaşım 3,03 GHz'de gözlemlense de 3 GHz'de elde edilen S-parametresi değerlerini dikkate almak daha anlamlıdır.

Tablo 1. AHR sayısının mikroşerit yönlü bağlacın $|S_{11}|$, $|S_{21}|$, $|S_{31}|$ ve $|S_{41}|$ değerlerine olan etkisi.

S-Par. (dB)	AHR'siz yönlü bağlaç @ 3 GHz	Bir AHR'li yönlü bağlaç		İki AHR'li yönlü bağlaç @ 3 GHz
		@ 3 GHz	@ 3,03 GHz	
$ S_{11} $	-19,53	-17,82	-18,46	-17,46
$ S_{21} $	-1,68	-1,68	-1,63	-1,70
$ S_{31} $	-12,19	-15,57	-16,76	-26,28
$ S_{41} $	-21,71	-23,54	-32,25	-20,39

4. Tartışma

Bu çalışmada öncelikle mikroşerit hatta yüklenen AHR tipi yapı sayılarının $|S_{21}|$ değerine etkisi gösterilmiştir. Buna ilave olarak AHR tipi yapılar mikroşerit yönlü bağlacın bağlaşım değerini ayarlama elemanı olarak kullanılmıştır. Bu amaçla, bağlaşım kapısı etrafına bir ve iki AHR yapısı olacak şekilde iki bağlaç daha tasarlanmış ve AHR sayısının bağlaşım değerini değiştirdiği gösterilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, AHR yapısının geometrisi ve sayısı değiştirilerek istenilen frekansta yönlü bağlacın bağlaşım değerlerini ayarlamak mümkündür. İleriki çalışmalarda bağlaşım değerinin hassas bir şekilde ayarlanması için frekansı ayarlanabilir AHR yapılarının kullanımı planlanmaktadır.

Kaynaklar

- [1]. Shelby R. A., Smith D. R. ve Schultz S., "Experimental verification of a negative index of refraction", Science, cilt.292 no.5514, s.77-79, 2001.
- [2]. Caloz C. ve Itoh T., Electromagnetic Metamaterials, Transmission Line Theory and Microwave Applications. Wiley - IEEE Press, Hoboken, NJ, A.B.D., 2006.
- [3]. Ekmekci E. ve Turhan-Sayan G., "Multi-functional metamaterial sensor based on a broad-side coupled SRR topology with a multi-layer substrate", Appl. Phys. A-Mater, cilt.110 no.1, s.189-197, 2013.
- [4]. Ekmekci E., Topalli K., Akin T. ve Turhan-Sayan G., "A tunable multi-band metamaterial design using micro-split SRR structures", Opt. Express, cilt.17 no.18, s.16046-16058, 2009.
- [5]. Alici K. B. ve Ozbay E., "Electrically small split ring resonator antennas", J. Appl. Phys., cilt.101 no.083104, 2007.
- [6]. Mao S. G. ve Chen S. L., "Characterization and modeling of left-handed microstrip lines with application to loop antennas", IEEE T. Antenn. Propag., cilt.54 no.4, s.1084-1091, 2006.
- [7]. Jarauta E., Laso M. A. G., Lopetegi T., Falcone F., Beruete M., Baena J. D., Marcotegui A., Bonache J., García J., Marqués R. ve Martín F., "Novel microstrip backward coupler with metamaterial cells for fully planar fabrication techniques", Microw. Opt. Techn. Let., cilt.48 no.6, s.1205-1209, 2006.
- [8]. Liu K. Y., Li C. ve Li F., "A new type of microstrip coupler with complementary split-ring resonator", Microw. Opt. Techn. Let., cilt.49 no.7, s.1613-1616, 2007.
- [9]. Menachem Z., Haridim M., Tapuchi S. ve Chattah Y., "Directional coupler based on metamaterial square CSRR shape", Appl. Phys. Res., cilt.4 no.2, s.258-263, 2012.
- [10]. Munina I., Vendik I. ve Crnojevic-Bengin V., "Design of 0-dB reconfigurable directional coupler using metamaterial structure", 7th Int. Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics – Metamaterials, Bordeaux, France, s.139-141, Eylül 2013.
- [11]. Pozar D. M., Microwave Engineering – Fourth Edition. Wiley, Hoboken, NJ, A.B.D., 2005.
- [12]. Disken G., Pala F., Demir E., Korucu H. D. ve Ekmekci E., "Electromagnetic behavior of SRR loaded microstrip transmission lines: Investigation for different SRR types and array topologies", PIERS Proceedings, Stockholm, İsveç, s.1796-1799, Ağustos 2013.