

Dimensionering af elliptiske filtre.

Del 1: Lavpas.

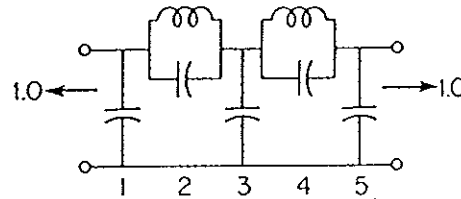
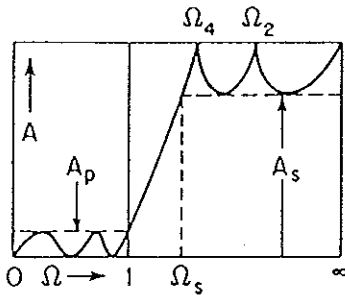
Af OZ7MA Arne R. Pedersen, Rønne Allé 34, 3450 Allerød.

1. Indledning. 'Kogebogs-opskrift'

I en tidligere artikel [1] er vist, hvorledes man dimensionerer konstant-K led samt filtre sammensat af konstant-K led og m-afledede led. Som vist i artiklen er disse filtre ganske lette at dimensionere, og de er ret effektive f. eks. som antennefiltre i sendere. Der findes imidlertid mere sofistikerede filtre, kaldet elliptiske filtre, som idag benyttes i næsten enhver moderne transceiver. Så det kan være på sin plads at vise i OZ, hvordan den eksperimenterende radioamatør forholdsvis let kan dimensionere sådanne filtre. Vi vil ikke komme ind på det matematiske grundlag, men nærmest bringe en kogebogs-opskrift på, hvordan man kan dimensionere elliptiske lavpas-, højpas- og båndpasfiltre ud fra nogle tabeller, som man kan finde i filter-litteraturen, bl. a. hos Geffe [2]. Vi vil i nærværende artikel gengive de to tabeller, radioamatøren oftest har brug for.

2. Normeret elliptisk LP-filter

I forbindelse med tabel 1 er vist diagrammerne for to former for et 5. ordens elliptisk LP-filter. Det siges at være af 5. orden, fordi der er 5 grene i det. I den øverste version er 1. gren en lodret tegnet kondensator, 2. gren en vandret tegnet parallel-svingningskreds, 3. gren en lodret tegnet kondensator o.s.v. I den nederste version er 1. gren en vandret spole, 2. gren en lodret serie-svingningskreds, 3. gren en vandret spole o.s.v. Filteret kaldes normeret, fordi komponentværdierne i tabellen gælder for et filter med impedansniveau 1 ohm og for afskærings-vinkelfrekvensen $\Omega = 1$, hvilket vil sige, at afskæringsfrekvensen er $f_c = 1/(2\pi)$ Hz. Komponentensymbolerne i øverste linie i tabellen refererer til det øverste diagram, C_1 er den 1. lodrette kondensator, C_2 og L_2 er kondensatoren og spolen i den første vandrette parallel-svingningskreds.

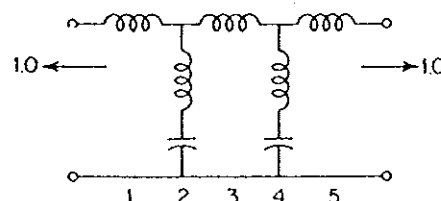


Ω_s	A_s db	C_1	C_2	L_2	Ω_2	C_3	C_4	L_4	Ω_4	C_5
1.309	35	0.977	0.230	1.139	1.954	1.488	0.742	0.740	1.350	0.701
1.414	40	1.010	0.177	1.193	2.176	1.586	0.530	0.875	1.468	0.766
1.540	45	1.032	0.140	1.228	2.412	1.657	0.401	0.968	1.605	0.836
1.690	50	1.044	0.1178	1.180	2.682	1.726	0.283	1.134	1.765	0.885
1.860	55	1.072	0.0880	1.275	2.985	1.761	0.241	1.100	1.942	0.943
2.048	60	1.095	0.0699	1.292	3.328	1.801	0.192	1.148	2.130	0.988
2.262	65	1.108	0.0555	1.308	3.712	1.834	0.151	1.191	2.358	1.022
2.512	70	1.112	0.0440	1.319	4.151	1.858	0.119	1.225	2.619	1.044

Ω_s	A_s db	L_1	L_2	C_2	Ω_2	L_3	L_4	C_4	Ω_4	L_5
------------	-------------	-------	-------	-------	------------	-------	-------	-------	------------	-------

$A_p = 0.1$ DB

Tabel 1



Ω_2 er resonans-vinkelfrekvensen for C_2 og L_2 o.s.v. Tilsvarende refererer komponentsymbolerne i allernederste linie i tabellen til det nederste diagram.

Ved tabellen er også skitseret dæmningskurven for et sådant filter. Bemærk, at dæmningen vokser opad, i modsætning til de beregnede kurver, der vises senere. Det, der er karakteristisk for elliptiske filtre, er, at de har en vis ripple, A_p , i gennemgangsområdet, $0 \leq \Omega \leq 1$, og at de i spærreområdet giver en dæmning, der varierer imellem meget store værdier og en vis minimal dæmning, A_s , hvis værdi man selv bestemmer ved dimensioneringen. Den anden kolonne i tabellen angiver netop A_s , med værdier fra 35 til 70 dB. Man skal altså vælge en af disse værdier og så som komponentværdier i det normerede filter benytte de tal, der står i samme vandrette linie.

Den gængs tabel gælder for ripple $A_p = 0.1$ dB, men hos Geffe [2] og andre findes tabeller for andre A_p værdier.

Den første kolonne, Ω_s , i tabellen angiver det tal, man skal multiplicere grænsefrekvensen med for at nå op på den frekvens, hvor dæmningen er steget så meget, at den netop har nået den valgte A_s værdi. Ω_s værdien siger altså noget om flankestejligheden. Vi ser, at jo større spærredæmning A_s , vi vælger, jo højere en frekvens skal vi op på for at opnå den valgte dæmning. Vi vil betragte dette forhold nærmere i forbindelse med kurverne for konkrete tilfælde.

For tabsfri filtre (spoler og kondensatorer ideelle) bliver spærredæmningen uendelig stor ved resonansfrekvenserne Ω_2 og Ω_4 , hvor parallel-svingningskredse jo har uendelig stor impedans, og serie-svingningskredse virker som kortslutninger. I praktiske filtre bliver dæmningen ved Ω_2 og Ω_4 ikke uendelig stor, men dog større end A_s .

3. Dimensionering af to praktiske LP-filtre

Vi vil nu dimensionere to filtre, begge til impedansniveau 50Ω og afskæringsfrekvens $f_c = 30$ MHz. De kan altså bruges som antennefiltre i HF-stationer. Det ene vil vi dimensionere til spærredæmning $A_s = 35$ dB (øverste linie med komponentværdier i tabel 1), det andet til $A_s = 70$ dB (nederste linie). Derefter

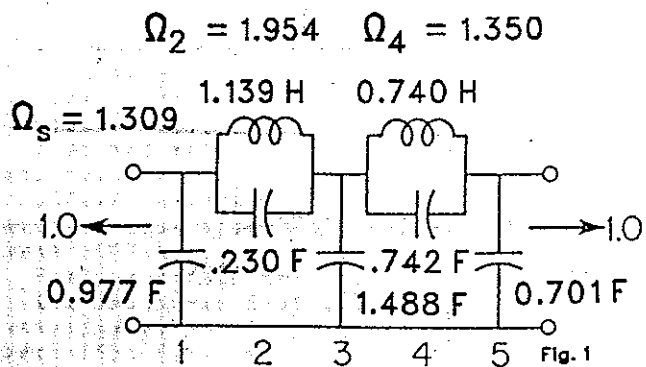


Fig. 1. Normeret LP-filter af 5. orden. $A_s = 35$ dB.

vil vi beregne filterkurver for de to tilfælde og herudfra uddrage konklusioner vedrørende passende valg af filterets ordenstal og spærredæmningen A_s .

Vi starter med 35 dB filteret. Vi vælger det øverste diagram ved tabel 1, fordi det indeholder færrest antal spoler. Vi aflæser komponentværdierne i øverste linie og skriver dem på diagrammet i fig. 1. Kapaciteter er i farad (F) og selvinduktioner i henry (H). Nu transformerer vi fra de normerede 1Ω til 50Ω ved at multiplicere alle spoleværdier med 50 og dividere alle kondensatorværdier med 50, se fig. 2.

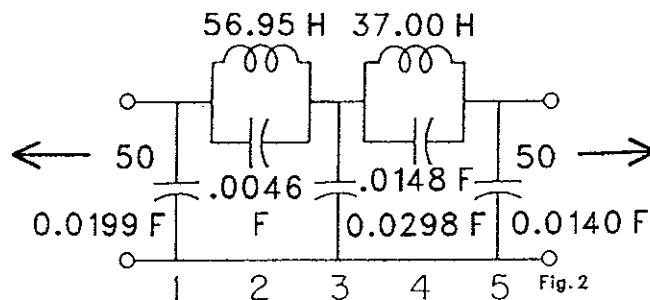


Fig. 2. LP-filter af 5. orden. 50Ω . $A_s = 35$ dB. $f_c = 1/(2\pi)$ Hz.

Endelig laver vi en frekvenstransformation ved at dividere alle spole- og kondensatorværdier i fig. 2 med 2π gange den ønskede afskæringsfrekvens, altså skal vi dividere med $2\pi \cdot 30 \cdot 10^6$. Resultatet er vist i fig. 3, der er det endelige filter. Det forstås, at det kan dimensioneres i løbet af få minutter af enhver, der kan betjene den simpleste lommeregner.

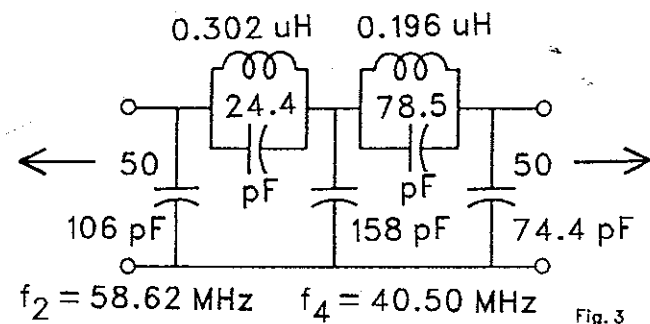


Fig. 3. Endelige LP-filter af 5. orden. 50Ω . $A_s = 35$ dB. $f_c = 30$ MHz.

På helt samme måde dimensioneres 70 dB filteret, idet man starter med at skrive tabellens komponentværdier i nederste linie ud for $A_s = 70$ dB på det øverste diagram i tabel 1. Slutresultatet er vist i fig. 4.

4. Beregnede kurver for dimensionerede filtre

Vi vil nu beregne filterkurverne for fig. 3 og fig. 4 ved hjælp af kredsløbsprogrammet SPICE (den gratis student version fra 1987). Vi sætter spolernes Q værdi til 100 ved 30 MHz og regner kondensatorerne tabsfri. Resultaterne er vist i fig. 5. På figuren kan

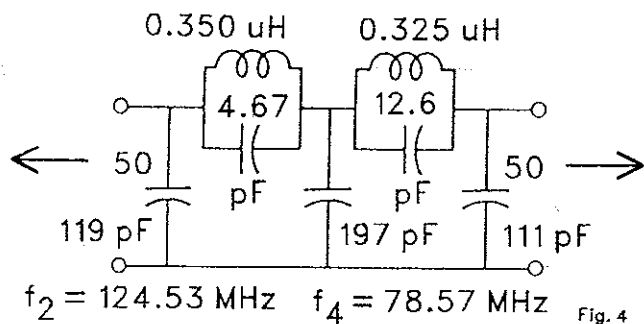


Fig. 4

Fig. 4. Endelige LP-filtre af 5. orden. 50 Ω. $A_S = 70$ dB. $f_c = 30$ MHz.

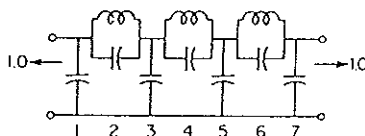
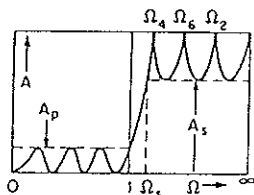
man ikke se variationer inden for gennemgangsområdet, men i figurteksten er anført dæmpningernes variation op til 29.7 MHz. De er et resultat dels af ripple, dels af tabene i spolerne.

Bemærk, at de dybe dyk i kurverne netop ligger på resonansfrekvenserne for parallel-svingningskredse, og at disse resonansfrekvenser fås som 30 MHz multipliceret med Ω_2 og Ω_4 værdierne fra tabel 1.

Det ses tydeligt, at filteret for $A_S = 35$ dB skærer meget hurtigere af lige over afskæringsfrekvensen end filteret for $A_S = 70$ dB. Flanken for filteret med A_S

= 35 dB når de 35 dB dæmpning ved frekvensen $\Omega_S \cdot f_c = 1.309 \cdot 30 = 39.3$ MHz. Tilsvarende når det andet filter de 70 dB dæmpning ved 75.4 MHz. Ingen af filtrene ville være tilfredsstillende, hvis de skulle bruges som eneste filter i udgangen af en sender koblet direkte til antennen. Sender man eksempelvis på 21 MHz, så vil 2. harmoniske kun blive dæmpet 38 dB af filteret med $A_S = 35$ dB og - endnu værre - kun 19 dB af 70 dB filteret! 3. harmoniske vil af begge filtre blive dæmpet omkring 46 dB, medens højere harmoniske vil blive dæmpet tilstrækkeligt af 70 dB filteret, men kun omkring 35 dB af filteret, der netop er designet til at give $A_S = 35$ dB. Derimod vil et 5. ordens elliptisk LP-filter være tilstrækkeligt, hvis det skal indskydes imellem en sender med nogen filtrering i udgangen (f. eks. en afstemt kreds eller et pilled) og en antenntuner, der giver nogen dæmpning af de harmoniske. Så ville man måske vælge at dimensionere det elliptiske filter til $A_S = 50$ dB, altså et sted mellem de to her viste filtre.

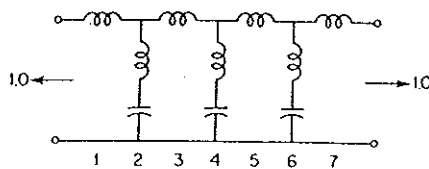
Hvis det elliptiske filter skal bruges i udgangen af en moderne bredbåndssender, må man gå op til et filter af 7. orden. For at give mulighed for at dimensionere et sådant gengiver vi i tabel 2 en del af en tabel fra Geffe [2]. Dimensioneringen foretages på helt samme måde som vist ovenfor, blot er der flere



Ω_S	A_S (dB)	C_1	C_2	L_1	Ω_1	C_1	C_2	L_1	Ω_1	C_3	C_4	L_1	Ω_1	C_1
1.012 465	20.6	0.9142	0.6011	0.8707	1.382 299	0.9006	5.858	0.1656	1.015 345	0.6248	3.346	0.2672	1.057 569	0.2431
1.022 341	25.1	0.9782	0.4841	0.9527	1.472 529	1.004	3.822	0.2483	1.026 592	0.7148	2.368	0.3595	1.083 849	0.3710
1.040 299	30.7	1.042	0.3818	1.032	1.593 311	1.131	2.543	0.3501	1.046 522	0.8412	1.673	0.4729	1.124 147	0.5066
1.057 621	34.6	1.080	0.3262	1.077	1.686 865	1.221	1.998	0.4409	1.065 409	0.9371	1.351	0.5516	1.158 633	0.5920
1.086 360	39.8	1.121	0.2682	1.127	1.818 515	1.333	1.520	0.5472	1.096 346	1.064	1.071	0.6490	1.210 984	0.6911
1.122 326	44.9	1.155	0.2225	1.168	1.961 181	1.438	1.195	0.6498	1.134 644	1.188	0.8369	0.7389	1.271 668	0.7776
1.166 633	50.1	1.183	0.1853	1.203	2.118 476	1.535	0.9376	0.7482	1.181 442	1.307	0.6755	0.8217	1.342 188	0.8543
1.220 775	55.4	1.208	0.1541	1.232	2.294 610	1.626	0.7745	0.8420	1.238 269	1.422	0.5487	0.8981	1.424 533	0.9230
1.286 760	60.9	1.229	0.1277	1.258	2.491 813	1.711	0.6286	0.9310	1.307 190	1.531	0.4462	0.9684	1.521 319	0.9818
1.345 633	65.2	1.243	0.1105	1.275	2.664 770	1.770	0.5370	0.9944	1.368 471	1.608	0.3814	1.017	1.605 563	1.027
1.414 214	69.7	1.255	0.0950	1.290	2.855 727	1.826	0.4575	1.055	1.439 683	1.682	0.3248	1.063	1.701 881	1.066
1.494 477	74.3	1.267	0.0812	1.304	3.072 388	1.879	0.3879	1.112	1.522 851	1.751	0.2753	1.105	1.812 555	1.102
1.589 016	79.3	1.277	0.0689	1.317	3.329 862	1.928	0.3262	1.165	1.620 638	1.817	0.2317	1.145	1.941 830	1.135
1.701 302	84.6	1.286	0.0578	1.328	3.609 267	1.973	0.2727	1.216	1.736 606	1.878	0.1932	1.181	2.093 298	1.165
1.836 078	90.2	1.294	0.0479	1.338	3.948 647	2.016	0.2252	1.262	1.875 623	1.934	0.1599	1.214	2.273 259	1.193
Ω_S	A_S (dB)	L_1	L_1	C_1	Ω_1	L_1	L_1	C_1	Ω_1	L_1	L_1	C_1	Ω_1	L_1

$A_p = 0.18$ DB

Tabel 2



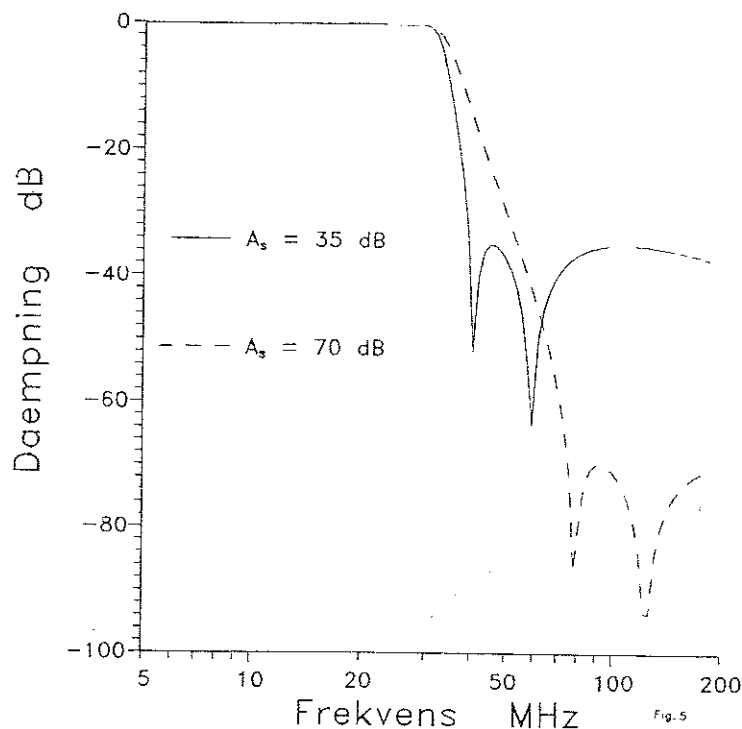


Fig. 5. Dæmplingskurver for filtrene i fig. 3 og 4. Spolers $Q = 100$ ved 30 MHz. I gennemgangsområdet op til 29.7 MHz varierer dæmplingen mellem 0.15 og 0.45 dB.

komponenter at udregne. Et eksempel på et elliptisk LP-filter af 7. orden med afskæringsfrekvens 30 MHz er givet i ref. [1].

5. Konklusion.

Konkluderende må man sige, at det er yderst let at dimensionere et elliptisk lavpas-filter, når man har de nødvendige tabeller. En lille smule sværere bliver det, når vi i næste artikel skal behandle højpas-filtre.

6. Referencer.

[1] Arne R. Pedersen, OZ7MA: Antenne-filtre. OZ oktober 1990, pp. 559-563.

[2] Philip R. Geffe: Simplified modern filter design. Hayden Book Company, Inc., New York. 1963.

OZ

Fra andre blade

QTC august 1996

QTC, de svenske radioamatørers blad, har i august-udgaven en præsentation af SSA's websider. På internet kan man finde den svenske forening på adressen <http://www.svessa.se/>. Jeg har netop i skrivende stund testet SSA's websider og må erkende, at foreningens webmaster SM5HJZ har udført et kæmpejob. Han beskæftiger sig øjensynligt professionelt med dette arbejde i eller for firmaet Mistra AB i Almunge, Sverige.

Siden den 9. juli 1996, hvor SSA's websider blev åbnet, har 4569 personer set indenfor. - Selve frontside har 29 åbninger, hvor f.eks. åbningen »relæstationer« rummer en 34 sider information om hver enkelt svensk repeaters data.

Den svenske formand SM0SMK, Gunnar Kvarnefalk slår i sin leder på problemet med manglende bygge-interesse hos de almindelige radioamatører. Det skyldes, siger han, at dagens udstyr er blevet uhyre komplekst, der benyttes små komponenter og print, som ikke er så lette at have med at gøre. Det skulle dog ikke forhindre, at man kaster sig ud i antennebygning, filterbygning, fremstilling af power supplies, og han fremhæver, at der netop i august nummeret af QTC påbegyndes en byggevejledning for en 2-meter transceiver. Han slutter med at fremhæve, at EU netop i EMC-direktivet har accepteret, at radioamatører frit kan eksperimentere og bygge amatørudstyr, og at dette udstyr derefter er undtaget fra den såkaldte CE-mærkning.

OZ5RB

Amatørradio august 1996.

Det norske "amatørradio" (AR.), som er vore norske venners medlemsblad, beskæftiger sig i no. 8/96 især med forberedelserne til World Radio Conference 1999 og gengiver samtidig en hovedbestyrelsesberetning. Hvad WRC99 angår, har man i sommer udsendt et spørgeskema til alle lokalafdelinger, hvori man beder om svar på 20 konkrete spørgsmål. Besvarelserne vil indgå i et oplæg, som en arbejdsgruppe vil fremsætte og siden skriftligt forelægge på region 1 konferencen i Tel Aviv i slutningen af september i år. Man må formode, at dette er sket nu.

I Norge er der 5592 licenserede radioamatører. NRRL har 3161 medlemmer, af hvilke 2908 har licens. Organisationsgraden er dermed 52%.

Medlemstallet i Norge er sunket med 2% (66 personer) i det forløbne år.

Øvrigt har AR en artikel (s. 212) af LA7BO Halvor Liland, som fortæller om anvendelse af ARRL's dataprogram "ARRL Radio Design".

I "AR" refererer man fra det britiske blad RadCom, at det er lykkedes RSGB's EMC komite at opnå en fuldstændig fritagelse for byggesæts omfattelse af EU's EMC-direktiv.

OZ5RB