

bir süzgeç tasarım programı

turhan çiftçi başı
özay hüseyin

ÖZET

Alçak geçiren yada bant geçiren süzgeçlerin- tasarımı için hazırlanmış bir bilgisayar programı tanıtılmaktadır. Bu program araya girme kaybı yöntemi ile hazırlanmış, sayısal güvenilirliği artırmak için z dönüşüm değişkeni kullanılmıştır.

SUMMARY

A computer program is introduced which has been prepared for designing low-pass or band-pass filters. The program has been prepared using the insertion loss method and the z transform variable is used to increase the numerical accuracy.

UDK: 621.372.54-11

1. GİRİŞ

Bu yazının amacı, genel parametrelili bant geçiren ve alçak geçiren süzgeç tasarımı için hazırlanmış bilgisayar programını tanıtmak ve kullanımı için gerekli kuramsal bilgiyi özetlemektir.

Araya girme kaybı yöntemi ile tasarım, Şekil 1'de verilen türde zayıflama tolerans sınırlarından başlamakta ve

$$A(s) = 10 \log_{10} \left[1 + |k(j\omega)|^2 \right] \quad (D)$$

Turhan Çiftçibaşı, Hacettepe Üniversitesi

özay Hüseyin, Doç.Dr., ODTÜ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 245

söndürme işlevinin verilen koşullara uymasını sağlayan bir

$$k(s) = \frac{f(s)}{q(s)}$$

karakteristik işlevin bulunmasını gerektirmektedir. Kullanılan yaklaştırma işlevinin seçiminde q(s) çokterimlisi tek yada çift çokterimlisi olmalıdır. Daha sonra

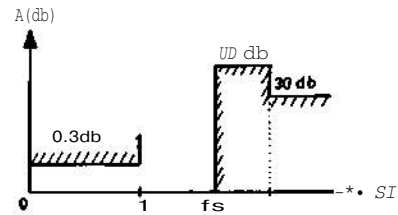
$$e(s) e(-s) = f(s) f(-s) + q(s) q(-s) \quad (2)$$

çokterimlisinin köklerinden sol yarı düzlemdeki kökler ile sanal eksendeki çift köklerden biri alınarak f(s) Hurvitz çokterimlisi oluşturulur. e(s) ve f(s) çokterimlilerinin tek ve çift kısımlarından yararlanarak Çizelge 1'de verilen açık ve kısa devre empedans işlevleri elde edilebilir [1].

| q(s) çift iken | q(s) tek iken |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| $\frac{X_{10}}{R_1} = \frac{e - fe}{o + fo}$ | $\frac{X_{10}}{R_1} = \frac{o - fo}{e - fe}$ |
| $\frac{K_{1S}}{R_1} = \frac{o - fo}{e + fe}$ | $\frac{K_{1S}}{R_1} = \frac{e - fe}{o + fo}$ |
| $\frac{X_{20}}{R_2} = \frac{e + fe}{o + fo}$ | $\frac{X_{20}}{R_2} = \frac{o + fo}{e + fe}$ |
| $\frac{K_{2S}}{R_2} = \frac{o - fo}{e - fe}$ | $\frac{K_{2S}}{R_2} = \frac{e - fe}{o - fo} ! * ?$ |

Çizelge 1.

Böylece elde edilen açık devre yada kısa devre reaktans işlevlerinin söndürme kutuplarına sıfır kaydırma ve kutup sökme yöntemi ile gerçekleştirilmesi olanaklıdır. Çizelge 2'de her adımda öge değerlerinin ve bir sonraki reaktans işlevinin nasıl elde edileceği özetlenmiştir. Aynı çizelgede tutarlı bir devre düzenimi elde etmek için dikkat edilmesi gereken empedans özellikleri de gösterilmiştir [1].



Şekil 1. Alçak geçiren ve bant geçiren süzgeçler için tolerans eğrilerine örnekler.

| BAŞLANGIÇ REAKTANS ÖZELLİĞİ | SÖKÜLEN KUTUP | HÜCRE YAPISI | ÖSE DEĞERLERİ VE KALAN REAKTANS İŞLEVI | SONUÇ REAKTANS ÖZELLİĞİ | |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------|
| Sıfırda açık devre sonsuzda kısa devre (C türü) | $f = 0$ | | $C = \frac{1}{sX} \mid s=0$ $X' = X - \frac{1}{sC}$ | İstem © | Sıfırda kısa devre sonsuzda açık devre (Paralel LC türü) |
| | $f = \infty$ | | $C = \frac{1}{sX} \mid s=\infty$ $\frac{1}{X'} = \frac{1}{X} - sC$ | İşlem ② | Sıfırda açık devre sonsuzda açık devre (Seri LC türü) |
| | $f = \Omega_i$ Alt söndürme bandı kutbu | | $\frac{1}{sX} \mid s' = -\alpha \pm j\omega$ $X = X - \frac{1}{sC}$ $L_1 = \frac{sX'}{s^2 + \Omega_i^2} \mid s^2 = -\Omega_i^2$ $\frac{1}{X'} = \frac{1}{X} - \frac{s/L_1}{s^2 + \Omega_i^2}$ $C_1 = \frac{1}{L_1 \Omega_i^2}$ | İşlem © | Sıfırda açık devre sonsuzda kısa devre (C türü) |
| | $f = \Omega_i$ Üst söndürme bandı kutbu | | $C = \frac{1}{sX} \mid s^2 = -\Omega_i^2$ $\frac{1}{X'} = \frac{1}{X} - sC$ $C_1 = \frac{s/X'}{s^2 + \Omega_i^2} \mid s' = -\alpha \pm j\omega$ $X' = X' - \frac{s/C_1}{s^2 + \Omega_i^2}$ $L_1 = \frac{1}{C_1 \Omega_i^2}$ | İşlem © | |
| Sıfırda kısa devre sonsuzda açık devre (L türü) | $f = 0$ | | $-f \mid s=0$ $\frac{1}{UT} = \frac{1}{X} - \frac{1}{sL}$ | İşlem © | Sıfırda açık devre sonsuzda açık devre (Seri IX türü) |
| | $f = \infty$ | | $L = \frac{X}{s} \mid s=\infty$ $X' = X - sL$ | İşlem © | Sıfırda kısa devre sonsuzda kısa devre (Paralel LC türü) |
| | $f = \Omega_i$ Alt söndürme bandı kutbu | | $L = \frac{X}{s} \mid s^2 = -\Omega_i^2$ $\frac{1}{X'} = \frac{1}{X} - \frac{1}{sL}$ $C_1 = \frac{s/X'}{s^2 + \Omega_i^2} \mid s^2 = -\Omega_i^2$ $X' = X' - \frac{s/C_1}{s^2 + \Omega_i^2}$ $L_1 = \frac{1}{C_1 \Omega_i^2}$ | İşlem © | Sıfırda kısa devre sonsuzda açık devre (L türü) |
| | $f = \Omega_i$ Üst söndürme bandı kutbu | | $L = \frac{X}{s} \mid s' = -\alpha \pm j\omega$ $X' = X - sL$ $L_1 = \frac{sX'}{s^2 + \Omega_i^2} \mid s^2 = -\Omega_i^2$ $\frac{1}{X'} = \frac{1}{X} - \frac{J = s/L_1}{s^2 + \Omega_i^2}$ $C_1 = \frac{1}{L_1 \Omega_i^2}$ | İşlem © | |
| Sıfırda kısa devre sonsuzda kısa devre (Paralel LC türü) | $f = 0$ | | istem © teki gibi | | Sıfırda açık devre sonsuzda kısa devre (C türü) |
| | $f = \infty$ | | işlem © deki gibi | | Sıfırda kısa devre sonsuzda açık devre (L türü) |
| | $f = \Omega_i$ Alt söndürme bandı kutbu | | işlem © deki gibi | | Sıfırda kısa devre sonsuzda kısa devre (Paralel LC türü) |
| | $f = \Omega_i$ Üst söndürme bandı kutbu | | işlem © deki gibi | | |
| Sıfırda açık devre sonsuzda açık devre (S-n LC türü) | $f = 0$ | | işlem © deki gibi | | Sıfırda kısa devre sonsuzda açık devre (L türü) |
| | $f = \infty$ | | İşlem ② deki gibi | | Sıfırda açık devre sonsuzda kısa devre (C türü) |
| | $f = \Omega_i$ Alt söndürme bandı kutbu | | İşlem © deki gibi | | Sıfırda açık devre sonsuzda açık devre (Seri LC türü) |
| | $f = \Omega_i$ Üst söndürme bandı kutbu | | işlem (I) deki gibi | | |

çizelge 2.

2. SAYISAL KESİNLİĞİN KAYBI

Yukarıda belirtilen yöntemlerle birçok bilgisayar programı hazırlanmıştır. Fakat bu yöntemle devre tasarımında, sayısal hesaplamalarda güvenilir evciklerin kaybolması oldukça hızlıdır. Sayısal kesinliğin kaybı özellikle iki noktada görülmektedir:

a) 2'nci eşitlikten hesaplanan $e(s)$ $e(-s)$ çokterimlisinin katsayılarından sıfırlarının bulunması, bu sıfırların sol yarı düzlemde ve sanal eksen üzerinde olanları ile Hurvitz çokterimlisi $e(s)$ 'in elde edilmesinde: Bu çokterimlisinin sıfırları birbirine çok yakın olduğundan işlem sırasında güvenilir evciklerin büyük kısmı kaybolmaktadır.

b) Çizelge 2'de verilen devre öğelerinin gerçekleştirilmesi sırasında: Her gerçekleştirme adımından sonra elde edilen empedans işlevinin pay ve paydasından birer kutup sadeleşmektedir. Her adımda çokterimlilerin sıfırlarından katsayılarını hesaplama, başka bir çokterimli ile toplayıp sonra tekrar köklerini bulma işlemi yinelenmekte; empedans işlevlerinin sıfır ve kutupları birbirine çok yakın olduğundan bu hesaplamalar sırasında güvenilir evcikler büyük ölçüde yok olmaktadır.

Sayısal kesinliğin kaybolmasını önlemek için iki yol kullanılmıştır:

1) Hesaplamanın tüm evrelerinde çokterimlileri kökleri ve başlangıç katsayısı ile bellekte tutmak. Bu yöntemde iki çokterimlinin çarpımı yada bölümü kolay olmaktadır. İki çokterimlinin toplamı ise "Katsayılarını bulmadan toplam çokterimlinin köklerini ve ilk katsayısını bulan" bir yöntem geliştirilerek hesaplanmaktadır. Böylece hem 1 inci denklemde $e(s)$ çokterimlisinin bulunması sırasında, hem de gerçekleştirme adımlarında sayısal güvenilirlik korunmaktadır [2, 3].

2) $e(s)$ çokterimlisinin sıfırları ile reaktans işlevinin sıfır ve kutuplarının yığılma noktasının uç frekanslar yakını olduğu bilindiğine göre, bir dönüşüm değişkeni kullanarak yeni değişken ekseninde yığılma noktası yakınına genişletmek ve hesaplamaları bu değişken türünden yapmak da güvenilirliğin kaybolmasını önleyen bir yöntemdir [4 - 9]. Tanıtılan program bu yöntemle hazırlanmış olup, bütün hesaplamalar yeni değişken türünden yapılmaktadır.

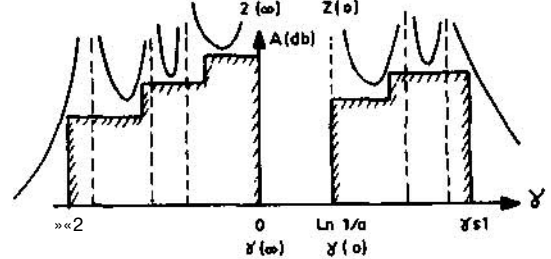
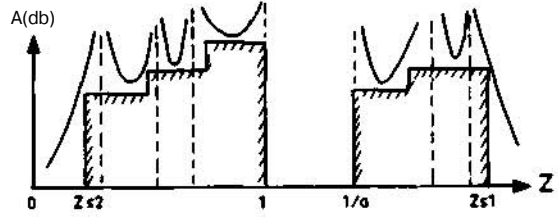
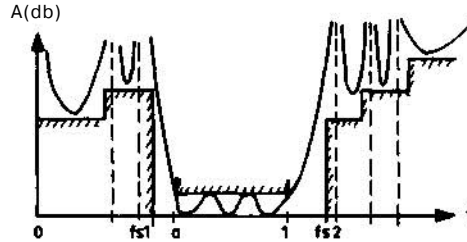
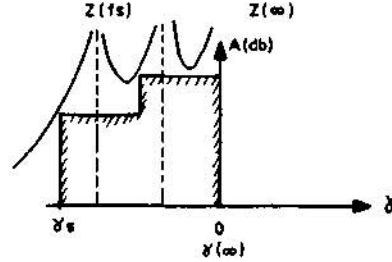
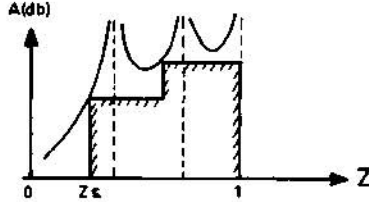
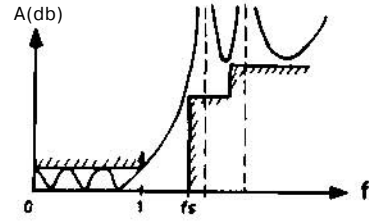
Düzgülenmiş sıklık ekseninde geçirme bandı uç frekansları 1 ve a noktaları, sayısal kesinliğin kaybolmasına neden olan yığılma noktaları olduğuna göre yeni değişkenimiz

$$z = \frac{f^2 - 1}{f^2 - a^2} \quad (3)$$

ve alçak geçiren süzgeç için $a=0$ olduğundan;

$$z = \frac{f^2 - 1}{f^2} \quad (4)$$

olarak tanımlanmaktadır. Bu dönüşüm, geçirme bandını tüm sanal eksene, söndürme bantlarını ise gerçel eksen üzerine ve (1) ve (a) noktaları yakınına açacak biçimde eşlemektedir. Böylece 3 ekseninde f_{s1} ve f_{s2} yakınındaki kutupların araları açılmaktadır [4-11].



Şekil 2. Kayıp toleranslarının ve koşulları sağlayan bir kayıp işlevinin düzgülenmiş frekans, z ve γ eksenlerinde görünümü.

| BAŞLANGIÇ REAKTANS İŞLEVI | SÖKÜLEN KUTUP | HÜCRE VAPISI | ÖÇE DEĞERLERİ VE KALAN İŞLEV | SONUÇ REAKTANS İŞLEVI | |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| $\frac{N\sqrt{z^2-1}}{D\sqrt{1-a^2z^2}}$ | $f = 0$ $z = 1/0$ | | $C = -8i, w$ $N = \frac{N \cdot \frac{1}{D}}{1-a^2z^2}$ | $\frac{N\sqrt{z^2-1}}{D}$ | |
| | $f = \infty$ $z = 1$ | | $C = \frac{D}{N} \Big _{z=1}$ $D = \frac{D \cdot C \cdot N}{z^2-1}$ | $\frac{N}{D\sqrt{z^2-1} \sqrt{1-a^2z^2}}$ | |
| | $f = \Omega i$ $z = mi$ Alt söndürme bandı kutbu | | $C = \frac{D}{N} \Big _{z^2=mi^2}$ $k = \frac{D}{N(z^2-1)} \Big _{z^2=mi^2}$ $L1 = \frac{1-mi^2}{k(1-a^2)}$ | $N = \frac{N \cdot \frac{1}{D}}{z^2-1mi^2}$ $D = \frac{D \cdot k(z^2-1)N}{(z^2-mi^2)}$ $C1 = \frac{k(1-a^2)}{1-a^2mi^2}$ | $\frac{N\sqrt{z^2-1}}{D \cdot yi \cdot 0 = z^2}$ |
| | $f = -i$ Üst söndürme bandı kutbu | | $C = \frac{D}{N} \Big _{z^2=mi^2}$ $k = \frac{N}{D(1-a^2z^2)} \Big _{z^2=mi^2}$ $C1 = \frac{1-mi^2}{k(1-a^2)}$ | $D = \frac{D \cdot C \cdot N}{z^2-mi^2}$ $N = \frac{N \cdot h(1-a^2)D}{z^2-mi^2}$ $L1 = \frac{k(1-a^2)}{1-0mi^2}$ | |
| $\frac{N\sqrt{1-a^2z^2}}{D\sqrt{z^2-1}}$ | $f = 0$ $z = 1/0$ | | $L = \frac{N}{D} \Big _{z^2=1/a^2}$ $D = \frac{D \cdot \frac{1}{L} \cdot N}{1-a^2z^2}$ | $\frac{N}{D\sqrt{z^2-1} \sqrt{1-a^2z^2}}$ | |
| | $f = \infty$ $z = 1$ | | $L = \frac{N}{D} \Big _{z^2=1}$ $N = \frac{N \cdot L \cdot D}{z^2-1}$ | $\frac{N\sqrt{z^2-1} \sqrt{1-a^2z^2}}{D}$ | |
| | $f = \Omega i$ $z = mi$ Alt söndürme bandı kutbu | | $L = \frac{N}{D} \Big _{z^2=mi^2}$ $k = \frac{N}{(z^2-1)D} \Big _{z^2=mi^2}$ $C1 = \frac{1-mi^2}{k(1-a^2)}$ | $D = \frac{D \cdot \frac{1}{L} \cdot N}{z^2-mi^2}$ $N = \frac{N \cdot k(z^2-1)D}{z^2-mi^2}$ $L1 = \frac{k(1-a^2)}{1-a^2mi^2}$ | $\frac{N\sqrt{z^2-1}}{D\sqrt{z^2-1}}$ |
| | $f = -i$ $z = mi$ Üst söndürme bandı kutbu | | $L = -\frac{1}{j}$ $k = \frac{D}{(1-a^2z^2)N} \Big _{z^2=mi^2}$ $L1 = \frac{1-mi^2}{k(1-a^2)}$ | $D = \frac{D \cdot k(1-a^2)N}{z^2-mi^2}$ $C1 = \frac{k(1-a^2)}{1-a^2mi^2}$ | |
| $\frac{N\sqrt{z^2-1} \sqrt{1-a^2z^2}}{D}$ | $f = 0$ $z = 1/0$ | | $L = \frac{(z^2-3)N}{D} \Big _{z=1/a^2}$ $D = \frac{D \cdot \frac{1}{L} \cdot (z^2-1)N}{1-a^2z^2}$ | $\frac{N\sqrt{z^2-1}}{D\sqrt{1-a^2z^2}}$ | |
| | $f = \infty$ $z = 1$ | | $C = \frac{D}{(1-a^2z^2)N} \Big _{z=1}$ $D = \frac{D \cdot C \cdot D \cdot N}{1-a^2z^2}$ | $\frac{N\sqrt{1-a^2z^2}}{D\sqrt{z^2-1}}$ | |
| | $f = \Omega i$ $z = mi$ Alt söndürme borat kutbu | | $L = -\frac{5}{j} \Big _{z=mi}$ $k = \frac{N}{D} \Big _{z^2=mi^2}$ $C1 = \frac{1-mi^2}{k(1-a^2)}$ | $D = \frac{D \cdot \frac{1}{L} \cdot (z^2-1)N}{z^2-mi^2}$ $N = \frac{N \cdot kD}{z^2-mi^2}$ $L1 = \frac{k(1-a^2)}{1-0mi^2}$ | $\frac{N\sqrt{z^2-1} \sqrt{1-a^2z^2}}{D}$ |
| | $f = \Omega i$ $z = mi$ Üst söndürme bone kutbu | | $C = \frac{D}{(1-a^2z^2)N} \Big _{z=mi}$ $k = \frac{N}{D} \Big _{z^2=mi^2}$ $C1 = \frac{1-mi^2}{k(1-a^2)}$ | $D = \frac{D \cdot C(1-a^2z^2)N}{z^2-mi^2}$ $N = \frac{N \cdot kD}{z^2-mi^2}$ $L1 = \frac{k(1-a^2)}{1-a^2mi^2}$ | |
| $\frac{N}{D\sqrt{z^2-1} \sqrt{1-a^2z^2}}$ | $f = 0$ $z = 1/a$ | | $C = \frac{(z^2-1)D}{N} \Big _{z=1/a^2}$ $N = \frac{N \cdot C \cdot (z^2-1)D}{1-a^2z^2}$ | $\frac{N \cdot yi \cdot gi^2}{D\sqrt{z^2-1}}$ | |
| | $f = \infty$ $z = 1$ | | $L = \frac{N}{(1-a^2z^2)D} \Big _{z=1}$ $N = \frac{N \cdot L \cdot (1-a^2z^2)D}{z^2-1}$ | $\frac{N}{D\sqrt{1-a^2z^2}}$ | |
| | $f = \Omega i$ $z = mi$ Alt söndürme bandı kutbu | | $C = \frac{(z^2-1)D}{N} \Big _{z^2=mi^2}$ $k = \frac{D}{N} \Big _{z^2=mi^2}$ $L1 = \frac{k(1-a^2)}{1-a^2mi^2}$ | $N = \frac{N \cdot \frac{1}{D} \cdot (z^2-1)D}{z^2-mi^2}$ $D = \frac{D \cdot kN}{z^2-mi^2}$ $C1 = \frac{k(1-a^2)}{1-a^2mi^2}$ | $\frac{N}{D\sqrt{z^2-1} \sqrt{1-a^2z^2}}$ |
| | $f = \Omega i$ $z = mi$ Üst söndürme bandı kutbu | | $L = \frac{N}{(1-a^2z^2)D} \Big _{z^2=mi^2}$ $k = \frac{D}{N} \Big _{z^2=mi^2}$ $L1 = \frac{1-mi^2}{k(1-a^2)}$ | $N = \frac{N \cdot L(1-a^2z^2)D}{z^2-mi^2}$ $D = \frac{D \cdot kN}{z^2-mi^2}$ $C1 = \frac{k(1-a^2)}{1-a^2mi^2}$ | |

Çizelge 4.

Hesaplamanın ilk evrelerinde (yaklaştırma işlevinin bulunmasında) z değişkeni yerine $Y = Lnz$ değişkeni kullanılmaktadır. Şekil 2'de düzgülenmiş sıklık, z değişkeni ve y değişkeni türünden, kayıp koşulları görülmektedir.

3. SÖNDÜRME KUTUPLARININ BULUNMASI

Verilen kayıp toleranslarından yararlanarak geçirme bandında eşit dalgacıklı ve toleransı aşmayan; söndürme bandında toleransı sağlayan bir karakteristik işlev bulunması [4, 5,9] da verilmektedir. Kullanılan karakteristik işlev, matematiksel yapısı gereği, geçirme bandında eşit dalgacık özelliğini göstermekte, söndürme bandı kutuplarını değiştirerek istenen herhangi bir söndürme koşulunu yeteri kadar kutup kullanarak sağlama olanağını vermektedir.

Program destesi üç ayrı programdan oluşmaktadır. Birinci program _1] deki yöntemle söndürme kutuplarının en uygun yerini bulmaktadır. Programa giriş değerleri olarak sıfır ve sonsuzdaki kutup sayıları, geçirme bandında enbüyük zayıflama ve söndürme bandı zayıflama koşulları verilmektedir. Program çıktısı olarak z cinsinden kutup değerleri elde edilmektedir ve bu değerler, sıfır ve sonsuzdaki kutup sayıları ve geçirme bandında enbüyük zayıflama değeri ile birlikte karakteristik işlevi tanımlamaya yeterlidir. Bu çıktı değerleri ikinci programa veri olarak kullanılmaktadır.

Birinci programın bir özelliği de bazı sıklıklarda özel kutup istenebilmesidir. Böylece bazı sıklıkların tümüyle durdurulması mümkün olmaktadır. Program bu özel kutupları yerinde tutmakta, öteki kutupların yerlerini ayarlayarak en uygun durumlarını bulmaktadır.

4. EMPEDANS İŞLEVINİN ELDE EDİLMESİ

İşlemin bu evresinde $k(s) = f(s)/q(s)$ karakteristik işlevinin elde edilmesi ve (2) eşitliğindeki $e(s)$ $e(-s)$ çokterimlisi ile bunun Hurvitz kısmı olan $e(s)$ çokterimlisinin elde edilmesi z cinsinden gerçekleştirilecektir.

Program paketindeki ikinci program zayıflama kutuplarını girdi olarak almakta; buradan $f(s)$, $q(s)$ ve $e(s)$ çokterimlilerinin z dönüşümünü elde etmektedir. Çizelge 1'deki açık ve kısa devre empedans işlevlerinin pay ve payda çokterimlilerini oluşturacak A, B, C ve Cl çokterimlileri program çıktısında verilmektedir. Bu çokterimliler Çizelge 3'te görüldüğü gibi empedans işlevini oluşturmaktadırlar.

B, C ve Cl çokterimlileri üçüncü programda veri olarak kullanılmakta, verilen devre düzenimine göre empedans deyimlerinin pay ve paydası olarak program tarafından seçilmektedir.

5. ÖĞE DEĞERLERİNİN BULUNMASI

B, C ve Cl çokterimlileri kullanılarak elde edilen $X_{10}, X_{15}, X_{20}, X_{25}$ işlevlerinin gerçekleştirilmesi, Çizelge 2'de s cinsinden verilen sıfır kaydırma ve kutup sökme yönteminin z cinsinden yürütülmesi ile sağlanır. Gerçekleştirme evresinin aksamaması için verilen devre düzeniminin tutarlı bir düzenim olması gerekmektedir. Çizelge 4 aynı işlemin z cinsinden yürütülmesi için yeterli

| Giriş Empedans Özelliği | Empedans İşlevi | |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| | Düşük Dereceli Empedans | Yüksek Dereceli Empedans |
| Sen LC türü (Sıfır ve sonsuzda açık devre) | $\frac{B}{\sqrt{1-\alpha^2 z^2} \sqrt{z^2-1} C}$ | $\frac{C_1}{\sqrt{1-\alpha^2 z^2} \sqrt{z^2-1} B}$ |
| Paralel LC türü (Sıfır ve sonsuzda kısa devre) | $\frac{\sqrt{1-\alpha^2 z^2} \sqrt{z^2-1} C}{B}$ | $\frac{\sqrt{1-\alpha^2 z^2} \sqrt{z^2-1} B}{C_1}$ |

Çizelge 3.

bilgiyi özet olarak vermektedir. Devrenin tutarlı olması için gerekli koşullar da bu çizelgeden anlaşılabilir.

Devrenin düzeniminin tutarlı olmasından ne anlaşıldığı şu şekilde açıklanabilir: Gerçekleştirmenin herhangi bir evresinde:

a) Empedans C türü iken dizi yada koştut bobinle başlayan bir devre gelemez.

b) Empedans L türü iken dizi yada koştut sığaçla başlayan bir devre gelemez.

c) Empedans dizi LC türü iken koştut bobin yada koştut sığaç ile başlayan bir devre gelemez.

d) Empedans koştut LC türü iken dizi bobin yada dizi sığaç ile başlayan bir devre gelemez.

En az sayıda bobin kullanan geleneksel süzgeç tasarımı için her iki kapıdan gerçekleştirilebilecek tutarlı bir düzenim elde etmek için yalın bir yöntem aşağıda verilmektedir.

Program 3, girdi olarak her iki kapıdan devre düzenimini ve B, C, Cl çokterimlilerini kabul etmektedir. Her iki kapıdan açık devre ve kısa devre empedansları kullanılarak ikişer gerçekleştirme yapılmaktadır. Sağdan ve soldan yapılan gerçekleştirilmede bulunan değerlerin oranı R1/R2 ye eşit olacaktır.

6. TUTARLI BİR DEVRE DÜZENİMİ İÇİN ALGORİTMA

Geleneksel bant geçiren süzgeçlerde giriş ve çıkış kapı empedansları ya "dizi LC türü" yada "koştut LC türü" özelliktedir. Giriş ve çıkış empedans özellikleri ile sıfır ve sonsuz sıklıklardaki kutup sayıları arasındaki ilişki Çizelge 5'te özetlenmiştir.

Çizelge 5.

| Sıfır ve Sonsuzdaki Kutup Sayısı | Giriş Empedansı | Çıkış Empedansı | Devrenin Genel Gösterimi |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| No = 1 r _{oo} = 3 | Seri LC türü | Sen LC türü | |
| No = 3 N _{oo} = 1 | Paralel LC türü | Paralel LC türü | |
| No = 2 N _{oo} = 2 | Seri LC türü | Paralel LC türü | |
| No = 2 N _{oo} = 2 | Paralel LC türü | Sen LC türü | |

| Hücre No | Hücre Yapısı | Sökülen Kutup | Hücre No | Hücre Yapısı | Sökülen Kutup |
|----------|--------------|---------------|----------|--------------|--------------------|
| 100 | | $f = 0$ | 500 | | $0 < f < f_1$ |
| 200 | | $f = 0$ | 600 | | $0 < f < f_1$ |
| 300 | | $f = \infty$ | 700 | | $f_2 < f < \infty$ |
| 100 | | $f = \infty$ | 800 | | $f_2 < f < \infty$ |

Çizelge 6.

Devre tasarımında N_0 ve N_1 sayıları başlangıçta kararlaştırılır ve öteki (sonlu ve sıfırdan farklı) kutupların en uygun değerleri buna göre hesaplanır. Gerçekten birinci programa giriş verilerinden ikisi N_0 ve N_1 sayılarıdır. Birinci program çıktısından elde edilen (ikinci programda da kullanılan olan) alt ve üst söndürme bantlarındaki sonlu ve sıfırdan farklı kutupların sayıları kullanılarak tutarlı bir devre düzenimi saptanmalıdır. Devre hücreleri için kullanılan kodlama Çizelge 6'da verilmiştir [1, 8].

Devre düzenimi, söndürme kutuplarını Çizelge 4' teki sınırlamalara uyarak sırayla gerçekleştiren çok çeşitli biçimlerde verilebilir. Fakat bobin sayısını artırmamak için 600 ve 700 nolu hücrelerin hiç kullanılmaması, 200 ve 300 nolu hücrelerin en az sayıda kullanılması gerekmektedir. Aşağıdaki algoritma ile her iki kapıdan gerçekleştirilebilecek, yukarıdaki koşullara uyan birçok devre düzenimi elde edilebilir:

- 1) Giriş empedansı "dizi LC türü" ise 300 nolu hücre ile sonsuzdaki bir kutbu, "koşut LC türü" ise 200 nolu hücre ile sıfırdaki bir kutbu gerçekleştiriniz.
- 2) Daha sonra herhangi bir banttı başlayarak, bir kutup alt söndürme bandından, bir kutup üst söndürme bandından sırayla gerçekleştiriniz (500 ve 800 nolu hücrelerle).
- 3) Bir üst-bir alt söndürme bandından gerçekleştirme yapılırken sıra üst söndürme bandına geldiğinde üst söndürme bandında sökülecek kutup kalmamış ise bu bandın aşırı uç sıklığı olan sonsuz sıklıkta bir kutup sökerek gerçekleştiriniz (400 nolu hücre ile).
- 4) Bir üst-bir alt söndürme bandından gerçekleştirme yapılırken sıra alt söndürme bandına geldiğinde alt söndürme bandında sökülecek kutup kalmamış ise bu bandın aşırı uç sıklığı olan sıfır sıklıkta bir kutup sökerek gerçekleştiriniz (100 nolu hücre ile).
- 5) Bundan sonra öteki bantta sökülmemiş kutuplar *arsa peşpeşe sökerek gerçekleştiriniz (500 yada 800 nolu hücrelerle). Daha sonra bu kutupların bulunduğu banda ilişkin aşırı uç sıklıktaki kutbu gerçekleştiriniz (100 yada 400 nolu hücre ile).
- 6) Gerçekleştirilecek son hücre devrenin sonuna

konulacak olan 200 yada 300 türü bobin hücresi-dir. Bununla düzenim tamamlanmış olur.

Yukarıdaki algoritmaya göre saptanan devre düzenimi her iki kapıdan da tutarlı olmaktadır. Alçak geçiren süzgeçler için durum çok yalın olduğundan burada konu edilmemiştir.

7. PROGRAMIN KULLANILMASI

Program destesindeki üç program ODTÜ Merkez Bilgisayarına FLTR1, FLTR2 ve FLTR3 isimleriyle yüklenmiştir. Kullanma yönergesi [10] yazarlardan sağlanabilir.

Program alçak geçiren ve bant geçiren geleneksel süzgeçler için çalışmaktadır. Geçirme bandında eşit dalgacıklı, söndürme bandı genel özellikteki süzgeçlerin tasarımı yapılabilmektedir. Program, süzgeç tekniğinin ayrıntılarını hemen hiç bilmeyenlerce de kullanılabilir biçimde hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Saal, R. ve E.Ulbrich, "On the design of filters by synthesis" İRE Trans. on Circuit Theory, Cilt CT-5, s.284-327, Aralık 1958.
- [2] Norek, C, "Product method for the calculation of effective-loss LC filters" Proc. 1968 Int. Symp. Network Theory, s.353,365.
- [3] Thiran, J.P., "An accuracy study of filter synthesis methods" IEEE Trans. on Circuit Theory, Cilt CT-18, s.203-205, Ocak 1971.
- [4] Orchard, H.J. ve G.C.Temes, "Filter design using transformed variables" IEEE Trans. on Circuit Theory, Cilt CT-15, s.385-408, Aralık 1968.
- [5] Bingham, J.A.C., "A new method of solving the accuracy problem in filter design" IEEE Trans. on Circuit Theory, Cilt CT-11, s.327-341, Eylül 1964.
- [6] Bingham, J.A.C., "The approximation problem for both conventional and paraetric bandpass filters" IEEE Trans. on Circuit Theory (Correspondence), Cilt CT-11, s.408-410, Eylül 1964.
- [7] Smith, B.R. ve G.C.Temes, "An iterative approximation procedure for automatic filter synthesis" IEEE Trans. on Circuit Theory, Cilt CT-12, s.107-112, Mart 1965.
- [8] Szentirmai, G., "A filter synthesis program" in System Analysis by Digital Computer, F.F.Kuo and J.F.Kaiser, Eds. New York, Wiley, 1966.
- [9] Çiftçibaşı, T., "Filter design in transformed variables", Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Y.L.Tezi, Temmuz 1974.
- [10] Çiftçibaşı, T., "Süzgeç gerçekleştirme programı kullanma yönergesi" (özel rapor), Kasım 1974.
- [11] Çiftçibaşı, T. ve Ö.Hüseyin, "Z-dönüşüm değişkeni ile süzgeç tasarımı" Elektrik Mühendisliği, Mayıs 1975.