

Geniş Bantlı Tandem Yapıda Hibrit Bağlaştırıcı Tasarımı

Merve AKIN, Birsen SAKA*

Roketsan A.Ş.

Ankara

merve.akin@roketan.com.tr,

*Hacettepe Üniversitesi

Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü

Ankara

birsen@ee.hacettepe.edu.tr

Özet: Çalışma kapsamında, ultra-geniş bant aralığında performans gösteren 180 derece hibrit bağlaştırıcı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, çok kısımlı bağlaştırıcı ve çok kısımlı faz kaydırıcı yöntemleri uygulanmıştır. Bağlaşım değerlerini elde edebilmek için üçlü şerit hat yapısı kullanılmıştır. Yapının her bir katmanında RT/Duroid5880 kullanılmış, yalnızca alttaş üzerinden bağlaşımın gerçekleşmesi sağlanmıştır. Tasarlanan bağlaştırıcının üretimi gerçekleştirilmiş ve 1 – 15 GHz bandında, ± 6 dB genlik dengesinde en iyi performans elde edilmiştir.

Abstract: In this study, a 180 degree hybrid coupler which performs in ultra-wide bandwidth is obtained. In the design, multisection coupler and multisection phase shifter methods are implemented. In order to build proper coupling values, three-layered stripline method is used with RT/Duroid5880 substrate and also, coupling performs only through substrate. The designed coupler was fabricated and the best performance is observed between 1 – 15 GHz with ± 6 dB amplitude balance.

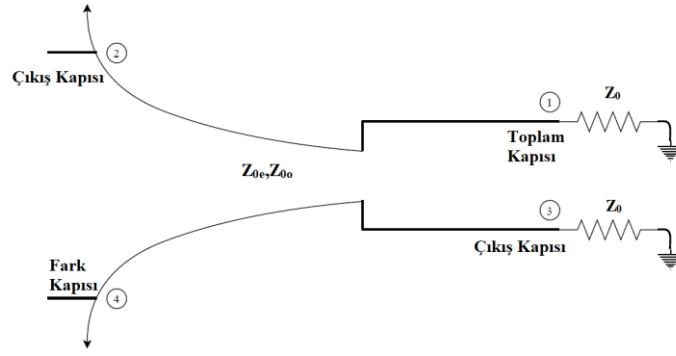
1. Giriş

Yönlü bağlaştırıcı türü olan hibrit bağlaştırıcılar, bağlaşım faktörü 3 dB'e eşit olmaları ve birden fazla giriş kapısının kullanılabilmesi özelliklerine sahiptir. Hibrit bağlaştırıcıların iki çıkış portu arasında 90 veya 180 derece gibi belirli faz farkına sahip özelleşmiş yapıları bulunmaktadır. Geniş bantlı bağlaştırıcı tasarımı, konik bağlaşık hat bağlaştırıcıları yaygın olarak kullanılır [1-3]. Bu yapılarda, iki simetrik çok bölümlü bağlaştırıcının konik geçitlerle birbirine bağlanarak geniş bantlı 3 dB hibrit bağlaştırıcı yapısını oluşturulur. Bu çalışmada, 1 – 20 GHz arasında geniş bant performansının sağlanabilmesi ve bu geniş bantta istenen bağlaşım değerlerinin elde edilebilmesi için konik bağlaşık hatlar bağlaştırıcı yapısı ve üçlü şerit hat yapısının kullanımı tercih edilmiştir.

2. Teorik Altyapı ve Tasarım

Yönlü ve paralel hatlara sahip bağlaştırıcılar tek ve çift mod üzerinden analiz edilmektedir. Konik bağlaşık hatlı bağlaştırıcılarda da bağlaşım karakteristiğini ve S-parametre matrisini belirleyebilmek amacıyla yapının çift ve tek mod analizinden yararlanılmaktadır. Şekil 1'de bu çalışmada temel olarak kullanılan bağlaştırıcı yapısı verilmiştir ve yapı konik iki bağlaşık hat içermektedir. Zayıf bağlaşımın olduğu bölgede çift ve tek mod empedansı, hattın karakteristik empedansına (Z_0) eşit olmaktadır. Kuvvetli bağlaşımın olduğu bölgelerde, çift mod empedansı Z_0/k , tek mod empedansı ise Z_0k ile ifade edilmektedir. Burada k , bağlaşım katsayısıdır. Kuvvetli bağlaşımın gerçekleştirilebilmesi için, bağlaşım bölgesindeki hat empedansının, çift mod empedansına eşlenmesi gerekir. Bu empedans eşlenmesinin geniş bant boyunca sağlanabilmesi için Klopfenstein koniği kullanılmıştır [4]. Bağlaşım katsayısı k ile, ihtiyaç duyulan çift ve tek mod empedansları elde edilmektedir. k değeri 0'a yakınsadıkça, devreyi mikro şerit veya şerit hat yapıları ile gerçeklemek mümkün olmamaktadır. Gerçeklenebilmesi için bağlaşımı bölmelere ayırmak, kullanılacak yöntemlerden birisidir. Bu çalışmada, geniş bantta bağlaşım değerini sağlayabilmek için çok kısımlı bağlaştırıcı yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle, birden fazla bağlaşım kısmı art arda eklenerek geniş bant yapısı elde edilmesi amaçlanmıştır. Bağlaşımı bölmelere ayrılmış, iki çok kısımlı bağlaştırıcı yapısına sahip yapı, peş peşe (tandem) şekilde bağlanarak sentezlenmiştir [1]-[2].

Çok kısımlı bağlaştırıcı yöntemi aracılığıyla [5], iki bölmeye ayrılmış bağlaşım değeri tek bir bölmenin bağlaşım değeri 8.34 dB olacaktır. 3 dB değerinde bir bağlaşım oranı, iki adet 8.34 dB bağlaşım oranına sahip bağlaştırıcının peş peşe bağlantısıyla elde edilmektedir. 180° faz farkını elde edebilmek için ise çok kısımlı faz kaydırıcı yapıları bağlaşık hatlara eklenmiştir [5].



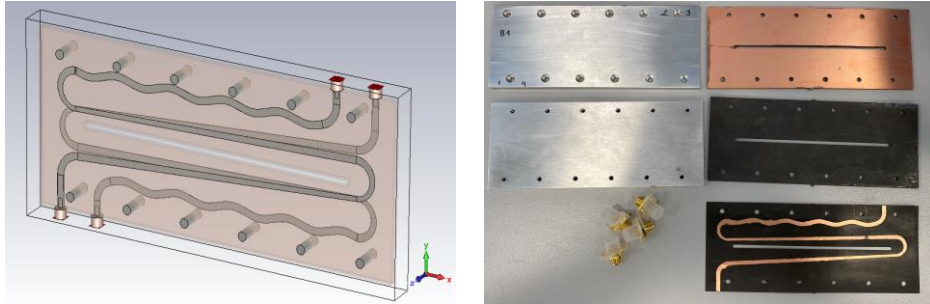
Şekil 1. Konik Bağlaştık Hat Bağlaştırcısı

Bağlaşım katsayısındaki sınırlamadan kaçınarak yapıyı inşa edebilmek için, üçlü şerit hat yapısı kullanılmıştır [6]. Bağlaşımı sağlayabilmek için ince ve düşük dielektrik katsayısına sahip alttaş seçimi uygun olacaktır. Bu nedenle, orta katmanda 10 mil kalınlığında, alt ve üst katmanlarda ise 60 mil kalınlığında RT/Duroid 5880 alttaş malzemesi seçilmiştir.

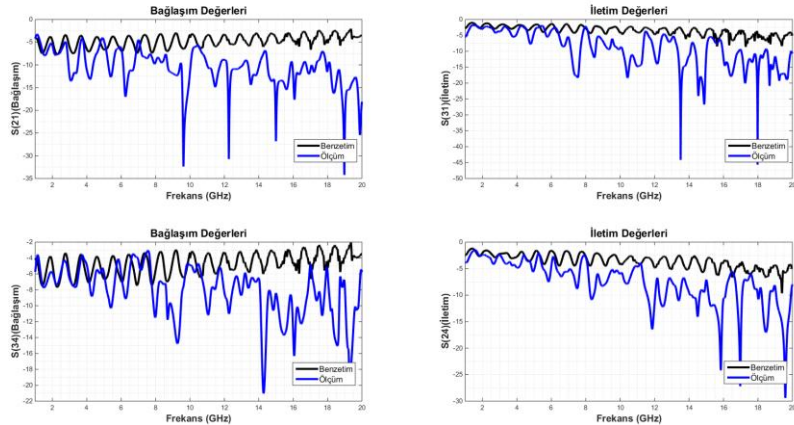
3. Benzetim ve Üretim

Benzetimler, CST® yazılımı üzerinde koşturulmuştur. Benzetim ve ölçümlerdeki frekans aralığı 1 – 20 GHz'dir. Prototipin üretimi ise, kimyasal kazıma yöntemiyle gerçekleştirilmiş, üç katmanlı şerit hat yapısı ise vidalarla sağlanmıştır. Prototip ölçümleri, PNA-X Network Analyzer aracılığı ile sağlanmıştır. Şekil 2'de, bağlaştırcı orta katmanın 3B benzetim modeli ve üretilen bağlaştırcı prototipi verilmiştir. Prototipin boyutları 138 x 54 mm'dir. Orta katmanın geometri simetrisini ifade edebilmek amacıyla alttaş malzeme saydamlaştırılarak eklenmiştir.

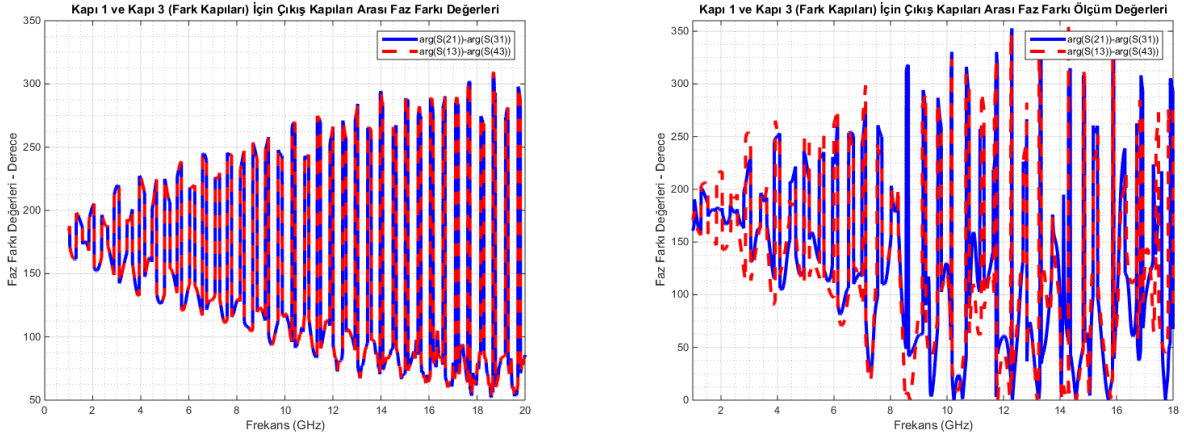
Benzetim ve ölçüm sonuçları, Kapı 1 ve Kapı 4'ün giriş kapısı olarak kullanıldığı konfigürasyonlara göre verilmiştir. Kapı 2 ve Kapı 3 çıkış kapısı olarak kullanılmaktadır. Yapının karşılıklı ve simetrik olması sebebiyle birbirine eşit olan parametrelerden yalnızca birisi Şekil 3'te verilen grafikler üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2. Bağlaştırcıya Ait Orta Katmanın 3B Benzetim Modeli ve Üretilmiş Bağlaştırcı Prototipi



Şekil 3. Benzetimden ve Üretimden Elde Edilen İletim ve Bağlaşım Değerleri



Şekil 4. Benzetim ve Ölçümden Elde Edilen Faz Farkı Grafikleri

Şekil 3'te yer alan grafiklere göre, bant içerisindeki düşük frekanslarda bağlaşım değerinin 3 dB etrafında salınım gösterdiği, frekans yükseldikçe eşleme performansı ile beraber iletim ve bağlaşım değerlerinin hemen hemen eşitlendiği gözlemlenmektedir. Ölçüm sonuçlarında da frekans yükseldikçe bağlaşım mekanizmasının giderek farklılaştığı; fakat bant boyunca takip ettikleri davranışın benzer oldukları görülmektedir.

Şekil 4'te, elde edilen faz farkı sonuçları verilmiştir. Bant içerisinde yer alan düşük frekanslarda faz farkı 180° çevresindeyken, frekans yükseldikçe faz değerleri farklılaşmış, buna bağlı olarak da faz dengesi değeri de yükselmiştir. Merkez frekans olan 10 GHz değerine oranla eklenen faz kaydırıcılar, frekans yükseldikçe faz dengelerinin değişmesine sebep olmuştur. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, bağlaşım mekanizmasındaki farklılaşmanın faz kaydırıcı yapısına da etki ettiği görülmektedir [7].

4. Sonuçların İrdelenmesi

Benzetimi yapılan bağlaşırıcı yapısı üretilmiş, ölçüm sonuçları aktarılmıştır. İletim hatlarının konik yapıya sahip olması ve faz kaydırıcı kısmında kıvrımlı bir yapı olması sebebiyle, kimyasal kazıma yöntemi ile üretilen devrenin performansı benzetim sonuçlarından farklılık göstermektedir. Kimyasal kazıma sonucu görülen hatlardaki süreksizlik ve hatlar arasındaki ofset değerlerinin değişkenlik göstermiş olması, özellikle konik yapıdaki hatlar için yüksek frekanslarda farklı değerler vermesine sebep olmuştur. Bu çalışma sonucunda, benzetim ve üretimi tamamlanan, 1 – 15 GHz aralığında, ± 6 dB genlik dengesi ile performans gösteren bağlaşırıcı tasarımı adımları aktarılmıştır.

Kaynaklar

- [1]. S. Javazadeh, S. Majedi, F. Farzaneh, Broadside Coupler Channels 1 to 10 GHz, Microwaves and RF, cilt.1, s.68-77, 2012.
- [2]. K. K. M. Chan, A.E.C. Tan ve R. Karumudi, "Design and Analysis of A Decade Bandwidth 180 Degree Hybrid Coupler", IET Microwaves, Antennas & Propagation, cilt.7, s.71 -77, 2012.
- [3]. T. Russel, "180-Deg. Hybrids Control Signals From 2 to 20 GHz", Microwaves & RF, cilt.1, s.129- 130, 1988.
- [4]. R.W. Klopfenstein, "A Transmission Line Taper of Improved Design, Proceedings of the IRE", cilt.44, s.31-35, 1956.
- [5]. J. Shelton, J. Mosko, "Synthesis and Design of Wide-Band Equal-Ripple TEM Directional Couplers and Fixed Shifters", IEEE Transactions On Microwave Theory and Techniques, cilt.MTT-14, no.10, s.462-473, 1966.
- [6]. J.P. Shelton, "Impedances of Offset Parallel-Coupled Strip Transmission Lines", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, cilt.MTT-14, s.7-15, 1966.
- [7] M. Akın, "Ultra-Geniş Bantlı 180 Derece Hibrit Bağlaşırıcı Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 2020.