

# Kompozit Sağ-Sol El İletim Hattı ile Geniş Yalıtım Bantlı 3dB Güç Bölücü/Birleştirici

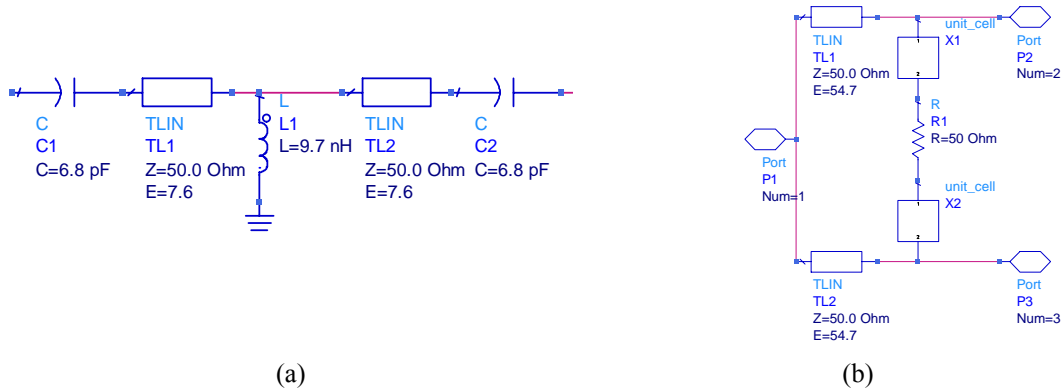
Yasemin YİĞİT, Şimşek DEMİR  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Müh. Böl., Ankara  
[e131794@metu.edu.tr](mailto:e131794@metu.edu.tr), [simsek@metu.edu.tr](mailto:simsek@metu.edu.tr)

**Özet:** Bu çalışmada kompozit sağ – sol el iletim hattı (KSSE-İH) kullanan yeni bir güç bölücü/birleştirici yapısı önerilmektedir. KSSE-İH, sağ el iletim hattının seri kapasitör ve paralel indüktörlerle yüklenmesi ile oluşturulur. Orjinal devredeki  $324.736^\circ$  uzunluğundaki iletim hatları KSSE-İH ile değiştirilmiştir. Elde edilen yeni yapının boyutu orijinal yapıdan daha küçüktür. Aynı zamanda tasarım frekansında daha iyi izolasyon karakteristiği elde edilmiştir.

## I. Giriş:

Negatif elektriksel geçirgenlik katsayısı ( $\epsilon$ ) ve negatif manyetik geçirgenlik katsayısına ( $\mu$ ) aynı anda sahip olan materyaller olarak tanımladığımız metamateryaller son zamanlarda büyük ilgi çekmektedir. Bu tür materyallerin kırılma indekslerinin de negatif olduğu gösterilmiştir. Normal materyallerin tersine, metamateryallerde elektrik alan, manyetik alan, ve dalga vektörü sol-el kuralını sağladığı için bu materyallere sol-el materyaller denir. [1] İlk sol-el materyal uygulaması ince metalik tel dizileriyle, bölünmüş halka rezonatörü (split ring resonator-SRR) dizilerinin birleştirilmesiyle elde edilmiştir. Radyo frekansında, ince tel dizileri negatif  $\epsilon$ 'a sahip materyaller gibi davranırken, SRR dizileri negatif  $\mu$ 'ye sahip materyaller gibi davranır. Bu yapı aşırı kayıplı olması ve bant genişliğinin dar olması nedeniyle pratik mikrodalga devreleri için uygun değildir.

Daha yakın zamanlarda, sol-el materyaller için iletim hattı yaklaşımı önerilmiştir. Sol-el iletim hattı, normal iletim hattının tersine yüksek geçiren devre şeklindedir. Düşük araya giriş kayıpları ve geniş bant genişliği sağlayan bu yapı mikrodalga uygulamalarında verimli bir şekilde kullanılabilir. Normal bir iletim hattını (sağ-el iletim hattı) yüksek geçiren sol el iletim hattına eklemek yapının frekansa bağımlılığını azaltır. Hem sol-el hem sağ-el iletim hatları içeren devreye kompozit sağ-sol el iletim hattı denir (KSSE-İH). Şekil 1a'da KSSE iletim hattının birim hücre modeli gösterilmiştir.



Şekil 1. (a) KSSE-İH'nin birim hücre modeli ve (b) KSSE-İH bölümleri kullanılarak tasarlanmış "tümü 50Ω" güç bölücü/birleştirici yapısı

Güç bölücü/birleştiricileri, anten besleme yapılarından dağıtım sistemlerine kadar değişen çeşitli mikrodalga uygulamalarında sıkça kullanılır. Bugüne kadar eşit veya eşit olmayan güç bölümü için çok sayıda güç bölücü/birleştirici yapıları önerilmiştir. Daha önce yaptığımız bir çalışmada sadece 50Ω'luk iletim hatları ve 50Ω'luk izolasyon direncinden oluşan "tümü 50Ω" güç bölücü/birleştirici yapısı önerilmiştir. Bu yapıda izolasyon direncinin iki ucuna iletim hatları eklenmiş. Bu hatların kullanılma amacı, bölücü (birleştirici) kolların arasında fiziksel bir ayırım sağlamak, böylece karşılıklı etkileşimi azaltarak izolasyonu artırmaktır.[4] Bu yapıyla ilgili olası bir problem görece uzun izolasyon hatlarıdır ( $144.736^\circ$ ,  $324.736^\circ$ ). Bu çalışmamızda, "tümü 50Ω" güç bölücü/birleştirici yapısını geliştirmek için sağ el izolasyon hatları yerine KSSE-İH kullanılarak devrenin boyutu önemli oranda küçültülmüştür. Yeni yapının şu anki boyutuyla Wilkinson bölücüsünden bile daha küçük olduğu açıkça görülmektedir. Bu yeni yapının dezavantajı kapasitör ve indüktörlere ihtiyaç duyması olabilir. KSSE-İH kullanılarak yapılmış olan yeni güç bölücü/birleştirici yapısı Şekil 1b'de gösterilmiştir.

## II. Sol El Materyallerin İletim Hattı Yaklaşımı

KSSE İH, geleneksel iletim hattının (sağ el) seri kapasitörler ve paralel indüktörlerle periyodik olarak yüklenmesiyle oluşturulur. İletim hattı yaklaşımında, birim uzunluktaki seri kapasitör ( $C'$ ) ve paralel indüktörden ( $L'$ ) oluşan tek bir sol el iletim hattı,  $C_0$  ve  $L_0$ 'dan oluşan birim hücrelerin merdiven halinde birleştirilmesiyle gerçekleştirilebilir.

Sol el iletim hattının karakteristik empedansı sağ el iletim hattındakiyle aynıdır:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \quad (1)$$

Sağ el iletim hattının  $L$ ,  $C$  parametreleri ortamın elektriksel ve manyetiksel geçirgenlikleriyle ilişkilendirilebilir ( $\epsilon = C$ ,  $\mu = L$ ) [3]. Sol el iletim hattının empedansı ve admitansını,

$$Z' = \frac{1}{j\omega C_0}, Y' = \frac{1}{j\omega L_0} \quad (2)$$

sağ el iletim hattının empedansı ve admitansına

$$Z' = j\omega\mu, Y' = j\omega\epsilon \quad (3)$$

eşitleyerek materyalin elektriksel ve manyetiksel geçirgenliğini elde ederiz:

$$\epsilon(\omega) = -1/\omega^2 L_0 \quad (4)$$

$$\mu(\omega) = -1/\omega^2 C_0$$

Bu eşitliklerden görüldüğü gibi elektriksel geçirgenlik ve manyetiksel geçirgenlik negatiftir. (4) numaralı denklemler kullanılarak kırılma indeksi ( $n$ ) aşağıdaki şekilde bulunur:

$$n(\omega) = \sqrt{\epsilon(\omega) \cdot \mu(\omega)} = -\frac{C_0}{\omega^2 \sqrt{L_0 C_0}} \quad (5)$$

Negatif kırılma indeksi ve negatif materyal parametreleri bu iletim hattının sol el doğasını gösterir. Sol el iletim hatlarında birim uzunluktaki kapasitans ve indüktanslar sağ ele göre yer değiştirmiştir. Bu yapıda birleştirilmiş elemanlar yayılma karakteristikleri üzerinde etkilidir. Böylece elde edilen yayılma sabiti aşağıdaki formda elde edilir:

$$\beta = -\frac{1}{\omega \sqrt{L_0 C_0}} \quad (6)$$

Faz hızı ve grup hızı aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$v_p = -\omega^2 \sqrt{L_0 C_0} \quad (7)$$

$$v_g = \omega^2 \sqrt{L_0 C_0} \quad (8)$$

Negatif yayılma sabiti ve pozitif grup hızı geleneksel iletim hatlarındakinin aksine faz ve grup hızlarının aynı yönlü olmadığını gösterir. Bu durum yapının sol el materyal gibi davrandığı anlamına gelmektedir.

## III. KSSE İH ile Eşit Güç Bölücü/Birleştirici Tasarımı:

324.736° uzunluğundaki sağ el iletim hattına karşılık gelen KSSE İH,  $C=6.8\text{pF}$ ,  $L=9.7\text{nH}$  değerlerinde yükleyici elemanlar ve 7.6° uzunluğunda sağ el iletim hattı kullanılarak tasarlanmıştır. Simülasyon Agilent – Advanced Design System (ADS 2003A) kullanılarak 1GHz'de gerçekleştirilmiştir. İletim hatları ve  $C$ ,  $L$  birleştirilmiş elemanları ideal kabul edilmiştir. Tasarlanan yapı, 0603 paket kapasitör ve indüktörler ve RO4003 alt tabakası kullanılarak gerçekleştirilecek ve ölçülecektir.

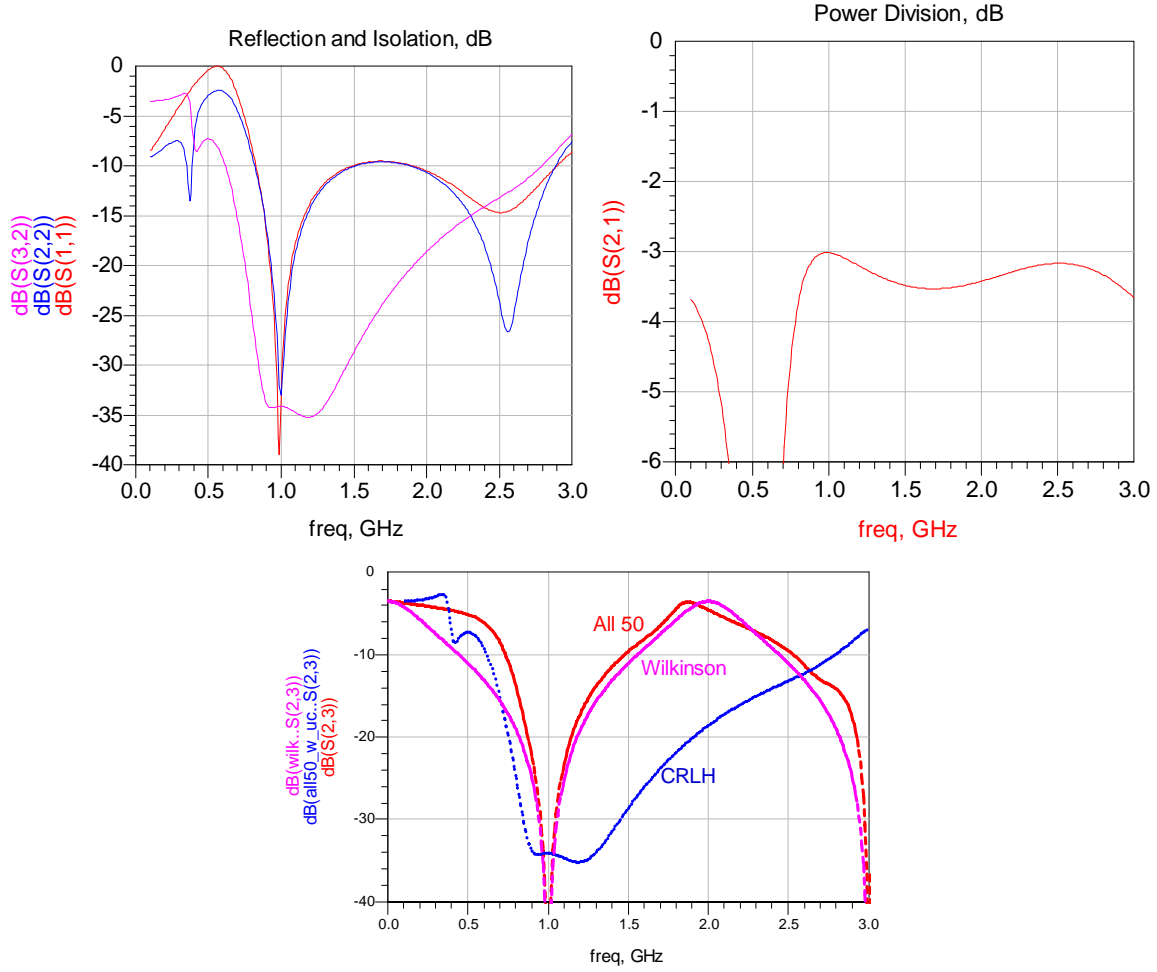
Eşit güç bölücü/birleştirici yapısındaki izolasyon direncinin her iki ucunda bulunan 50Ω'luk karakteristik empedansa sahip sağ el iletim hatları, önerilen yapıda hatların uzunluğunun minimuma indirilebilmesi için eşdeğerdeki KSSE-İH ile değiştirilmiştir.

Şekil 2'de sağ el ve sol el iletim hatları kullanılarak tasarlanmış güç bölücü/birleştirici yapılarının yansıma, iletim ve izolasyon karakteristikleri gösterilmiştir. Bu şekillerden görüldüğü üzere KSSE-İH kullanılarak tasarlanmış devrenin empedans uyum bant genişliği [4]' te önerilen devreninkinden biraz daha iyidir. Bununla birlikte yeni devrenin izolasyon karakteristiğinde önemli bir gelişme elde edilmiştir. Bu durumu vurgulamak amacıyla; oluşturulan yapının izolasyon karakteristiği ile "tümü 50Ω" güç bölücü/birleştirici ve Wilkinson güç

bölücüsü devrelerinin izolasyon karakteristikleri Şekil 2c’de karşılaştırılmıştır. KSSE yapısının kullanıldığı devrede izolasyon bant genişliği çok daha geniştir. Simulasyonlar sonucunda, elde edilen bu geniş bant aralığından ödün verilerek, yansıma ve bölüm karakteristiklerini etkilemeden, daha düşük izolasyon değerleri elde edilebilir.

#### IV. Sonuç:

Yapılan bu çalışmada KSSE-İH kullanılarak özgün, küçük boyutlu, geniş bant aralıklı eşit güç bölücü/birleştirici yapısı önerildi ve bu devrenin performansı simülasyon sonuçlarıyla gösterildi. Daha önce önerilen “tümü 50Ω” güç bölücü/birleştiricisindeki, uzunluğu 324.736° olan sağ el izolasyon iletim hatlarının yerine eşdeğer KSSE iletim hatları kullanılarak yapının daha da küçülmesi sağlandı. Bununla beraber diğer yapılara oranla oldukça geniş bir izolasyon bant aralığı elde edildi.



Şekil 3. KSSE ile tasarlanan devrenin (a)izolasyon ve yansıma eğrileri, (b) güç bölümü. (c) Değişik tipteki bölücülerin izolasyon karakteristikleri

#### Referanslar:

- [1] George Eleftheriades, Ashwin K. Iyer, Peter C. Kremer “Planar Negative Refractive Index Media Using Periodically L-C Loaded Transmission Lines”, IEEE Transactions On Microwave Theory and Techniques, Vol. 50, No. 12, Aralık 2002.
- [2] Hiroshi Okabe, Christophe Caloz, and Tatsuo Itoh, “A Compact Enhanced – Bandwidth Hybrid Ring Using A Left – Handed Transmission Line Section”, IEEE MTT-S 2003 Int. Microwave Symp. Digest, vol. 1, Haziran 2003, s. 329 – 332.
- [3] George Eleftheriades, Omar Siddiqui, and Ashwin K. Iyer, “Transmission Line Models for Negative Refractive Index Media and Associated Implementations Without Excess Resonators”, IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 13, no 2, Şubat 2003.
- [4] E. Turan, S. Demir, “An All 50 Ohm Divider/Combiner Structure”, IEEE MTT-S 2002 Int. Microwave Symp. Digest, vol 1., Haziran 2002, s. 105- 108.