

BASAMAK TİPİ DEVRE YAPISI İLE ALÇAK GEÇİREN FİLTRE TASARIMI

Adnan SAVUN¹

Turgut ACAR²

Arif DOLMA³

^{1,2,3}KOÜ Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Müh. Bölümü 41100 Kocaeli

¹e-posta: adnansavun@hotmail.com

²e-posta: elohabci@hotmail.com

³e-posta: adolma@kou.edu.tr

Anahtar kelimeler: Basamak yapılı filtre tasarımı, MS-STR_P, Mikroserit yapılı AGF, MATLAB

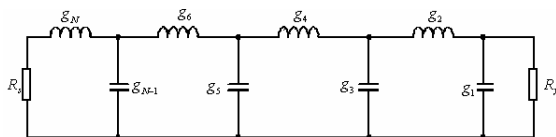
ÖZET

Basamak tipi devre yapısı ile alçak geçiren filtreleri mikroserit yapıda gerçeklemek oldukça kolaydır. Filtre çok alçak ve çok yüksek empedanslı parçalar bir araya getirilerek gerçekleştirilir.[1-3].

Önce filtre karakteristiğine karar verilir. Daha sonra istenen özellikleri sağlayacak AGF'nin prototip devresi tasarlanır. Bu devreye frekans ve empedans ölçeklendirmesi yapılır ve oluşan prototip devre mikroserit yapıya dönüştürülür. Bu çalışmada Matlab tabanlı MS Strip programıyla basamak yapılı bir AGF filtre tasarlanmış ve MS Strip programında tasarlanan basamak (yan dal) yapılı AGF yapısının pratik uygulaması yapılmıştır. Yapılan bu uygulamanın Network Analizör cihazından ölçümleri alınmıştır. Alınan ölçümler sonucunda kesim frekansı etrafında dar bir bant içerisinde kararsız davranışlar sergilediği görülmüştür bunun sebebinin malzemenin bağlı dielektrik katsayısına (ϵ_r) bağlı olduğu baskı devre kartından kaynaklandığı öngörülmüştür.

1.GİRİŞ

Basamak tipi devrelerle (Ladder type) tasarlanan alçak geçiren filtreler de güç kaybı karakteristiğini bulmak kolaydır. Toplu ögeli devre elemanları birbirine paralel kondansatör ve seri bobinlerden oluşur. Şekil-1 de merdiven tipi alçak geçiren filtre prototipi gösterilmiştir.[3].



Şekil-1. Alçak geçiren filtre örneği

R_s den görülen giriş empedansı Z_{in} ise yansıma katsayısı;

$$\Gamma = \frac{Z_{in} - R}{Z_{in} + R} \quad (1)$$

ifadesi ile hesaplanır. Buradan;

$$P_{LR} = 1 + \frac{(Z_{in} - R)^2}{2R(Z_{in} + Z_{in}^*)} \quad (2)$$

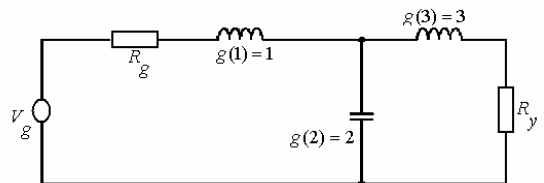
güç kaybı oranını elde ederiz.

Doğru akım altında ($\omega=0$) bütün kapasitörler açık ve bütün bobinler kısa devredir. Bu yüzden Z_{in} giriş empedansı 1 olur. Eleman değerlerini hesaplarken $R=1$ alınabilir buradan (1) denklemi gereğince kapasite elemanları Farad cinsinden hesaplanabilir. Bobin elemanları ise Henry cinsinden hesaplanabilir.

2. TASARIM

Butterworth filtre yaklaşımını kullanarak kesim frekansı 1 Ghz olan 3. dereceden bir AGF yi mikroserit basamak yapısı ile tasarlanması için;

Şekil-3'deki devrede $g(1)=1$, $g(2)=2$, $g(3)=1$... $g(N)$ prototip eleman değerlerini, N ise filtre derecesini gösterir. Giriş empedansı 50Ω olan bu devreye frekans ve empedans ölçeklendirmesi yapılmalıdır. Bu amaçla aşağıda verilen (3) ve (4) denklemleriyle endüktans ve kapasite değerleri hesaplanır.[1,3].

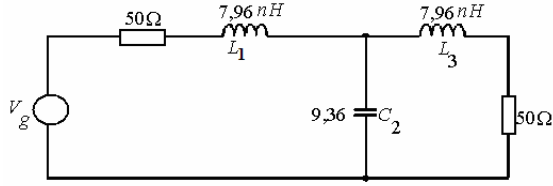


Şekil-3. 3. dereceden Butterworth yaklaşımı ile elde edilen AGF devresi

$$L_1 = \frac{g(k).Z_0}{w} \text{ [H]; } k = 1,2,\dots,N \quad (3)$$

$$C_2 = \frac{g(k)}{w.Z_0} \text{ [F]} \quad (4)$$

Frekans ve empedans ölçeklendirmesi sonucu elde edilen devre aşağıdaki gibidir.



Şekil-4 Ölçeklendirilmiş devre

Şekil-4'de verilen devre artık mikroşerit yapıya çevrilebilir. Bu dönüşüm için yüksek ve düşük empedanslı hat parçaları kullanılır. Çok düşük empedanslı hat parçası kapasiteyi, çok yüksek empedanslı hat parçası ise endüktansı ifade eder. Yüksek empedanslı hat parçası (ℓ_H) Π eşdeğer devre modeli ile gösterilir. Bu hat parçasının uzunluğu;

$$\ell_H = \frac{\lambda_H}{2\pi} \sin^{-1} \left(\frac{wL}{Z_H} \right) \quad (5)$$

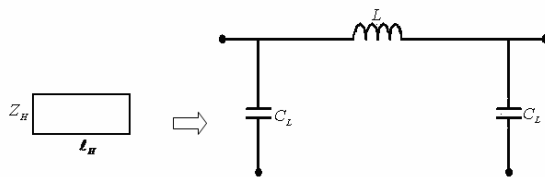
ile bulunur.

Burada ℓ_H , yüksek empedanslı hatta yayılan dalga boyu cinsinden uzunluğu, Z_H , yüksek empedanslı hattın karakteristik empedansı göstermektedir.

Şekil-5'deki paralel kapasitelerin değerleri ise;

$$C_L = \frac{1}{wZ_H} \tan \left(\frac{\pi l}{\lambda_H} \right) \text{ [F]} \quad (6)$$

ile hesaplanır.



Şekil-5 Π - eşdeğer modeli

Aynı yol ile düşük empedanslı mikroşerit hattın uzunluğu hesaplanabilir. Ancak modelleme düşük empedanslı hat T- eşdeğer devresi ile yapılır. Hat uzunluğu şöyle hesaplanır.

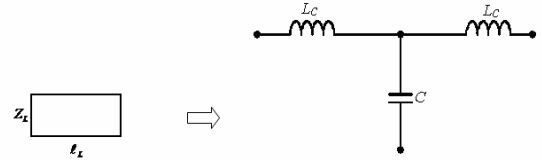
$$\ell_L = \frac{\lambda_L}{2\pi} \sin^{-1} (wCZ_L) \quad (7)$$

Burada ℓ_L düşük empedanslı hatta yayılan dalga boyu cinsinden uzunluğu, Z_L , düşük empedanslı hattın karakteristik empedansını göstermektedir.

T-eşdeğer devredeki iki seri endüktans değeri ise,

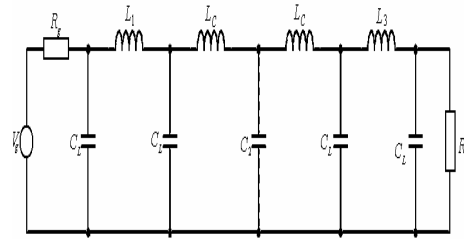
$$L_C = \frac{Z_L}{w} \tan \left(\frac{\pi l}{\lambda_L} \right) \text{ [H]} \quad (8)$$

ile hesaplanır. Şekil-6'da T-eşdeğer devresi gösterilmiştir.



Şekil-6. Yüksek empedanslı hattın T-eşdeğer devre modeli

Burada yer alan C_L ve L_C elemanları düzeltme terimleridir. Düzeltme terimleri ile beraber devre Şekil-7'deki gibi olur. [1-3].



Şekil-7. Yüksek ve düşük empedanslı hatların T ve Π eşdeğer devreleriyle filtre devresi

Şekilde yer alan C_L ve L_C elemanları devrenin endüktans (L) ve kapasite (C) değerlerinde azalmaya neden olurlar.

$$L_1 \Rightarrow L_1 - L_C, \quad C_2 \Rightarrow C_2 - C_L - C_L,$$

$$L_3 \Rightarrow L_3 - L_C$$

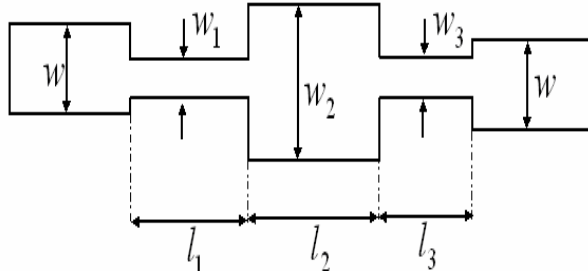
Yeni elde edilen L ve C değerleri ile hat uzunlukları yeniden hesaplanarak iterasyon bitirilir. Yeniden hesaplanan mikroşerit hat uzunlukları;

$$l_1 = 8.25 \text{ mm}$$

$$l_2 = 35.12 \text{ mm}$$

$l_3 = 8.25$ mm bulunur.

Karşılık gelen 3. dereceden AGF mikroşerit yapı Şekil-8'de gösterilmiştir.



Şekil-8 AGF Mikroşerit yapının boyutları

İstenen bobin ve kondansatör değerleri hattın w/h oranı ayarlanarak ve

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 10 \frac{h}{w}\right)^{-a} \quad (9)$$

$$a = 0.564 \left(\frac{\epsilon_r - 0.9}{\epsilon_r + 3}\right)^{0.053}$$

$$Z_0 = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_e}} \ln\left(8 + \frac{w}{4h}\right) & w/h \leq 1 \\ \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_e} \left[\frac{w}{h} + 1.393 + 0.067 \ln\left(\frac{w}{h} + 1.444\right)\right]} & w/h \geq 1 \end{cases} \quad (10)$$

(9) ve (10) denklemleri kullanılarak mikroşerit yapının boyutları; $Z_0 = 50 \Omega$ luk hat için ($h=3$ mm) mikroşerit hattın genişliği $w=9$ mm bulunur. Gerçekleştirilecek mikroşerit filtre devresinde bobin elemanları için 139.47Ω luk hat ($w_1 = w_3 = 1$ mm); kondansatör elemanları için 22.44Ω luk hat ($w_2 = 25$ mm) hat elde edilir.

3. UYGULAMA

1.Adım: İlk önce kullanacağımız çift taraflı plaketin kapasitesini ölçülmüş (C)=157 pF bulunmuştur. Daha sonra (11) denkleminde \mathcal{E} hesaplanmıştır.[1-3].

$$C = \frac{\epsilon}{d} \cdot A \quad (11)$$

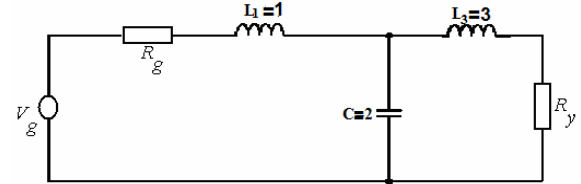
(11) denkleminde; C plaketin kapasitesi, A plaketin alanı ve d plaketin kalınlığıdır. Bu çalışmada; $d=1.5$ mm ve $A=5 \cdot 10=50$ cm² için (11) denkleminde göre;

$$\epsilon = 47,1 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m} \text{ olup;}$$

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (12)$$

(12) denkleminde, $\epsilon_r = 5.32$ bulunmuştur.

3.dereceden AGS filtre prototip değerler ve devresi Şekil-9 da verilmiştir.



Şekil-9 Tasarlanan AGF prototip devresi

2.Adım: Aşağıda yazılan matlab programıyla mikroşerit devre tasarımında girilen E_r (ϵ_r), w(mm) ve h(mm) değerleriyle Z empedansını veren program sayesinde istenilen Z için yaklaşık w değerleri bulunmuştur.

```
%Er, w(mm) ve h(mm) girilen mikroşerit yapının Z empedansını veren program
Er=input('Lütfen Er yi girin=')
h=input('Lütfen yüksekliği girin(mm)=')
w=input('Lütfen genişliği girin(mm)=')

Eff=(Er+1)/2+[(Er-1)/2*(1/sqrt((1+12*(h/w))))]
if w/h<1;
    Z=[(60/sqrt(Eff))*log(((8*h)/w)+(w/(4*h)))]
else
    Z=(120*pi)/[(sqrt(Eff))*[(w/h)+1.393+0.667*((w/h)+1.444)]]
end
```

Empedans uygunluğu için giriş ve çıkış empedanslarının 50 ohm olması istenmiştir.

Devremizi girişten itibaren tasarlamaya başlamıştır.

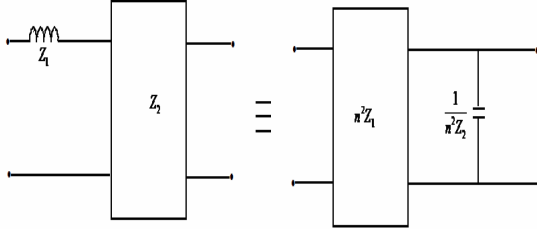
a) Programda $w=1.5$ mm girilerek $Z=48.32$ ohm ($\cong 50\Omega$) bulunmuştur. (R_g ve R_y için) Mikroşerit yolun uzunluğu

$$\lambda = \frac{c}{f_c \cdot \sqrt{\epsilon_{Eff}}} \quad (13)$$

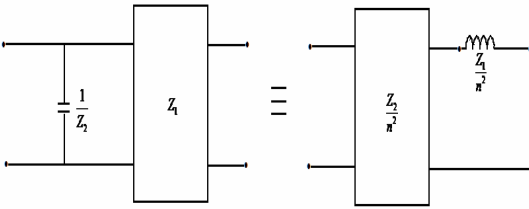
formülünden λ hesaplanarak

$$l = \frac{\lambda}{8} \cong 19.5 \text{ mm alınmıştır.}$$

b) Devredeki L_1 ve L_2 bobinini Kuroda [1,3]. tanımlamalarından yararlanarak seri hattan paralel hatta çevirdik. Bu paralel hatların empedansları $Z=25$ ohm bulunmuştur. Matlab programında[4]. $Z=25$ ohm çıkması için w' 'yi 4.5mm aldık,



Şekil-10a Kuroda tanımlamaları 1



Şekil-10b Kuroda Tanımlamaları 2

Burada çıkan yeni $\epsilon_{eff} = 4,1260$ için;

(13) denkleminde λ bulunarak; $l = \frac{\lambda}{8}$ den

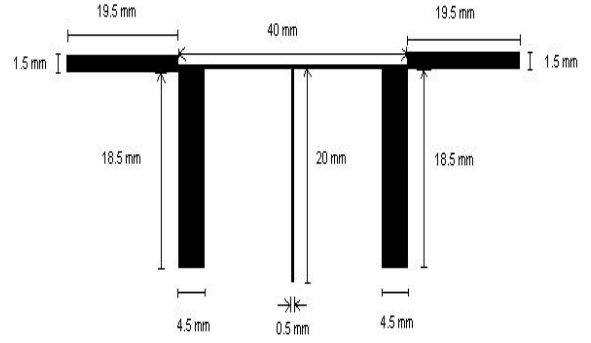
$l=18,5$ mm bulunmuştur.

c) Kapasite için; $2.50=100$ ohm'luk paralel hat için; matlab programından yararlanılarak $w = 0.5$ mm çıktı.

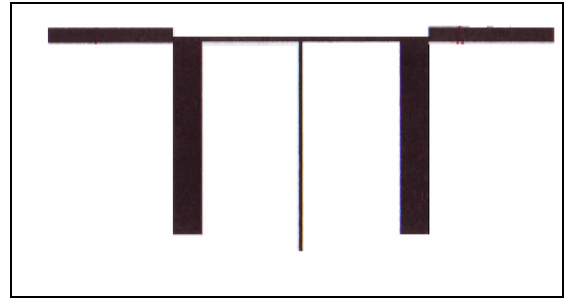
Burada çıkan $\epsilon_{eff}=3,5151$ için (12) denklemi ve

$l = \frac{\lambda}{8}$ den, $l=20$ mm bulunmuştur.

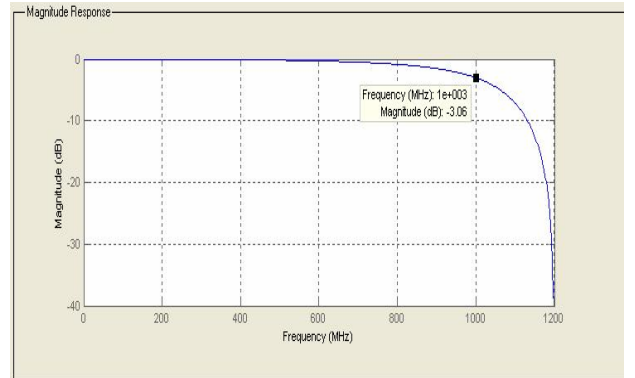
3. Adım: Burada 1. ve 2. adımda bulunan değerler kullanılarak yan dallar yöntemiyle filtre gerçekleştirilmiştir. (Prototip devreki elemanlar normalize olup, $Z_0=50$ ohm ile çarpılarak gerçek değerleri bulunmuştur.) Şekil-11'de Filtrenin ölçümlendirilmiş hali Şekil-12'de Filtre bilgisayar ile çizilerek baskıya hazır hale getirilmiş durumu ve Şekil-13 Alçak Geçiren Filtre Matlab simülasyonu verilmiştir.



Şekil-11. Filtrenin ölçümlendirilmiş hali



Şekil-12. Filtre bilgisayar ile çizilerek baskıya hazır hale getirilmiş durumu.

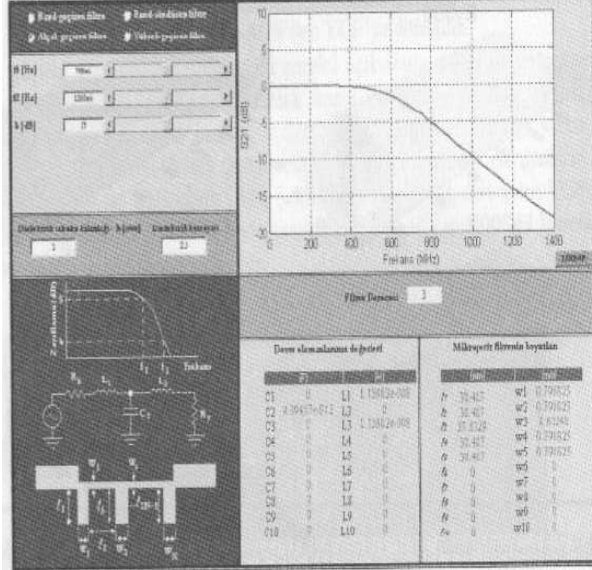


Şekil-13 Alçak Geçiren Filtre Matlab simülasyon sonucu

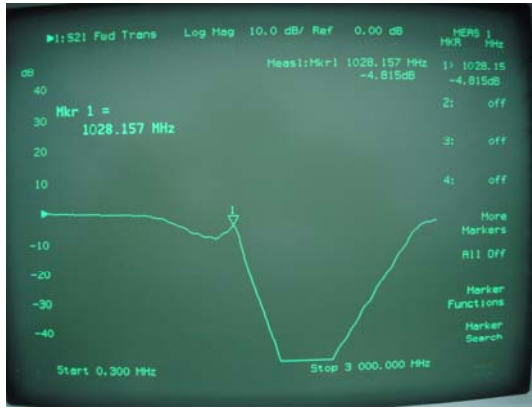
MS Strip programında tasarlanan basamak (yan dal) yapılı AGF yapısının pratik uygulaması yapılmıştır. Yapılan bu uygulamanın Network Analizör Cihazından ölçümleri alınmıştır.

Yan dallar yöntemi ile tasarlanan filtrenin 1 Ghz kesim (F_{pass}) , 1.2 Ghz sönümleme (F_{stop}) frekansında genlik yanıtı aşağıdaki gibi bulunmuştur.[3,4].

Şekil-14'de tasarımı tamamlanmış devre ve Şekil-15'de Network Analizör ile ölçüm sonucu gösterilmiştir.



Şekil-14 Tasarımı tamamlanmış devre



Şekil-15. Network Analizör ile ölçüm sonucu

4.SONUÇ

Bu çalışmada, 1 Ghz kesim frekansı olan üçüncü dereceden alçak geçiren bir yan dallar yöntemi ile tasarlanmış ve geliştirilen tasarımın pratik uygulaması yapılmıştır.

Basamak tipi devrelerle (Ladder type) tasarlanan alçak geçiren filtreler; toplu ögeli devre elemanları birbirine paralel kondansatör ve seri bobinlerden oluşur. Yüksek geçiren bir filtre için yüksek empedans hatları ile düşük empedans hatlarının yerinin değiştirilmesi yeterli olacaktır.

Belirlenen metodun teoride öngörülen kesim frekans değeri etrafında dar bir bant içerisinde kararsız davranışlar sergilediği görülmüştür. Bunun sebebinin malzemenin bağlı dielektrik katsayısının (ϵ_r) bağlı olduğu baskı devre kartından kaynaklandığı öngörülmüştür.

Bu uygulama için Matlab programında yapılan simülasyon ile network analizörden alınan ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında belirlenen tasarım metodunun uygulanabilir olduğu görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

[1]. E.H.Fooks, R.A.Zakarevičius ,M ,Microwave Engineering Using Microstrip Circuits, Prentice Hall, New York, 1990

[2]. M. Schneider, “Microstrip Lines for Microwave Integrated Circuits”, Bell Syst. Tech. J., 48, pp.1421- 1444,1969.

[3]. <http://www.ee.bilkent.edu.tr/~microwave/programs/magnetic/mfilters/mfilters.htm>

[4]. http://www.mathworks.com/access/helpdesk_r12p1/help/toolbox/filterdesign/fdq_ove7.shtml#1703