

Lektion 5

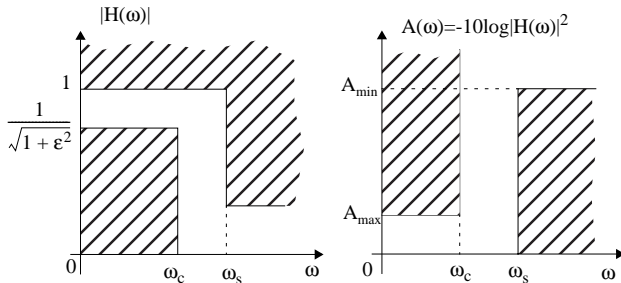
Uppgifter (Lektion): 1.1, 1.2, 1.3, 1.4

Uppgifter (Rek.): Extra filter problem

Teoretiska moment: Filterdesign

Teori

Filterspecifikation



Förhållandet mellan beloppfunktionen och dämpningen är given enligt:

$$A(\omega) = 10\log \left| \frac{H_0}{H(\omega)} \right|^2 = 20\log \left| \frac{H_0}{H(\omega)} \right| \text{ där } H_0 = \max H(\omega)$$

Rippel är givet av ϵ , beloppfunktionen varierar mellan H_0 och $H_0 \frac{1}{\sqrt{1+\epsilon^2}}$.

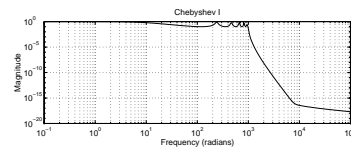
Ur detta kan ses att

$$A_{mac} = 20\log \frac{H_0}{H_0/\sqrt{1+\epsilon^2}} = 10\log(1+\epsilon^2) \approx \frac{\epsilon^2}{2.31}$$

Kort om olika filtertyper

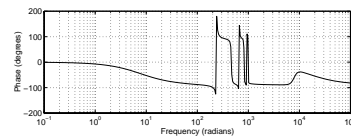
Chebyshev I

Rippel i passbandet, flat i spärrband. Några ord om fas och branthet hos filtret.



Chebyshev II

Rippel i spärrbandet, flat i passband. Några ord om fas och branthet hos filtret.



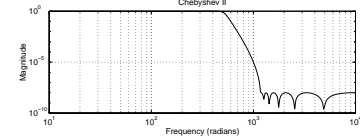
Elliptiska (Cauer-Chebyshev)

Rippel i både spärr och passband. Några ord om

fas och branthet hos filtret.

Butterworth

Flat i både spärr och passband. Några ord om fas och branthet hos filtret.



Tabeller

Normering och avnormering i tabellerna

Resistanser: $R_n = \frac{R}{R_0}$ och $R = R_0 R_n$

Induktanser: $L_n = \frac{\omega_0 L}{R_0}$ och $L = \frac{R_0 L_n}{\omega_0}$

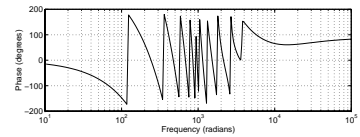
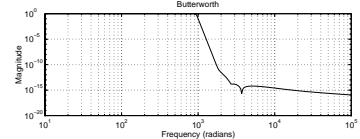
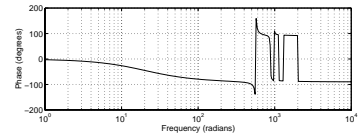
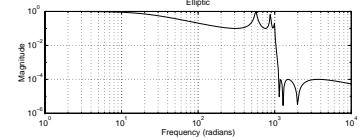
Kapacitanser: $C_n = \omega_0 C R_0$ och $C = \frac{C_n}{\omega_0 R_0}$

Frekvenser: $\omega_n = \frac{\omega}{\omega_0}$ och $\omega = \omega_0 \omega_n$

$R_0 = R_L$ är lastresistansen.

Olika nätstrukturer beroende på om nätet är spänningsmatat eller strömmat. Också beroende på gradtalet hos filtret.

Reflektionsfaktorn definieras som: $r = \frac{R_i}{R_L}$



Uppgifter

Uppgift 1.1

Gränshfrekvensen är given $\omega_c = 2\pi \cdot 3.5 \cdot 10^3 \approx 22 \text{ krad/s}$ vid $A_{max} = 3 \text{ dB}$.

Dessutom gäller att $\omega_s = 2\pi \cdot 10 \cdot 10^3 \approx 63 \text{ krad/s}$ $A_{min} = 25 \text{ dB}$.

Nomogram och formler ger gradtalet $N = 3$ (på sidan 27 respektive 25).

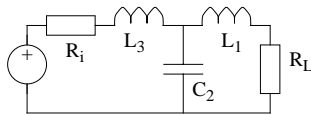
Enligt formelsamlingen på sidan 23 så den inre impedansen hos spänningsgeneratoren normeras till $1/R_i$. Reflektionsfaktorn $r = R_L/R_i = 600/1200 = 0.5$.

Enligt tabell sidan 28 så finns de onormerade värdena:

$$L_{1n} = 3.2612, C_{2n} = 0.7789, L_{3n} = 1.1811$$

Värdena avnormeras genom $L = \frac{R_0 L_n}{\omega_0}$ och $C = \frac{C_n}{\omega_0 R_0}$:

$$L_1 = 88.9 \text{ mH}, C_2 = 59 \text{ nF}, L_3 = 49 \text{ mH}$$



Uppgift 1.2

Specifikation:

$$\omega_c = 1000 \text{ rad/s}, \omega_s = 2000 \text{ rad/s}, Z_L = 1 \text{ k}\Omega, Z_i = 125 \Omega.$$

Ett filter av Chebyshev I typ skall implementeras, med minsta möjliga gradtal som uppfyller specifikationen ovan. Beloppskurvan normeras och ger maximalvärdet $H_0 = 1$. Genom att utnyttja detta och informationen i uppgiften så kan man beräkna:

$$A_{max} = 20 \log 1.2 \approx 1.58 \text{ dB} \text{ och } A_{min} = 20 \log(1/0.1) = 20 \text{ dB}$$

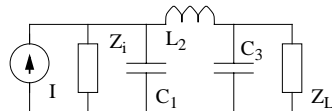
Genom att utnyttja nomogram så kan gradtalet bestämmas. Men detta kan också bestämmas med hjälp av

$$N = \left\lceil \frac{\text{acosh} \sqrt{\frac{10^{0.1 A_{min}} - 1}{10^{0.1 A_{max}} - 1}}}{\text{acosh} \left(\frac{\omega_s}{\omega_c} \right)} \right\rceil \approx \lceil 2.58 \rceil = 3$$

Vidare vet man att kretsen skall vara strömmatad och att $r = |Z_i/Z_L| = 1/8$. Ripple kunde beräknas till att vara ungefär 1.6 dB. Räkna med närmast nedre tabellerade ripple (= 1dB, sidan 36). Komponentvärdena avläses – eftersom kretsen var strömmatad och gradtalet var udda ($N = 3$) så måste den första komponenten vara en kondensator (sidan 23).

$$C_{1n} = 12.5563$$

$$L_{2n} = 0.1657$$



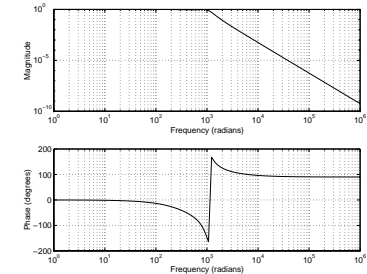
$$C_{3n} = 8.8038$$

Värdena normeras tillbaka, vilket ger:

$$C_1 = \frac{C_{1n}}{\omega_0 Z_L} = \frac{12.5563}{1000 \cdot 1000} = 12.5563 \mu\text{F},$$

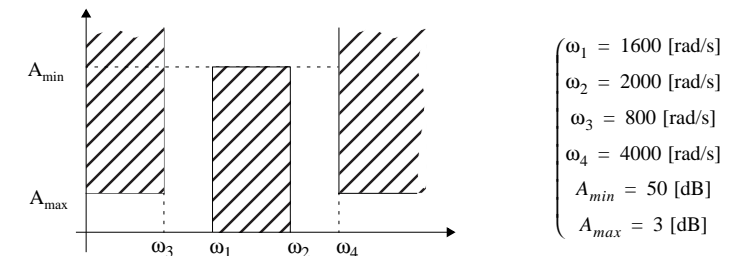
$$L_2 = \frac{Z_L L_{2n}}{\omega_0} = \frac{1000 \cdot 0.1657}{1000} = 0.1657 \text{ H},$$

$$\text{och } C_3 = \frac{C_{3n}}{\omega_0 Z_L} = 8.8038 \mu\text{F}$$



Uppgift 1.3

Uppgiften går ut på att dimensionera ett bandspärrfilter av Butterworth typ med följande specifikation.



Först transformerar vi BS-specifikationen till en LP-specifikation. Enligt sid. 67 i Tabell och Formelsamlingen fås nu:

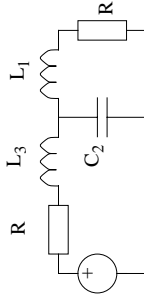
$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_1^2 = \omega_1 \omega_2 = \omega_3 \omega_4 = 1600 \cdot 2000 = 32 \cdot 10^6 \\ \Omega_2 = \frac{\omega_1^2}{\omega_4 - \omega_3} = \frac{32 \cdot 10^5}{3200} = 1 \cdot 10^3 \text{ [rad/s]} \\ \Omega_3 = \frac{\omega_1^2}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{32 \cdot 10^5}{400} = 8 \cdot 10^3 \text{ [rad/s]} \end{array} \right.$$

Nomogram, dämpningskrav (samma som för BS specifikationen) och de transformerade frekvenserna ger nu gradtalet $N=3$. Det normerade elementvärdena fås ur tabell ($r=1$) och avnor-

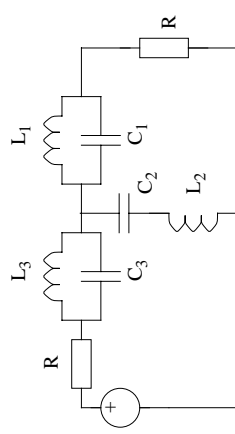
meras sedan enligt sid 22.1 Tabell och Formelsamlingen ($R_0 = 100$, $\omega_0 = \Omega_2$):

$$\begin{cases} R = 100\Omega \\ L_1 = 1 \\ L_3 = 1 \\ C_2 = 2 \end{cases} \quad \begin{cases} R = 100\Omega \\ L_1 = 0.1\text{H} \\ L_3 = 0.1\text{H} \\ C_2 = 20\mu\text{F} \end{cases}$$

Avnormning



Nu återstår bara att transformera tillbaka LP-filtret enl. sid 67 T&F, vilket ger det slutliga BS filtret:



$$\begin{cases} R = 100\Omega \\ L_1 = L_3 = 100\text{mH} \\ C_1 = C_3 = 3.13\mu\text{F} \\ C_2 = 20\mu\text{F} \\ L_2 = 15.6\text{mH} \end{cases}$$

Uppgift 1.4

Snarlik lösningsgång som för uppgift 1.3 men eftersom det inte är specificerat vilken filtertyp som skall implementeras så kan det vara intressant att se hur gradtalen skiftar mellan olika filtertyper. Först transformerar vi BS kraven till LP krav enl:

$$\begin{cases} \omega_1^2 = 4\pi^2 \cdot 0.9 \cdot 9 \cdot 10^6 \\ \Omega_2 = 2\pi \cdot 10^3 \text{ [rad/s]} \\ \Omega_3 = 2\pi \cdot 3 \cdot 10^3 \text{ [rad/s]} \text{ er.} \end{cases}$$

Nu kan vi antingen använda nomogram eller något datorbaserat hjälpmedel som t ex Matlab för att beräkna gradtalen.
Följande Matlabkod kan lämpligen användas för att bestämma gradtalen för filtertyperna Butterworth, Chebyshev I och Cau-

```
% Filterspecifikation
Wc = 2*pi*1e3;
Ws = 6*pi*1e3;
Amax = 1;
Amin = 40;
% Gradtal för Butterworth filter
NBW = buttord(Wc, Ws, Amax, Amin, 's')
> NBW = 5
% Gradtal för Chebyshev I filter
NCI = cheblord(Wc, Ws, Amax, Amin, 's')
> NCI = 4
% Gradtal för Cauer filter
NCA = ellipord(Wc, Ws, Amax, Amin, 's')
> NCA = 3
```

Här ser vi att för denna specifikation så har Cauerfiltret lägst gradtal (N=3) följt av Chebyshev I (N=4) och till sist Butterworth (N=5).