

Háskóli Íslands
Verkfræðideild

08.31.02 Greining og uppbygging rása
Kennari: Finnur Pálsson



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Reikniverkefni IV

Sævar Öfjörð Magnússon

28. mars 2006

Yfirferð verkefna:
Sveinn Ríkarður Jólsson
Róbert Arnar Karlsson

1 Lýsing á verkefni

Verkefnið felst í því að kanna hvort síur sem hannaðar eru til að uppfylla ákveðin skilyrði standist hönnunarkröfur.

2 Lausn verkefnis

2.1 Lághleypisía

Hanna átti Butterworth, Chebyshev og andhverfa Chebyshev lághleypisúr sem uppfylla eftirfarandi hönnunarkröfur:

- Hleypisvið frá 0 til 1 kHz, leyfilegt hámarksfrávik 0,2 dB.
- Stoppsvið byrjar í 2 kHz og hefur lágmarksdeyfingu 30 dB.

2.1.1 Stöðluð yfifærsluföll

Fundin voru stöðluð yfifærsluföll með Matlab. Yfifærslufallið fyrir Butterworth lághleypisíuna var af 8. gráðu og leit svona út:

$$H_{lp1}(s) = \frac{1}{s^8 + 5.1258s^7 + 13.1371s^6 + 21.8462s^5 + 25.6884s^4 + 21.8462s^3 + 13.1371s^2 + 5.1258s + 1} \quad (1)$$

Yfifærslufallið fyrir Chebyshev lághleypisíuna var af 5. gráðu og leit svona út:

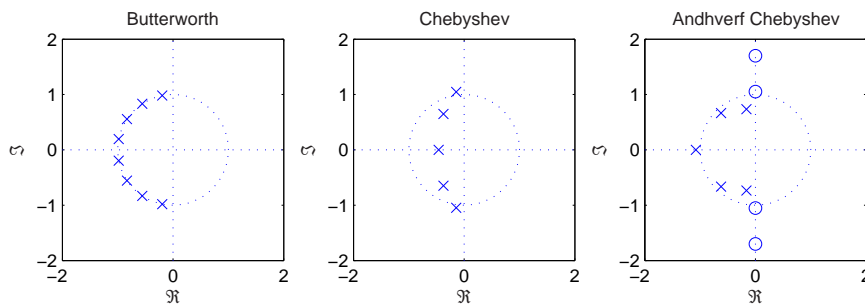
$$H_{lp2} = \frac{0.2879}{s^5 + 1.4932s^4 + 2.3648s^3 + 1.8649s^2 + 1.0823s + 0.2879} \quad (2)$$

Yfifærslufallið fyrir andhverfu Chebyshev lághleypisíuna var einnig af 5. gráðu og leit svona út:

$$H_{lp3} = \frac{0.1582s^4 + 0.6328s^2 + 0.5062}{s^5 + 2.6472s^4 + 3.4913s^3 + 2.9142s^2 + 1.5198s + 0.5062} \quad (3)$$

2.1.2 Núll-pólarit

Núll og pólar voru fundin út frá yfifærsluföllunum hér að ofan með Matlab og teiknuð á mynd (1) hér að neðan.



Mynd 1: Núll-pólarit fyrir súrnar þrjár.

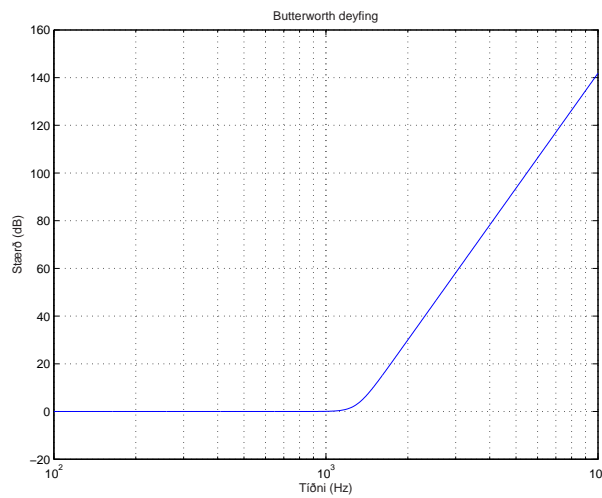
2.1.3 Deyfing fyrir réttar tíðnir

Hér átti að skissa deyfingu sem fall af tíðni fyrir réttar tíðnir (þ.e. denormalized). Réttar tíðnir eru fundnar með því að setja

$$H_{lp_i}(s') = H_{lp_i}\left(\frac{s}{f_0}\right), \quad i = 1, 2, 3 \quad (4)$$

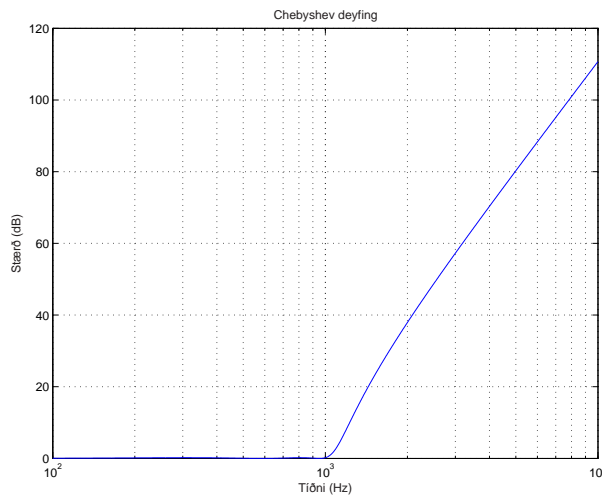
Þar sem f_0 er svokölluð „cut-off“ tíðni þar sem deyfing er ekki orðin meiri en 3 dB.

Fyrir Butterworth síuna var $f_0 \approx 1299$ Hz. Deyfing síunnar er teiknuð á mynd (2).



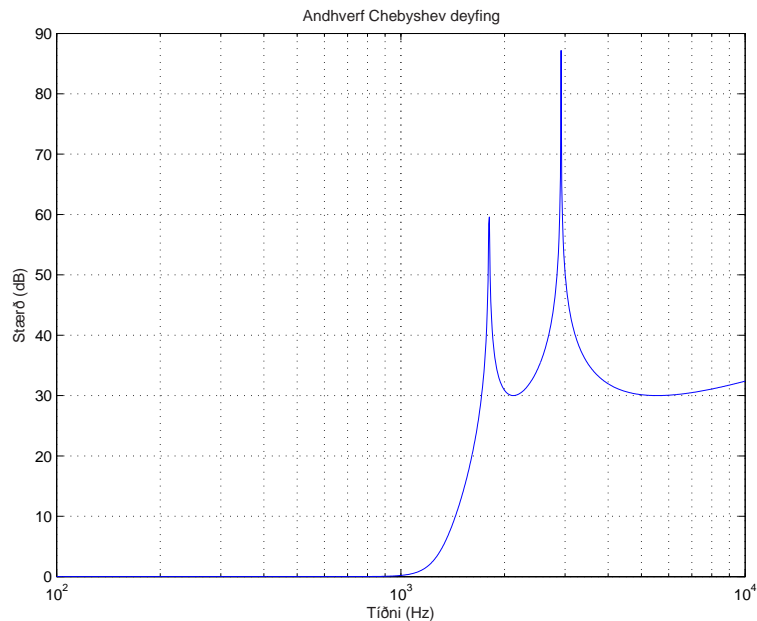
Mynd 2: Deyfing Butterworth lágheypisíunnar sem fall af tíðni.

Fyrir Chebyshev síuna var $f_0 = \omega_p = 1$ kHz. Deyfingu síunnar má sjá á mynd (3).



Mynd 3: Deyfing Chebyshev lágheypisíunnar sem fall af tíðni.

Fyrir andhverfu Chebyshev síuna var $f_0 \approx 1716$ Hz. Deyfing síunnar er teiknuð á mynd (4).



Mynd 4: Deyfing andhverfu Chebyshev lágheypisíunnar sem fall af tíðni.

2.1.4 Sannprófun

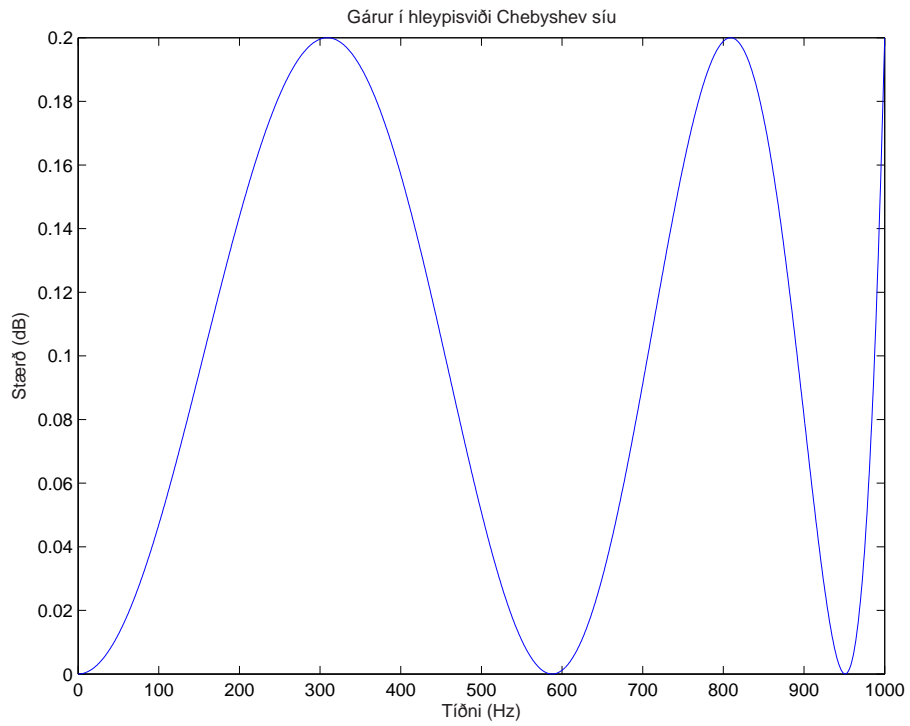
Deyfing var reiknuð í skurðtíðnum f_p , f_s og f_0 . Niðurstöður má sjá í töflunni hér að neðan:

Tafla 1: Deyfing í skurðtíðnum.

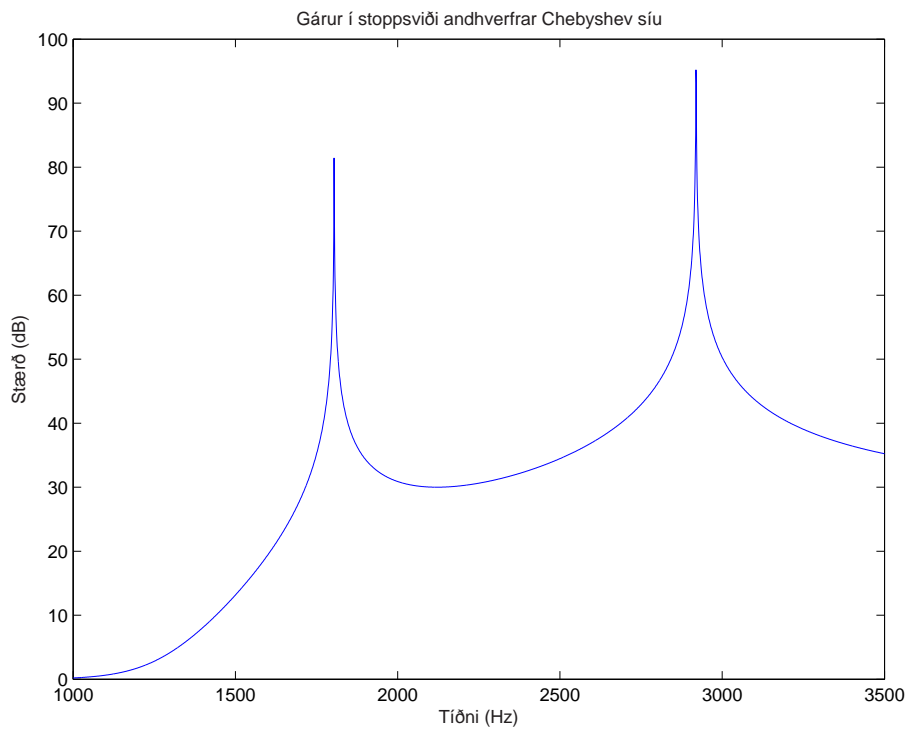
Sía	Deyfing (dB)		
	f_p	f_s	f_0
Butterworth	0.066	30	3
Chebyshev	0.2	37.9	0.2
Andhv. Chebyshev	0.2	30.9	30

Við sjáum af þessari töflu að síurnar uppfylla hönnunarskilyrðin.

Einnig átti að skissa gárur í hleypi- eða stoppsviði eftir því sem við átti. Ekki þaf að gera þetta fyrir Butterworth síuna þar sem hún er nærri algerlega flöt á hleypisviði sínu. Gárur í hleypisviði Chebyshev síunnar má sjá á mynd (5) og gárur í stoppsviði andhverfu Chebyshev síunnar má sjá á mynd (6) (á næstu síðu).



Mynd 5: *Gárur í hleypisviði Chebyshev síunnar sem fall af tíðni.*



Mynd 6: *Gárur í stoppsviði andhverfu Chebyshev síunnar sem fall af tíðni.*

2.2 Háhleypisía

Hanna átti Butterworth, Chebyshev og andhverfa Chebyshev háhleypisúr sem uppfylla eftirfarandi hönnunarkröfur:

- Hleypisvið frá 3 kHz, leyfilegt hámarksfrávik 0,2 dB.
- Stoppsvið byrjar í 0-300 kHz og hefur lágmarksdeyfingu 30 dB.

2.2.1 Stöðluð yfirfærsluföll

Fundin voru stöðluð yfirfærsluföll með Matlab. Yfirfærslufallið fyrir Butterworth háhleypisúna var af 3. gráðu og leit svona út:

$$H_{hp_1}(s) = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1} \quad (5)$$

Yfirfærslufallið fyrir Chebyshev háhleypisúna var af 2. gráðu og leit svona út:

$$H_{hp_2} = \frac{2.3032}{s^2 + 1.9271s + 2.3568} \quad (6)$$

Yfirfærslufallið fyrir andhverfu Chebyshev háhleypisúna var einnig af 2. gráðu og leit svona út:

$$H_{hp_3} = \frac{0.0316s^2 + 0.0632}{s^2 + 0.35s + 0.0632} \quad (7)$$

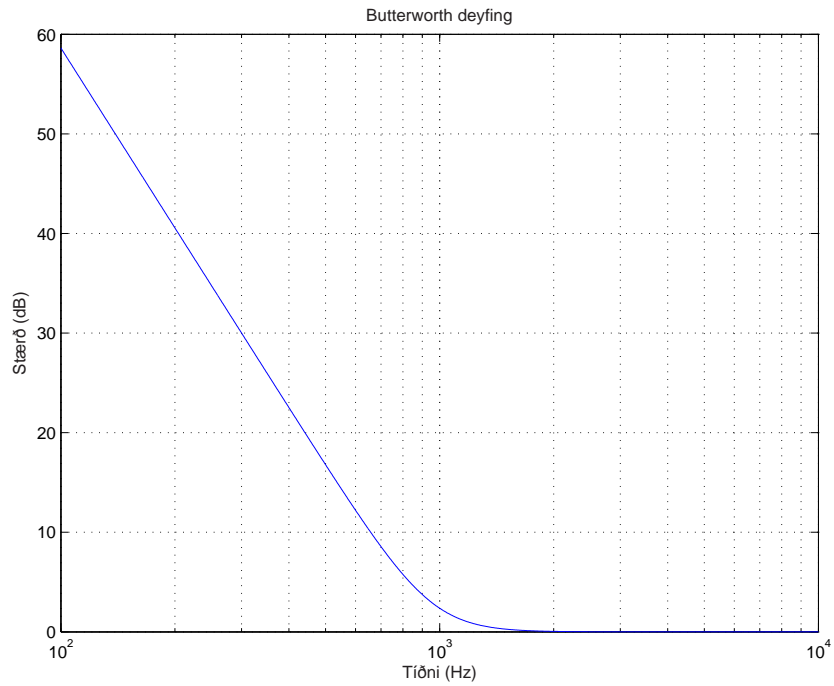
2.2.2 Deyfing fyrir réttar tíðnir

Hér átti að skissa deyfingu sem fall af tíðni fyrir réttar tíðnir (þ.e. denormalized). Réttar tíðnir eru fundnar með því að setja

$$H_{hp_i}(s') = H_{hp_i}\left(\frac{f_0}{s}\right), \quad i = 1, 2, 3 \quad (8)$$

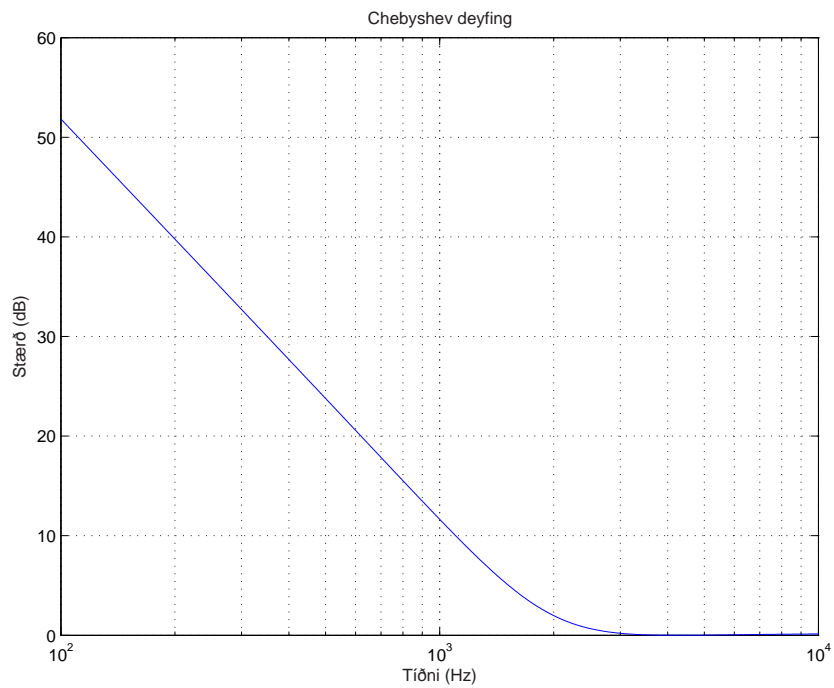
Þar sem f_0 er „cut-off“ tíðnin.

Fyrir Butterworth síuna var $f_0 \approx 949$ Hz. Deyfing síunnar er teiknuð á mynd (7).



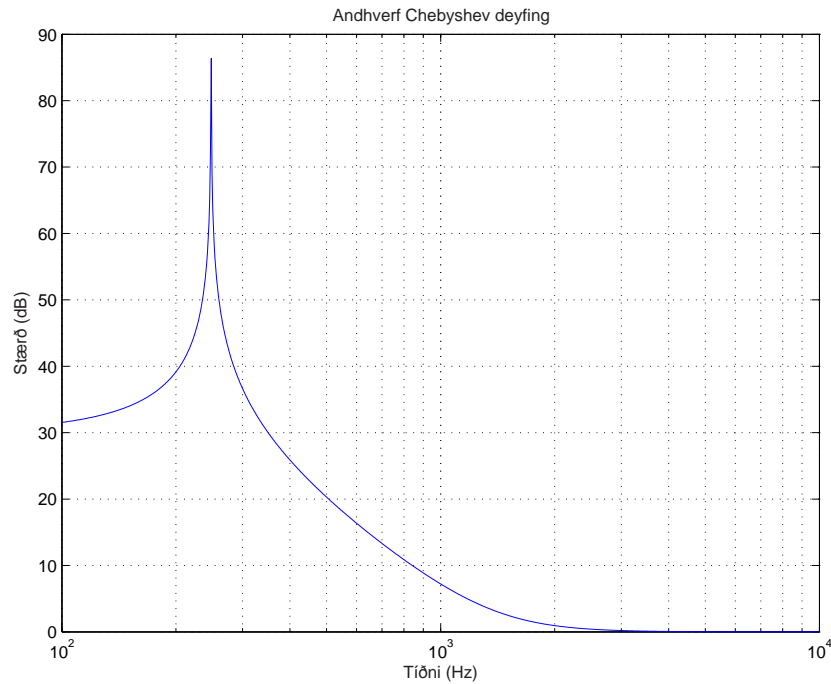
Mynd 7: Deyfing Butterworth háhleypisúnnar sem fall af tíðni.

Fyrir Chebyshev síuna var $f_0 = 3$ kHz. Deyfingu síunnar má sjá á mynd (8).



Mynd 8: Deyfing Chebyshev háhleypisúnnar sem fall af tíðni.

Fyrir andhverfu Chebyshev síuna var $f_0 \approx 350$ Hz. Deyfing síunnar er teiknuð á mynd (9).



Mynd 9: Deyfing andhverfu Chebyshev háhleypisíunnar sem fall af tíðni.

2.2.3 Sannprófun

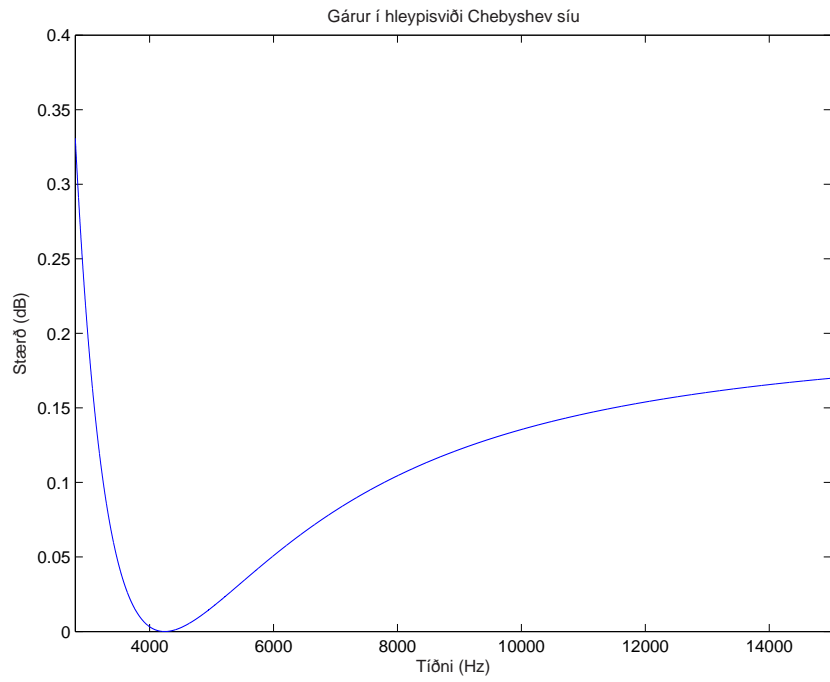
Deyfing var reiknuð í skurðtíðnum f_p , f_s og f_0 . Niðurstöður má sjá í töflunni hér að neðan:

Tafla 2: Deyfing í skurðtíðnum.

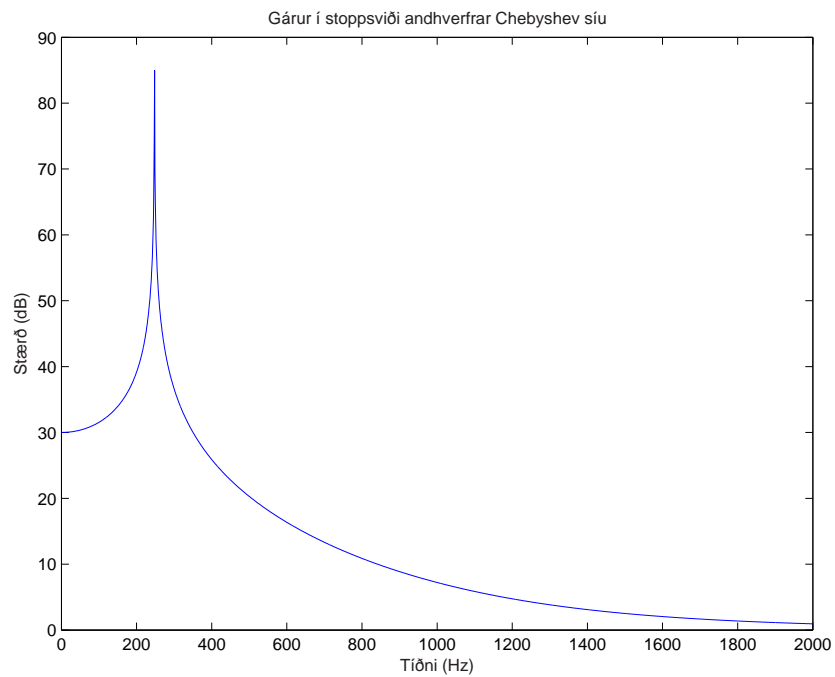
Sía	Deyfing (dB)		
	f_p	f_s	f_0
Butterworth	0.0043	30	3
Chebyshev	0.2	32.7	0.2
Andhv. Chebyshev	0.2	36.6	30

Við sjáum af þessari töflu að síurnar uppfylla hönnunarskilyrðin.

Einnig átti að skissa gárur í hleypis- eða stoppsviði eftir því sem við átti. Ekki þaf að gera þetta fyrir Butterworth síuna þar sem hún er nærri algerlega flöt á hleypisviði sínu. Gárur í hleypisviði Chebyshev síunnar má sjá á mynd (10) og gárur í stoppsviði andhverfu Chebyshev síunnar má sjá á mynd (11) (á næstu síðu).



Mynd 10: *Gárrur í hleypisviði Chebyshev háhleypisúnnar sem fall af tíðni.*



Mynd 11: *Gárrur í stoppsviði andhverfar Chebyshev háhleypisúnnar sem fall af tíðni.*

A Inntaksskrár

A.1 Lágheypisía: rv04_a.m

```
1 % Laghleypisía
2
3 clear all
4 close all
5
6 wp=1000;
7 ws=2000;
8 amax=0.2;
9 amin=30;
10
11 % byrja a ad finna kennistaerdir allra sianna
12
13 % Butterworth
14 % finn n og wn
15 [buttn,buttwn] = buttord(wp, ws, amax, amin, 's');
16 % finn null og pola
17 [buttz, buttp, buttk] = buttap(buttn);
18 % finn teljara og nefnara
19 [buttnum, buttdenom] = zp2tf(buttz, buttp, buttk)
20 % yfirfaerslufallid
21 Hbutt = tf(buttnum, buttdenom)
22
23 % Chebyshev
24 % finn n og wn
25 [cheb1n, cheb1wn] = cheb1ord(wp, ws, amax, amin, 's');
26 % finn null og pola
27 [cheb1z, cheb1p, cheb1k] = cheb1ap(cheb1n, amax);
28 % finn teljara og nefnara
29 [cheb1num, cheb1denom] = zp2tf(cheb1z, cheb1p, cheb1k)
30 % yfirfaerslufallid
31 Hcheb1 = tf(cheb1num, cheb1denom)
32
33 % Inverse chebyshev
34 % finn n og wn
35 [cheb2n, cheb2wn] = cheb2ord(wp, ws, amax, amin, 's');
36 % finn null og pola
37 [cheb2z, cheb2p, cheb2k] = cheb2ap(cheb2n, amin);
38 % finn teljara og nefnara
39 [cheb2num, cheb2denom] = zp2tf(cheb2z, cheb2p, cheb2k)
40 % yfirfaerslufallid
41 Hcheb2 = tf(cheb2num, cheb2denom)
42
43 % by svo til plottin
44
45 % pole-zero plot
46 figure(1)
```

```

47 subplot(1,3,1)
48 zplane(buttz,buttp);
49 title('Butterworth')
50 ylabel('\Im')
51 xlabel('\Re')
52 axis([-2 2 -2 2])
53 subplot(1,3,2)
54 zplane(cheb1z,cheb1p);
55 title('Chebyshev')
56 ylabel('\Im')
57 xlabel('\Re')
58 axis([-2 2 -2 2])
59 subplot(1,3,3)
60 zplane(cheb2z,cheb2p);
61 title('Andhverf_Chebyshev')
62 ylabel('\Im')
63 xlabel('\Re')
64 axis([-2 2 -2 2])
65
66 print -depsc a_pz
67
68 % bode plot af deyfingu
69 figure(2)
70 w=logspace(2,4,1000);
71 [buttnum2,butt denom2]=lp2lp(butt num,butt denom,butt wn)
72 [mag1,phase1] = bode(tf(butt num2,butt denom2),w);
73 magdb1 = -20*log10(abs(mag1(:)));
74 semilogx(w,magdb1)
75 title('Butterworth_deyfung')
76 ylabel('Stærð_(dB)')
77 xlabel('Tíðni_(Hz)')
78 grid
79
80 print -depsc a_butt
81
82 figure(3)
83 [cheb1 num2,cheb1 denom2]=lp2lp(cheb1 num,cheb1 denom,cheb1 wn)
84 [mag2,phase2] = bode(tf(cheb1 num2,cheb1 denom2),w);
85 magdb2 = -20*log10(abs(mag2(:)));
86 semilogx(w,magdb2)
87 title('Chebyshev_deyfung')
88 ylabel('Stærð_(dB)')
89 xlabel('Tíðni_(Hz)')
90 grid
91
92 print -depsc a_cheb1
93
94 figure(4)
95 [cheb2 num2,cheb2 denom2]=lp2lp(cheb2 num,cheb2 denom,cheb2 wn)
96 [mag3,phase3] = bode(tf(cheb2 num2,cheb2 denom2),w);

```

```

97 magdb3 = -20*log10(abs(mag3(:)));
98 semilogx(w, magdb3)
99 title('Andhverf_Chebyshev_deyfang')
100 ylabel('Stærð_(dB)')
101 xlabel('Tíðni_(Hz)')
102 grid
103
104 print -depsc a_cheb2
105
106 % Sannreynum siurnar
107
108 buttdeyfang = -20*log10(abs(freqs(buttnum2, buttdenom2, [wp, ws, buttw]) ))
109 cheb1deyfang = -20*log10(abs(freqs(cheb1num2, cheb1denom2, [wp, ws, cheb1wn] )))
110 cheb2deyfang = -20*log10(abs(freqs(cheb2num2, cheb2denom2, [wp, ws, cheb2wn] )))
111
112 % Garur
113 wg1=linspace(0,1000,1001);
114 figure(5)
115 [mag4, phase4] = bode(tf(cheb1num2, cheb1denom2), wg1);
116 magdb4 = -20*log10(abs(mag4(:)));
117 plot(wg1, magdb4)
118 title('Gáurur_í_hleypisviði_Chebyshev_síu')
119 ylabel('Stærð_(dB)')
120 xlabel('Tíðni_(Hz)')
121 axis([0 1000 0 0.2])
122
123 print -depsc a_garur1
124
125 wg2=linspace(1000,3500,2501);
126 figure(6)
127 [mag5, phase5] = bode(tf(cheb2num2, cheb2denom2), wg2);
128 magdb5 = -20*log10(abs(mag5(:)));
129 plot(wg2, magdb5)
130 title('Gáurur_í_stopp sviði_andhverfrar_Chebyshev_síu')
131 ylabel('Stærð_(dB)')
132 xlabel('Tíðni_(Hz)')
133
134 print -depsc a_garur2

```

A.2 Háhleypisía: rv04_b.m

```
1 % Hahleypisia
2
3 clear all
4 close all
5
6 wp=3000;
7 ws=300;
8 amax=0.2;
9 amin=30;
10
11 % byrja a ad finna kennistaerdir allra sianna
12
13 % Butterworth
14 % finn n og wn
15 [buttn,buttwn] = buttord(wp, ws, amax, amin, 's');
16 % finn null og pola
17 [buttz, buttp, buttk] = buttap(buttn);
18 % finn teljara og nefnara
19 [buttnum, buttdenom] = zp2tf(buttz, buttp, buttk)
20 % yfirfaerslufallid
21 Hbutt = tf(buttnum, buttdenom)
22
23 % Chebyshev
24 % finn n og wn
25 [cheb1n, cheb1wn] = cheb1ord(wp, ws, amax, amin, 's');
26 % finn null og pola
27 [cheb1z, cheb1p, cheb1k] = cheb1ap(cheb1n, amax);
28 % finn teljara og nefnara
29 [cheb1num, cheb1denom] = zp2tf(cheb1z, cheb1p, cheb1k)
30 % yfirfaerslufallid
31 Hcheb1 = tf(cheb1num, cheb1denom)
32
33 % Inverse chebyshev
34 % finn n og wn
35 [cheb2n, cheb2wn] = cheb2ord(wp, ws, amax, amin, 's');
36 % finn null og pola
37 [cheb2z, cheb2p, cheb2k] = cheb2ap(cheb2n, amin);
38 % finn teljara og nefnara
39 [cheb2num, cheb2denom] = zp2tf(cheb2z, cheb2p, cheb2k)
40 % yfirfaerslufallid
41 Hcheb2 = tf(cheb2num, cheb2denom)
42
43 % by svo til plottin
44
45 % bode plot af deyfingu
46 figure(2)
47 w=logspace(2, 4, 1000);
48 [buttnum2, buttdenom2] = lp2hp(buttnum, buttdenom, buttwn)
```

```

49 [mag1, phase1] = bode(tf(buttnum2, buttdenom2), w);
50 magdb1 = -20*log10(abs(mag1(:)));
51 semilogx(w, magdb1)
52 title('Butterworth_ deyfing')
53 ylabel('Stærð_(dB)')
54 xlabel('Tíðni_(Hz)')
55 grid
56
57 print -depsc b_butt
58
59 figure(3)
60 [cheb1num2, cheb1denom2]=lp2hp(cheb1num, cheb1denom, cheb1wn)
61 [mag2, phase2] = bode(tf(cheb1num2, cheb1denom2), w);
62 magdb2 = -20*log10(abs(mag2(:)));
63 semilogx(w, magdb2)
64 title('Chebyshev_ deyfing')
65 ylabel('Stærð_(dB)')
66 xlabel('Tíðni_(Hz)')
67 grid
68
69 print -depsc b_cheb1
70
71 figure(4)
72 [cheb2num2, cheb2denom2]=lp2hp(cheb2num, cheb2denom, cheb2wn)
73 [mag3, phase3] = bode(tf(cheb2num2, cheb2denom2), w);
74 magdb3 = -20*log10(abs(mag3(:)));
75 semilogx(w, magdb3)
76 title('Andhverf_Chebyshev_ deyfing')
77 ylabel('Stærð_(dB)')
78 xlabel('Tíðni_(Hz)')
79 grid
80
81 print -depsc b_cheb2
82
83 % Sannreynum siurnar
84
85 buttdeyfing = -20*log10(abs(freqs(buttnum2, buttdenom2, [wp, ws, buttw]) ))
86 cheb1deyfing = -20*log10(abs(freqs(cheb1num2, cheb1denom2, [wp, ws, cheb1wn] )))
87 cheb2deyfing = -20*log10(abs(freqs(cheb2num2, cheb2denom2, [wp, ws, cheb2wn] )))
88
89 % Garur
90 wgl=linspace(2800, 15000, 12201);
91 figure(5)
92 [mag4, phase4] = bode(tf(cheb1num2, cheb1denom2), wgl);
93 magdb4 = -20*log10(abs(mag4(:)));
94 plot(wgl, magdb4)
95 axis([2800 15000 0 0.4])
96 title('Gáru_ í_ hleypisviði_ Chebyshev_ síu')
97 ylabel('Stærð_(dB)')
98 xlabel('Tíðni_(Hz)')

```

```
99
100 print -depsec b_garur1
101
102 wg2=linspace(0,2000,2001);
103 figure(6)
104 [mag5, phase5] = bode(tf(cheb2num2, cheb2denom2), wg2);
105 magdb5 = -20*log10(abs(mag5(:)));
106 plot(wg2, magdb5)
107 title('Gárrur í stoppsviði andhverfrar Chebyshev síu')
108 ylabel('Stærð (dB)')
109 xlabel('Tíðni (Hz)')
110
111 print -depsec b_garur2
```
