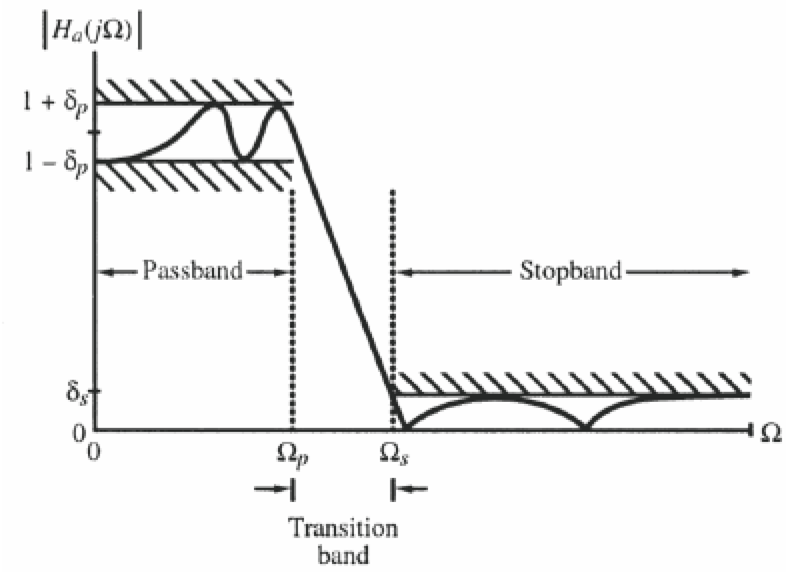
Analog Alçak Geçiren Filtre Karakteristikleri

Analog alçak geçiren bir filtrenin genlik yanıtı $|H_a(j\Omega)|$ aşağıda gösterildiği gibi verilebilir.



Ω_p: Geçirme bandı kenar frekansı
Ω_s: Söndürme bandı kenar frekansı
δ_p: Geçirme bandı maksimum dalgalanması
δ_s: Söndürme bandı m aksimum dalgalanması

Dalgalanmalar dB cinsinden de verilebilir:

Maksimum geçirme bandı dalgalanması: $\alpha_p = -20\log_{10}(1-\delta_p)$ dB

Minimum söndürme bandı zayıflatması: $\alpha_s = -20\log_{10}(\delta_s)$ dB

Analog Alçak Geçiren Filtre Karakteristikleri

$0 \leq \Omega \leq \Omega_p$ frekans aralığı GEÇİRME BANDI olarak tanımlanır.

Geçirme bandında $|H_a(j\Omega)|$ 1'den δ_p kadar sapabilir. Yani

$$1-\delta_p \leq |H_a(j\Omega)| \leq 1+\delta_p, \quad |\Omega| \leq \Omega_p$$

$\Omega_s \leq \Omega \leq \infty$ frekans aralığı SÖNDÜRME BANDI olarak tanımlanır.

Söndürme bandında $|H_a(j\Omega)|$ 1'den δ_s kadar sapabilir. Yani

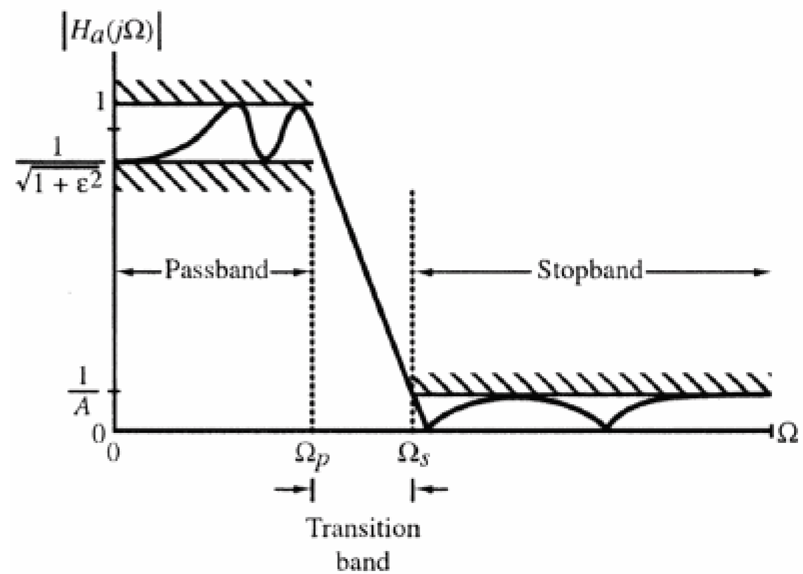
$$|H_a(j\Omega)| \leq \delta_s, \quad \Omega_s \leq |\Omega| < \infty$$

Analog Alçak Geçiren Filtre Karakteristikleri

Genlik karakteristikleri aşağıda gösterildiği gibi genliğin geçirme bandındaki maksimum değeri 1 olacak şekilde de verilebilir.

$1/\sqrt{1+\varepsilon^2}$ Maksimum geçirme bandı sapması

$\dfrac{1}{A}$ Maksimum södürme bandı genliği



Genelde iki parametre daha tanımlanır:

Geçiş oranı: $k = \dfrac{\Omega_p}{\Omega_s}$ Ayırtedicilik parametresi: $k_1 = \dfrac{\varepsilon}{\sqrt{A^2 - 1}}$

Butterworth Yaklaşıklığı

N. dereceden analog Butterworth alçak geçiren filtresinin genlik yanıtının karesi aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$|H_a(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1+(\Omega/\Omega_c)^{2N}}$$

$\Omega = 0$' da $|H_a(j\Omega)|^2$ nın ilk $2N-1$ türevi sıfıra eşittir.

dB cinsinden KAZANÇ

$$\mathcal{G}(\Omega) = 10\log_{10}|H_a(j\Omega)|^2$$

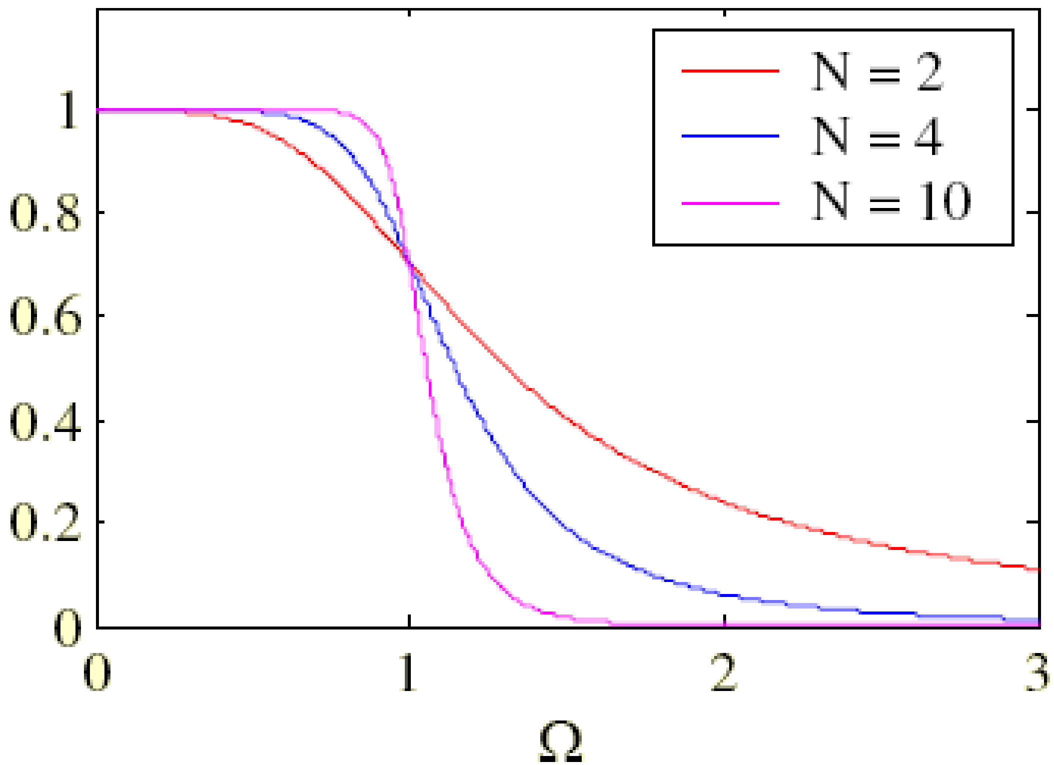
olarak verilir.

Ω_c 3-db KESİM FREKANSI olarak adlandırılır. Bu adlandırmanın nedeni $\Omega = \Omega_c$ de kazancın yaklaşık olarak -3dB olmasıdır:

$$\mathcal{G}(\Omega_c) = 10\log_{10}(0.5) = -3.0103 \cong -3 \text{ dB}$$

Butterworth Yaklaşıklığı

Ω_c = 1 durumunda çeşitli N değerleri için Butterworth yaklaşıklığı ile elde edilen genlik yanıtları aşağıda verilmiştir:



Butterworth Yaklaşıklığı

Butterworth alçak geçiren filtresini tanımlayan iki parametre derece *N* ve 3-dB kesim frekansı Ω_c dir.

Bu parametreler, belirtilen kenar frekansları Ω_p ve Ω_s ile geçirme bandı minimum genliği ve maksimum södürme bandı dalgalanmasından aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanabilir:

$$\left|H_a(j\Omega_p)\right|^2 = \frac{1}{1+(\Omega_p/\Omega_c)^{2N}} = \frac{1}{1+\varepsilon^2}$$

$$\left|H_a(j\Omega_s)\right|^2 = \frac{1}{1+(\Omega_s/\Omega_c)^{2N}} = \frac{1}{A^2}$$

İki denklem *N* için çözülürse

$$N = \frac{1}{2}\cdot\frac{\log_{10}[(A^2-1)/\varepsilon^2]}{\log_{10}(\Omega_s/\Omega_p)} = \frac{\log_{10}(1/k_1)}{\log_{10}(1/k)}$$

bulunur.

Butterworth Yaklaşıklığı

Derece tamsayı olduğundan, hesaplanan *N* değeri en yakın tamsayıya yuvarlanır.

N değeri herhangi bir denklemde yerine konularak 3-dB kesim frekansı Ω_c belirlenir.

Analog Butterworth alçak geçiren filtresinin transfer fonksiyonu

$$H_a(s) = \frac{C}{D_N(s)} = \frac{\Omega_c^N}{s^N + \sum_{\ell=0}^{N-1} d_\ell s^\ell} = \frac{\Omega_c^N}{\prod_{\ell=1}^{N}(s - p_\ell)}$$

şeklinde verilir. Denklemde

$$p_\ell = \Omega_c e^{j[\pi(N+2\ell-1)/2N]}, \quad 1 \le \ell \le N$$

olup payda polinomu $D_N(s)$'ye *N*. Dereceden Butterworth Polinomu denir.

Butterworth Yaklaşıklığı

Örnek: 1-dB kesim frekansı 1 kHz'de ve 5 kHz'deki zayıflatması 40 dB olan en düşük dereceli Butterworth alçak geçiren belirleyiniz.

Verilenlerden $10\log_{10}\left(\frac{1}{1+\varepsilon^2}\right) = -1 \qquad 10\log_{10}\left(\frac{1}{A^2}\right) = -40$

yazarız. İki denklemi çözerek $\varepsilon^2 = 0.25895 \quad A^2 = 10{,}000$

buluruz. Derece hesabı için gerekli olan 1/k ve $1/k_1$ parametreleri hesaplandığında

$$\frac{1}{k_1} = \frac{\sqrt{A^2 - 1}}{\varepsilon} = 196.51334 \qquad \frac{1}{k} = \frac{\Omega_s}{\Omega_p} = 5$$

elde edilir. O halde, derece

$$N = \frac{\log_{10}(1/k_1)}{\log_{10}(1/k)} = 3.2811$$

olarak hesaplanıp tamsayı olmak zorunda olduğundan N = 4 seçeriz.

Chebyshev Yaklaşıklığı

N. dereceden analog 1. tür Chebyshev alçak geçiren filtresinin genlik yanıtının karesi aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$\left|H_a(j\Omega)\right|^2 = \frac{1}{1+\varepsilon^2 T_N^2(\Omega/\Omega_p)}$$

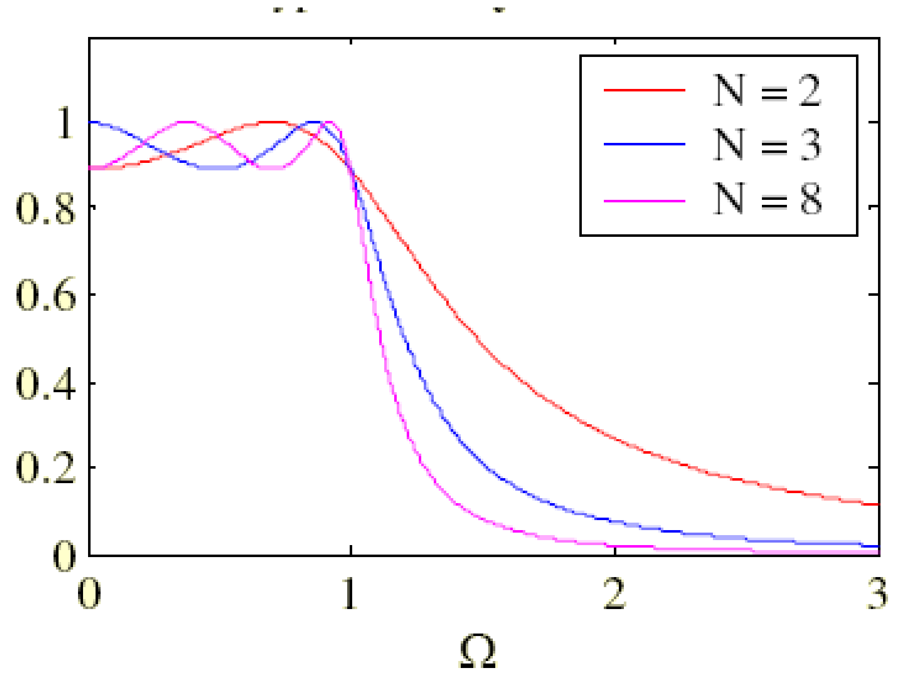
Paydadaki $T_N(\Omega)$'ye *N*. dereceden Chebyshev Polinomu denir ve

$$T_N(\Omega) = \begin{cases} \cos(N\cos^{-1}\Omega), & |\Omega| \le 1 \\ \cosh(N\cosh^{-1}\Omega), & |\Omega| > 1 \end{cases}$$

eşitliğiyle tanımlanır.

Chebyshev Yaklaşıklığı

Çeşitli *N* değerleri için 1. tür Chebyshev yaklaşıklığı ile elde edilen genlik yanıtları aşağıda verilmiştir:



Chebyshev Yaklaşıklığı

$\Omega = \Omega_s$ de genlik $1/A$ olduğundan

$$\left|H_a(j\Omega_s)\right|^2 = \frac{1}{1+\varepsilon^2 T_N^2(\Omega_s/\Omega_p)} = \frac{1}{A^2}$$

yazılabilir. Yukarıdaki denklem N için çözülürse

$$N = \frac{\cosh^{-1}(\sqrt{A^2-1}/\varepsilon)}{\cosh^{-1}(\Omega_s/\Omega_p)} = \frac{\cosh^{-1}(1/k_1)}{\cosh^{-1}(1/k)}$$

bulunur. Filtrenin derecesi tamsayı olmak zorunda olduğundan, hesaplanan sayı en yakın tamsayıya yuvarlanır.

Chebyshev Yaklaşıklığı

N. dereceden analog 2. tür Chebyshev alçak geçiren filtresinin genlik yanıtının karesi aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$\left|H_a(j\Omega)\right|^2 = \frac{1}{1+\varepsilon^2\left[\dfrac{T_N(\Omega_s/\Omega_p)}{T_N(\Omega_s/\Omega)}\right]^2}$$

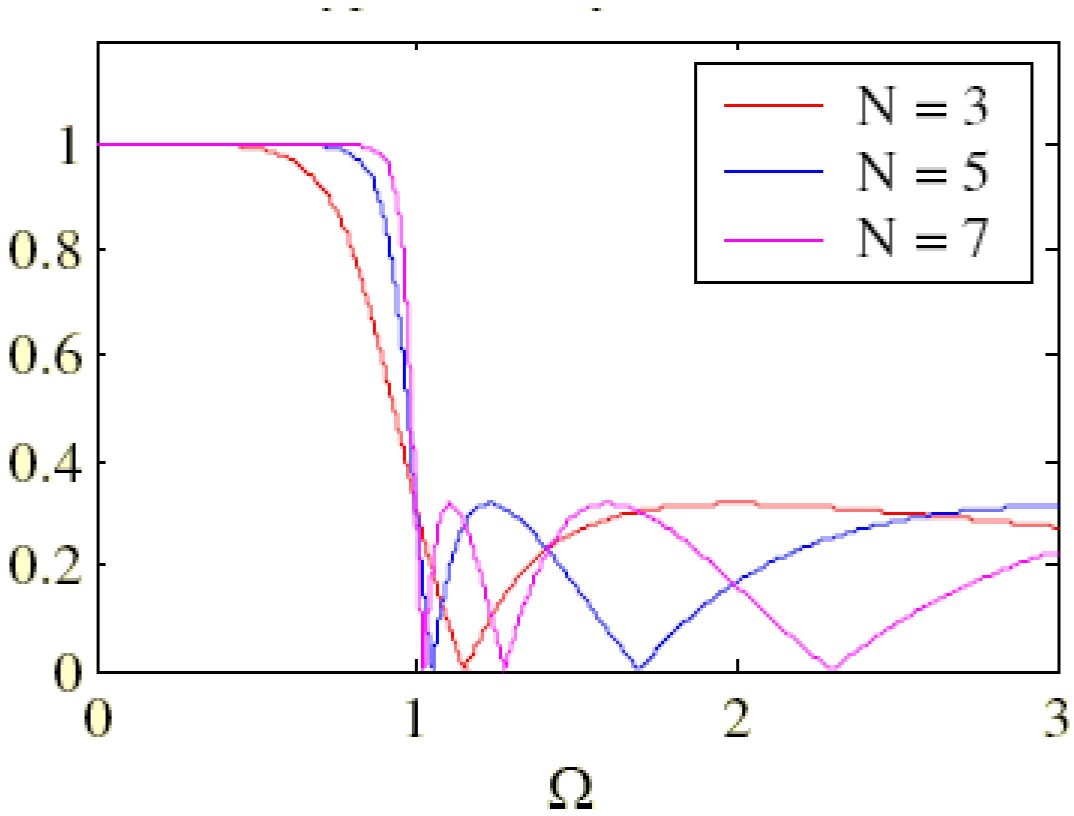
Paydadaki $T_N(\Omega)$ terimi N. dereceden Chebyshev polinomudur. 1. tür Chebyshev yaklaşıklığında olduğu gibi, 2. tür Chebyshev alçak geçiren filtresinin derecesi

$$N = \frac{\cosh^{-1}(\sqrt{A^2-1}/\varepsilon)}{\cosh^{-1}(\Omega_s/\Omega_p)} = \frac{\cosh^{-1}(1/k_1)}{\cosh^{-1}(1/k)}$$

eşitliği kullanılarak hesaplanan sayı en yakın tamsayıya yuvarlanarak belirlenir.

Chebyshev Yaklaşıklığı

Çeşitli *N* değerleri için 2. tür Chebyshev yaklaşıklığı ile elde edilen genlik yanıtları aşağıda verilmiştir:



Örnek: 1-dB kesim frekansı 1 kHz’de ve 5 kHz’deki zayıflatması 40 dB olan Chebyshev alçak geçiren filtrenin en küçük derecesini belirleyelim.

Verilen değerlerden derece

$$N = \frac{\cosh^{-1}(1/k_1)}{\cosh^{-1}(1/k)} = 2.6059$$

olarak hesaplanır. Sonuç yuvarlanırsa N = 3 olur.

Elliptik Yaklaşıklığı

N. dereceden analog Elliptik alçak geçiren filtresinin genlik yanıtının karesi aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$\left|H_a(j\Omega)\right|^2 = \frac{1}{1+\varepsilon^2 R_N^2(\Omega/\Omega_p)}$$

Paydadaki $R_N(\Omega)$ terimi, $R_N(1/\Omega) = 1/ R_N(\Omega)$ eşitliğini sağlayan *N*. dereceden rasyonel bir fonksiyonudur. $R_N(\Omega)$'nın sıfırları $0 < \Omega < 1$ aralığında, kutupları ise $1 < \Omega < \infty$ aralığındadır. Filtrenin derecesi aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanır:

$$N \cong \frac{2\log_{10}(4/k_1)}{\log_{10}(1/\rho)}$$

$$k' = \sqrt{1-k^2}$$

$$\rho_0 = \frac{1-\sqrt{k'}}{2(1+\sqrt{k'})}$$

$$\rho = \rho_0 + 2(\rho_0)^5 + 15(\rho_0)^9 + 150(\rho_0)^{13}$$

Elliptik Yaklaşıklığı

Örnek: 1-dB kesim frekansı 1 kHz’de ve 5 kHz’deki zayıflatması 40 dB olan elliptik alçak geçiren filtrenin en küçük derecesini belirleyelim.

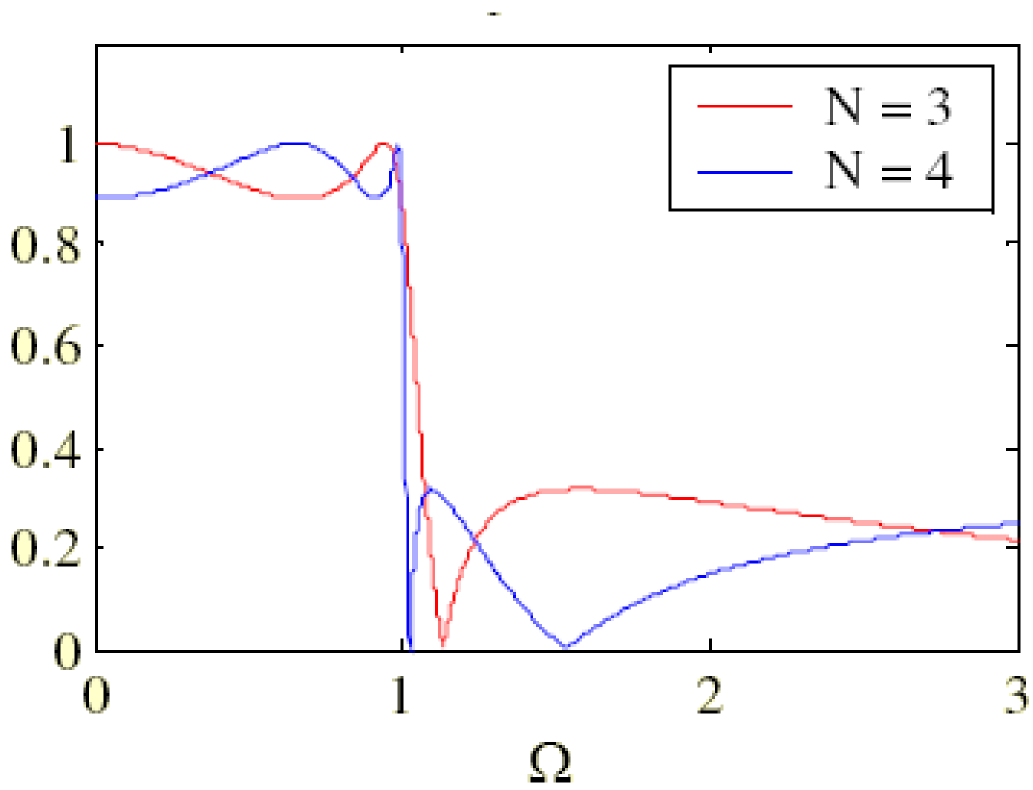
k = 0.2 ve 1/k_1 = 196.5134 olarak bulunmuştu. Bu değerleri derece formülünde yerine koyarsak

$$k' = 0.979796$$
$$\rho_0 = 0.00255135$$
$$\rho = 0.0025513525$$

buluruz. Sonuç olarak derece N= 2.23308 olarak hesaplanır N = 3 seçilir.

Elliptik Yaklaşıklık

Ω_p = 1 durumunda çeşitli N değerleri için elliptik yaklaşık ile elde edilen genlik yanıtları aşağıda verilmiştir:



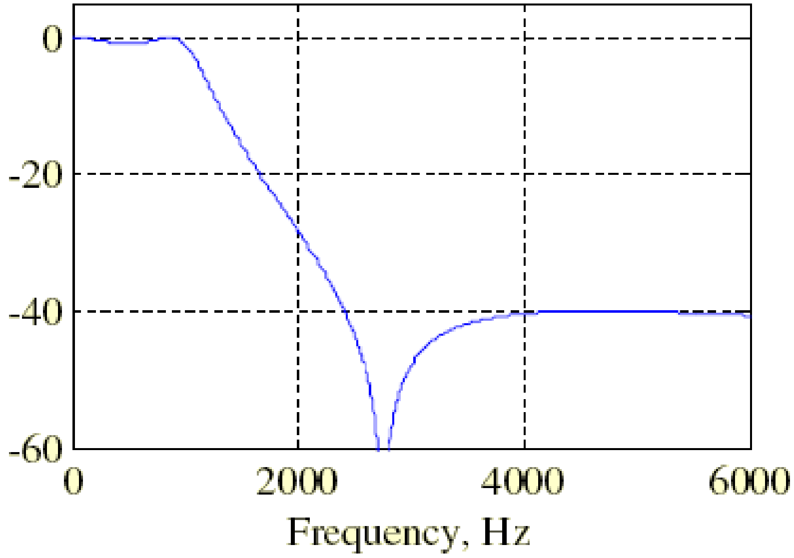
MATLAB Kullanılarak Analog Alçak Geçiren Filtre Tasarımı

Örnek: 1-dB kesim frekansı 1 kHz'de ve 5 kHz'deki zayıflatması 40 dB olan elliptik alçak geçiren filtreyi MATLAB kullanarak tasarlayalım.

Gerekli komutlar

```
[N, Wn] = ellipord(Wp, Ws, Rp, Rs, 's');
[b, a] = ellip(N, Rp, Rs, Wn, 's');
```

şeklindedir. Komutlar yazılırken Wp = 2π1000, Ws = 2π5000, Rp = 1, Rs = 40 girilirse kazanç grafiği aşağıda verilen filtre tasarlanmış olur.



Analog Yüksek Geçiren, Band Geçiren ve Band Söndüren Filtre Tasarımı

Adım 1: Uygun bir frekans dönüşümü kullanılarak gerekli filtre transfer fonksiyonu $H_D(s)$ prototip bir alçak geçiren transfer fonksiyonu $H_{LP}(s)$'e dönüştürülür.

Adım 2: Prototip alçak geçiren filtre tasarlanır.

Adım 3: Gerekli filtre transfer fonksiyonu $H_D(s)$, $H_{LP}(s)$'ye frekans dönüşümünün tersi uygulanarak elde edilir.

Prototip alçak geçiren transfer fonksiyonu $H_{LP}(s)$'nin Laplace dönüşüm değişkeni s, gerekli filtre transfer fonksiyonu $H_D(\hat{s})$'ninki ise $\hat{s}$ ile belirtilsin. s-uazyından $\hat{s}$-uzayına dönüşüm tersi mevcut olan $s = F(\hat{s})$ fonksiyonu ile verilir. O halde,

$$H_D(\hat{s}) = H_{LP}(s)\big|_{s=F(\hat{s})}$$

$$H_{LP}(s) = H_D(\hat{s})\big|_{\hat{s}=F^{-1}(s)}$$

Analog Yüksek Geçiren Filtre Tasarımı

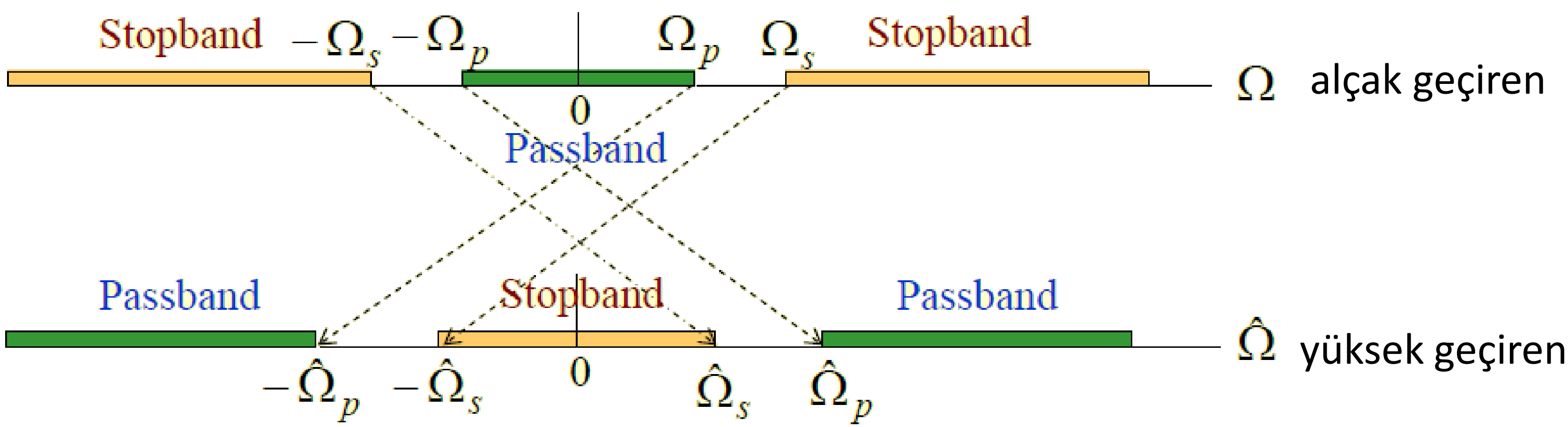
Gerekli spektral dönüşüm: $H_{LP}(s)$'in geçirme bandı kenar frekansı Ω_p ve $H_{HP}(\hat{s})$'in geçirme bandı kenar frekansı Ω_p^ omak üzere

$$s = \frac{\Omega_p \hat{\Omega}_p}{\hat{s}}$$

ile verilir. $s = j\omega$, $\hat{s} = j\hat{w}$ yazılarak frekanslar arasındaki ilişki

$$\Omega = -\frac{\Omega_p \hat{\Omega}_p}{\hat{\Omega}}$$

olur. Frekans dönüşümü aşağıda grafiksel olarak gösterilmiştir.



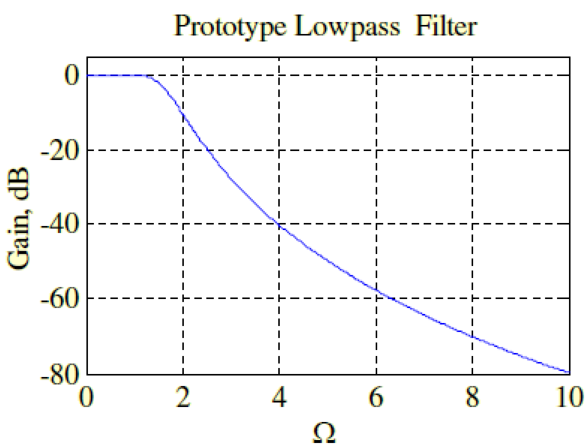
Analog Yüksek Geçiren Filtre Tasarımı

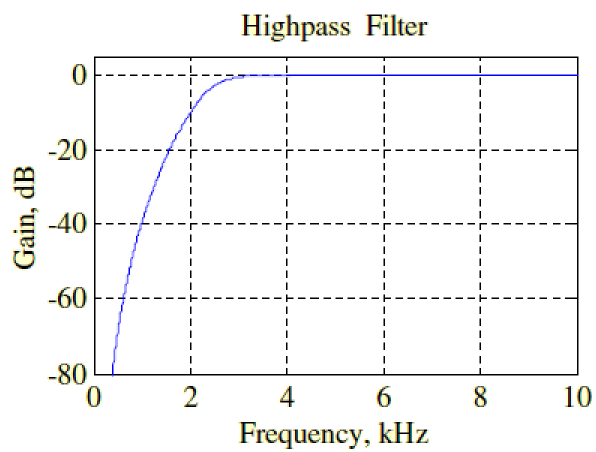
Örnek: Aşağıdaki karakteristiklere sahip bir analog Butterworth yüksek geçiren filtre tasarlayalım: $\hat{w}_p = 4$ kHz, $\hat{w}_s = 1$ kHz, $\alpha_p = 0.1$ dB, $\alpha_s = 40$ dB.

$\Omega_p = 1$ seçelim. $$\Omega_s = \frac{2\pi\hat{F}_p}{2\pi\hat{F}_s} = \frac{\hat{F}_p}{\hat{F}_s} = \frac{4000}{1000} = 4$$

O halde, prototip alçak geçiren filtrenin karakteristikleri şöyledir: $\Omega_p = 1$, $\Omega_s = 4$, $\alpha_p = 0.1$ dB, $\alpha_s = 40$ dB. Aşağıda MATLAB komutları ve prototip alçak geçiren filtre ile gerekli yüksek geçiren filtrenin kazançları çizilmiştir.

```
[N, Wn] = buttord(1, 4, 0.1, 40, 's');
[B, A] = butter(N, Wn, 's');
[num, den] = lp2hp(B, A, 2*pi*4000);
```





Analog Band Geçiren Filtre Tasarımı

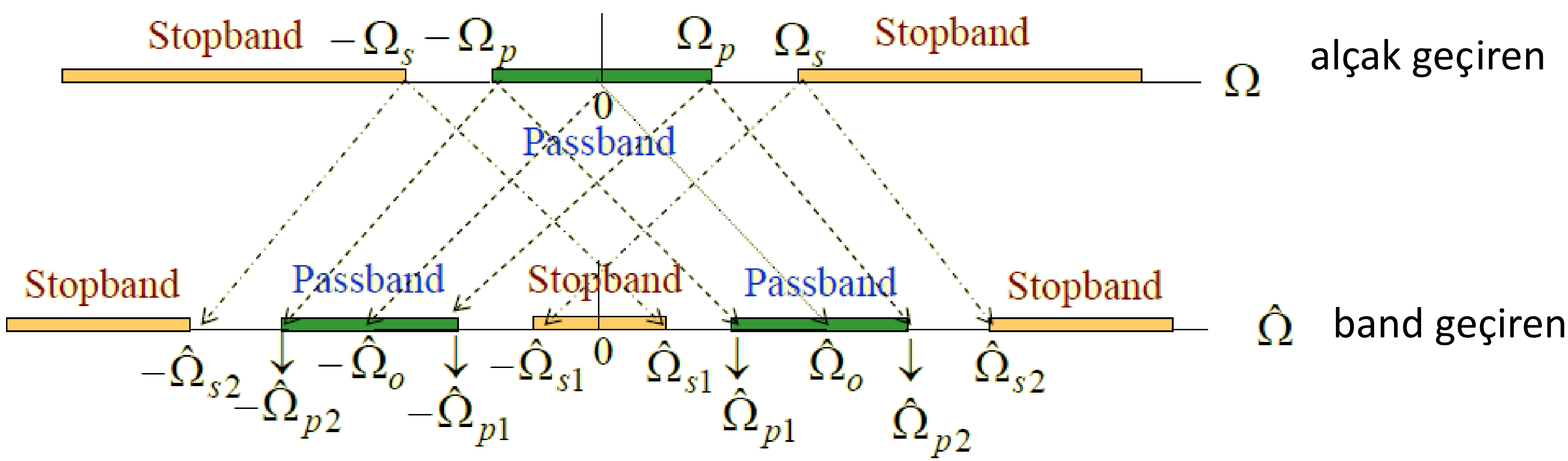
Gerekli spektral dönüşüm: $H_{LP}(s)$'in geçirme bandı kenar frekansı Ω_p ve $H_{BP}(\hat{s})$'in geçirme bandı kenar frekansları $\Omega_{p1}^{\wedge}$ ve $\Omega_{p2}^{\wedge}$ olmak üzere

$$s = \Omega_p \frac{\hat{s}^2 + \hat{\Omega}_o^2}{\hat{s}(\hat{\Omega}_{p2} - \hat{\Omega}_{p1})}$$

ile verilir. $s = j\omega$, $\hat{s} = j\hat{w}$ yazılarak frekanslar arasındaki ilişki

$$\Omega = -\Omega_p \frac{\hat{\Omega}_o^2 - \hat{\Omega}^2}{\hat{\Omega} B_w}$$

olur. B_w bandgeçiren filtrenin geçirme bandı genişliği, $\Omega_0^{\wedge}$ ise geçirme bandı merkez frekansıdır. Frekans dönüşümü aşağıda grafiksel olarak gösterilmiştir.



Analog Band Geçiren Filtre Tasarımı

Aşağıda verilen koşul sağlanmalıdır:

$$\hat{\Omega}_o^2 = \hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2} = \hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2}$$

Bu koşul sağlanmıyorsa, koşul sağlanacak şekilde frekanslardan birisi değiştirilmelidir.

İki durumla karşılaşmak mümkündür:

Durum 1: $\hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2} > \hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2}$

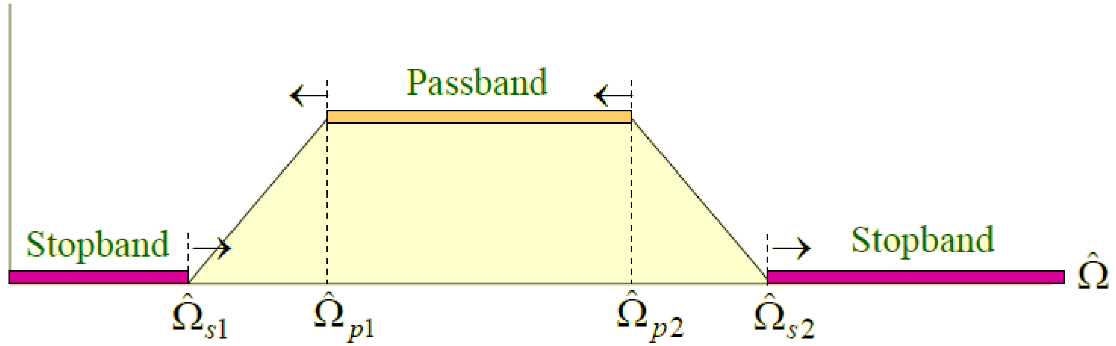
Durum 2: $\hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2} < \hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2}$

Her iki durumda eşitliğin nasıl sağlanabileceği aşağıda tartışılmıştır.

Analog Band Geçiren Filtre Tasarımı

Durum 1: $\hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2} > \hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2}$

Aşağıda gösterildiği gibi söndürme bandı kenar frekanslarından birisi arttırılabilir, veya geçirme bandı kenar frekanslarından birisi azaltılabilir.



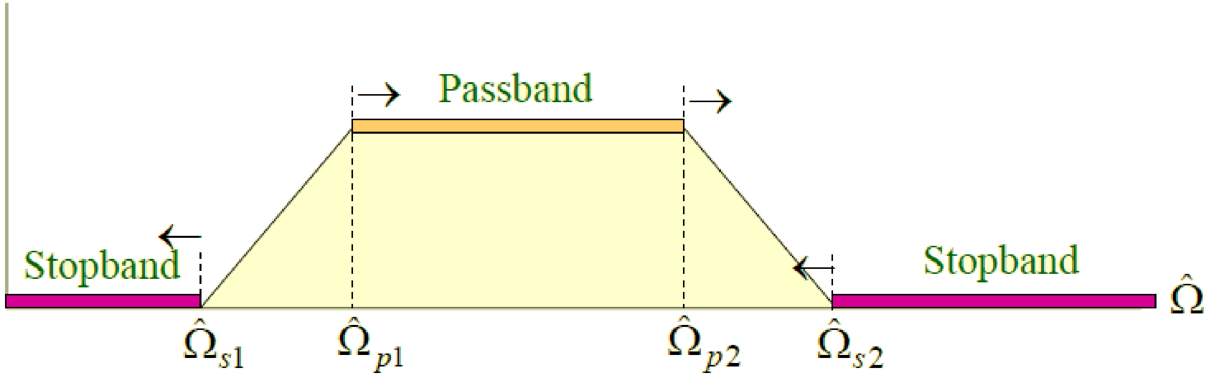
Örneğin, Ω_{p1}^ , $\hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2} / \hat{\Omega}_{p2}$ değerine düşürülebilir. Bu durumda, geçirme bandı genişleyecek ve soldaki geçiş bandı daralacaktır. Benzer şekilde, Ω_{s1}^ , $\hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2} / \hat{\Omega}_{s2}$ değerine yükseltilebilir. Bu kez, geçirmebandı genişliği değişmezken soldaki geçiş bandı daralacaktır.

Not: Eşitlik koşulu Ω_{p2}^ azaltılarak veya Ω_{s2}^ arttırılarak da sağlanabilir. Birinci durumda, gerekli geçirme bandı genişliği, ikinci durumda ise gerekli söndürme bandı genişliği daralacağından iki çözüm de geçerli değildir.

Analog Band Geçiren Filtre Tasarımı

Durum 2: $\hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2} < \hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2}$

Aşağıda gösterildiği gibi söndürme bandı kenar frekanslarından birisi azaltılabilir, veya geçirme bandı kenar frekanslarından birisi arttırılabilir.



Örneğin, Ω_{p2}^ , $\hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2}/\hat{\Omega}_{p1}$ değerine yükseltilebilir. Bu durumda, geçirme bandı genişleyecek ve sağdaki geçiş bandı daralacaktır. Benzer şekilde, Ω_{s2}^ , $\hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2}/\hat{\Omega}_{s1}$ değerine azaltılabilir. Bu kez, geçirmebandı genişliği değişmezken sağdaki geçiş bandı daralacaktır.

Not: Eşitlik koşulu Ω_{p1}^ arttırılarak veya Ω_{s1}^ azaltılarak da sağlanabilir. Birinci durumda, gerekli geçirme bandı genişliği, ikinci durumda ise gerekli söndürme bandı genişliği daralacağından iki çözüm de geçerli değildir.

Analog Band Geçiren Filtre Tasarımı

Örnek: Karakteristikleri aşağıda verilen analog bir elliptik band geçiren filtre tasarlayalım.
$\hat{w}_{p1} = 4$ kHz, $\hat{w}_{p2} = 7$ kHz, $\hat{w}_{s1} = 3$ kHz, $\hat{w}_{s2} = 8$ kHz $\alpha_p = 1$ dB, $\alpha_s = 22$ dB.

$\hat{w}_{p1}\,\hat{w}_{p2} = 28\text{x}10^6$, $\hat{w}_{s1}\,\hat{w}_{s2} = 24\text{x}10^6$, $\hat{w}_{p1}\,\hat{w}_{p2} > \hat{w}_{s1}\,\hat{w}_{s2}$ olduğundan $\hat{w}_{p1}$ frekansı

$$\hat{w}_{p1} = \hat{w}_{s1}\,\hat{w}_{s2} / \hat{w}_{p2} = 3.471528 \text{ kHz}$$

değerine düşürülür. Prototip alçak geçiren filtre için $\Omega_p = 1$ seçelim. Frekans dönüşüm formülünden söndürme bandı kenar frekansı

$$\Omega_s = \frac{24-9}{(25/7)\times 3} = 1.4$$

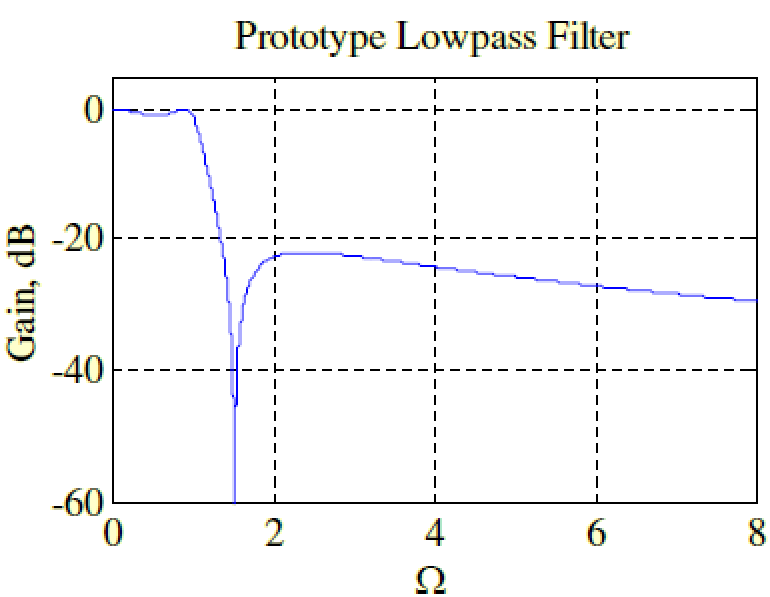
olarak hesaplanır. O halde, prototip alçak geçiren filtrenin karakteristikleri şöyledir:

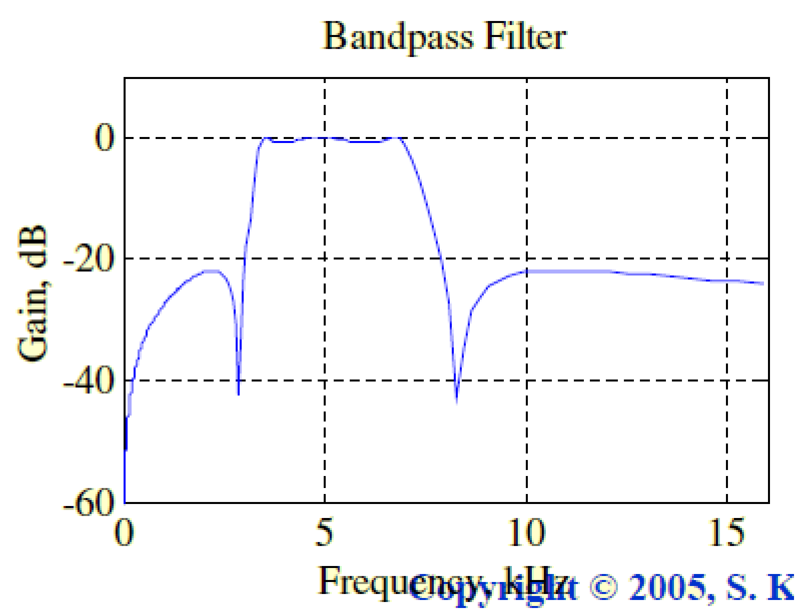
$$\Omega_p = 1,\ \Omega_s = 1.4,\ \alpha_p = 1 \text{ dB},\ \alpha_s = 22 \text{ dB}.$$

Analog Band Geçiren Filtre Tasarımı

Gerekli MATLAB kodları ve elde edilen eğriler aşağıda verilmiştir.

```
[N, Wn] = ellipord(1, 1.4, 1, 22, 's');
[B, A] = ellip(N, 1, 22, Wn, 's');
[num, den]
     = lp2bp(B, A, 2*pi*4.8989795, 2*pi*25/7);
```





Analog Band Söndüren Filtre Tasarımı

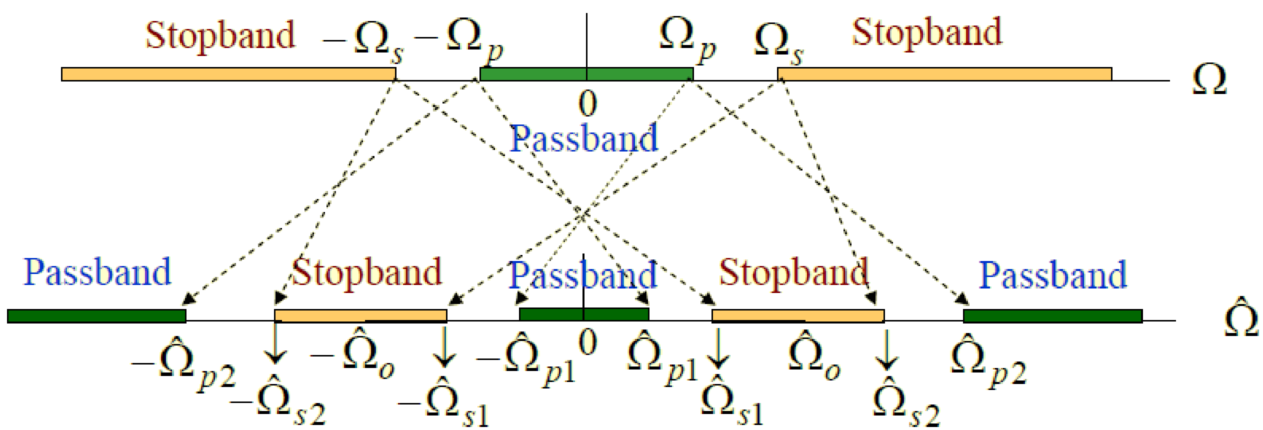
Gerekli spektral dönüşüm: $H_{LP}(s)$'in södürme bandı kenar frekansı Ω_s ve $H_{BP}(\hat{s})$'in söndürme bandı kenar frekansları $\Omega_{s1}^{\wedge}$ ve $\Omega_{s2}^{\wedge}$ olmak üzere

$$s = \Omega_s \frac{\hat{s}(\hat{\Omega}_{s2} - \hat{\Omega}_{s1})}{\hat{s}^2 + \hat{\Omega}_o^2}$$

ile verilir. s = jω, $\hat{s} = \mathrm{j}\hat{w}$ yazılarak frekanslar arasındaki ilişki

$$\Omega = \Omega_s \frac{\hat{\Omega} B_w}{\hat{\Omega}_o^2 - \hat{\Omega}^2}$$

B_w bandsöndüren filtrenin söndürme bandı genişliği, $\Omega_0^{\wedge}$ ise södürme bandı merkez frekansıdır. Frekans dönüşümü aşağıda grafiksel olarak gösterilmiştir.



Alçak geçiren

Band söndüren

Analog Band Söndüren Filtre Tasarımı

Aşağıda verilen koşul sağlanmalıdır:

Bu koşul sağlanmıyorsa, koşul sağlanacak şekilde frekanslardan birisi değiştirilmelidir.

İki durumla karşılaşmak mümkündür:

Durum 1: $\hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2} > \hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2}$

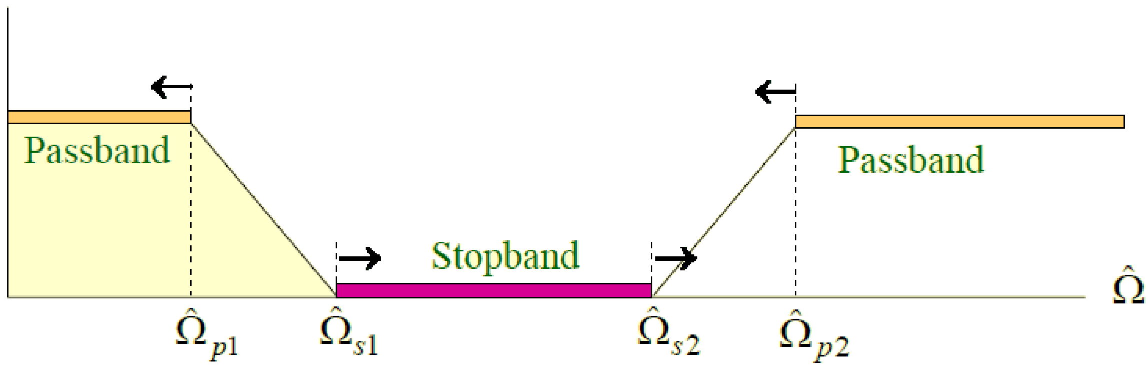
Durum 2: $\hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2} < \hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2}$

Her iki durumda eşitliğin nasıl sağlanabileceği aşağıda tartışılmıştır.

Analog Band Söndüren Filtre Tasarımı

Durum 1: $\hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2} > \hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2}$

Aşağıda gösterildiği gibi söndürme bandı kenar frekanslarından birisi arttırılabilir, veya geçirme bandı kenar frekanslarından birisi azaltılabilir.



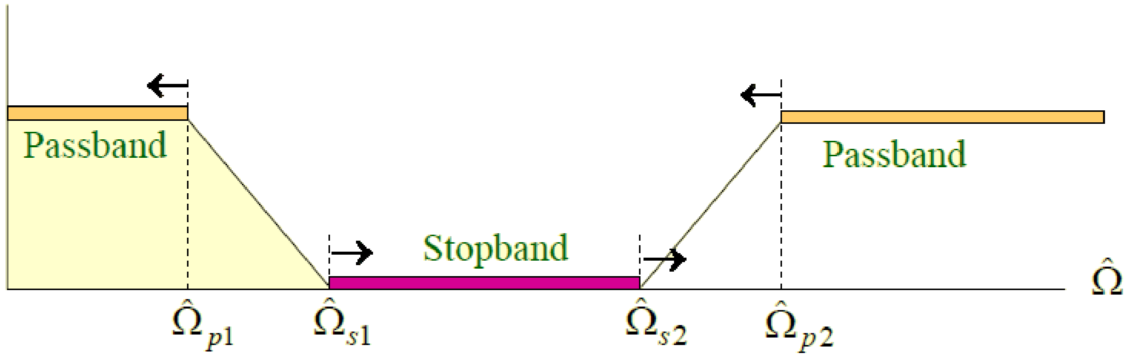
Örneğin, Ω_{p2}^ , $\hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2}/\hat{\Omega}_{p2}$ değerine düşürülebilir. Bu durumda, geçirme bandı genişleyecek ve sğdaki geçiş bandı daralacaktır. Benzer şekilde, Ω_{s2}^ $\hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2}/\hat{\Omega}_{s2}$ değerine yükseltilebilir. Bu kez, geçirmebandı genişliği değişmezken sağdaki geçiş bandı daralacaktır.

Not: Eşitlik koşulu Ω_{p1}^ azaltılarak veya Ω_{s1}^ arttırılarak da sağlanabilir. Birinci durumda, gerekli geçirme bandı genişliği, ikinci durumda ise gerekli söndürme bandı genişliği daralacağından iki çözüm de geçerli değildir.

Analog Band Söndüren Filtre Tasarımı

Durum 2: $\hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2} < \hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2}$

Aşağıda gösterildiği gibi söndürme bandı kenar frekanslarından birisi azaltılabilir, veya geçirme bandı kenar frekanslarından birisi arttırılabilir.



Örneğin, Ω_{p1}^ , $\hat{\Omega}_{s1}\hat{\Omega}_{s2}/\hat{\Omega}_{p1}$ değerine yükseltilebilir. Bu durumda, geçirme bandı genişleyecek ve soldaki geçiş bandı daralacaktır. Benzer şekilde, Ω_{s1}^ , $\hat{\Omega}_{p1}\hat{\Omega}_{p2}/\hat{\Omega}_{s1}$ değerine azaltılabilir. Bu kez, geçirmebandı genişliği değişmezken soldaki geçiş bandı daralacaktır.

Not: Eşitlik koşulu Ω_{p2}^ arttırılarak veya Ω_{s2}^ azaltılarak da sağlanabilir. Birinci durumda, gerekli geçirme bandı genişliği, ikinci durumda ise gerekli söndürme bandı genişliği daralacağından iki çözüm de geçerli değildir.