



Sebastian Becker

Berechnung von Filtern nach Katalog



Inhalt



1. Einleitung
2. Nomenklatur
 - 2.1. Normierung
 - 2.2. Dämpfungstoleranzschema
3. Problemstellung
 - 3.1. Forderungen an das Filter
4. Bestimmen der Filterparameter
 - 4.1. Vorgehensweise
 - 4.2. Ablesen der Parameter
 - 4.3. Resultierende Schaltung
5. Anmerkungen zum Katalog



1. Einleitung



Motivation:

- Problem: Filterbestimmungsverfahren sind teils recht aufwendig
 - Ziel: Filter mit relativ einfachen Mitteln, ohne großen Aufwand bestimmen können
 - Lösung: Den Umgang mit dem Katalog erlernen
- ⇒ Ein Filter anhand von praxisrelevanten Vorgaben berechnen können



2. Nomenklatur



2.1 Normierung:

Um es beim Rechnen und Hantieren mit dem Filterkatalog etwas einfacher zu haben und um den Katalog allgemeiner zu halten, werden die Größen wie folgt normiert:

Bezugsgrößen:

Widerstand: R_B

\Rightarrow

die normierten Größen:

$$r = \frac{R}{R_B}$$

Frequenz: $\omega_B = \frac{1}{T_B}$

\Rightarrow

$$\Omega = \frac{\omega}{\omega_B}$$

Induktivität: $L_B = \frac{R_B}{\omega_B}$

\Rightarrow

$$l = \frac{L}{L_B}$$

Kapazität: $C_B = \frac{1}{R_B \cdot \omega_B}$

\Rightarrow

$$c = \frac{C}{C_B}$$

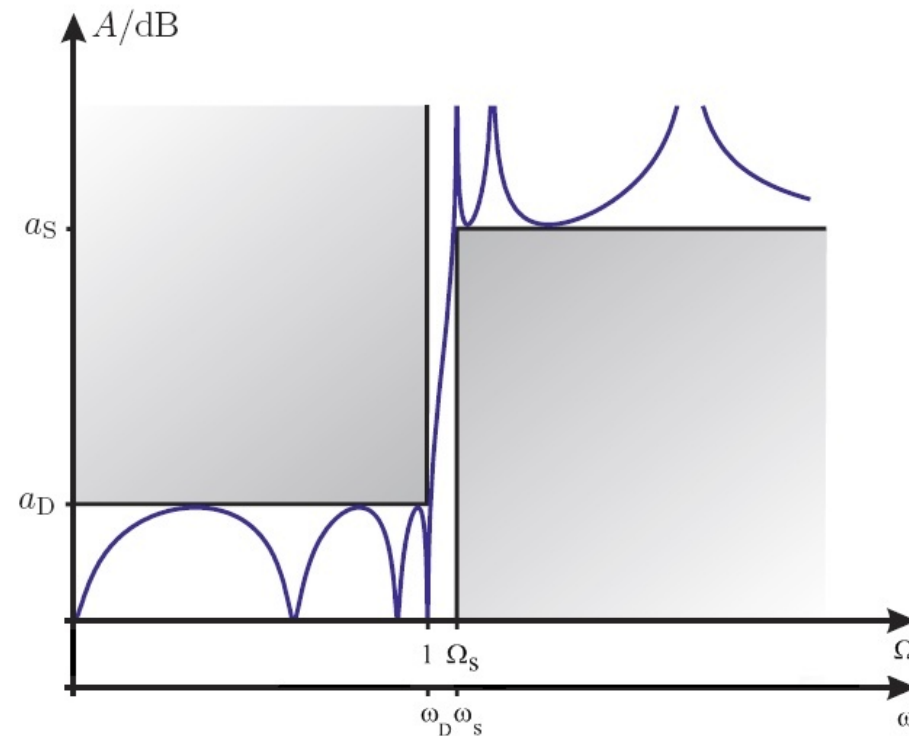


2. Nomenklatur



2.2 Dämpfungs-Toleranz Schema:

- Im Folgenden wird das Ende des Durchlassbereichs ω_D als Bezugsfrequenz benutzt.
- a_S geforderte Mindestdämpfung im Sperrbereich
- a_D zulässiger Maximalwert der Dämpfung im Durchlassbereich
- Ω_S normierte Sperrgrenze

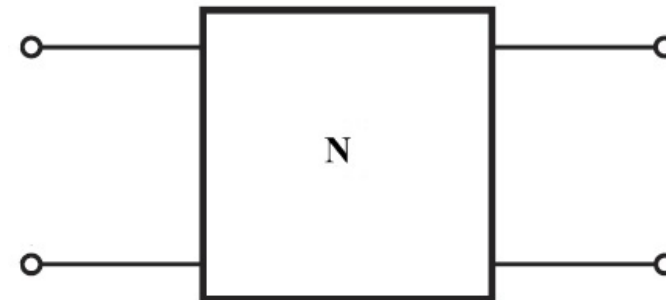


3. Problemstellung



3.1 Forderungen an das Filter:

- Durchlassbereich $0 \leq f \leq f_D = 10kHz$
- Reflektionsfaktor von $\rho = \sqrt{1 - 10^{\frac{-a_D}{10}}} \leq 20\%$
- $\rho = |S_{11}(j\omega)|_{max}$ im Durchlassbereich
- Dämpfung im Sperrbereich $a_S \geq 35dB$ ab $f_S = 11kHz$
- Quellenwiderstand $R_1 = 600\Omega$
- möglichst steiler Übergang vom Durchlass in den Sperrbereich



4. Bestimmen der Filterparameter



4.1 Vorgehensweise:

- Filterart wählen
- Normierung der gegebenen Parameter
- Aufwandsabschätzung mittels Kurvenschar aus dem Katalog
- Filter wählen
- Bauteil-Parameter dem Katalog entnehmen
- Rückgängig machen der Normierung und somit Anpassung an das eigentliche Problem



4. Bestimmen der Filterparameter



4.2 Ablesen der Parameter:

- Filterart wählen: Cauer-Filter

- Normierung der gegebenen Größen:

$$- \Omega_S = \frac{\omega_S}{\omega_D} = \frac{f_S}{f_D} = 1.1$$

$$- R_B = R_1 = 600\Omega \Rightarrow r_1 = 1$$

- Aufwandsabschätzung a. :

$$- a(\rho) \text{ aus } a_D \text{ oder } \rho \text{ aus der Tabelle}$$

$$\Rightarrow a(\rho) = 13.9dB$$

$$\Rightarrow a_S + a(\rho) = 35dB + 13.9dB = 48.9dB$$

ρ %	a_D dB	$a(\rho)$ dB
1	0.0004	40.0
2	0.0017	33.9
3	0.0039	30.4
5	0.0109	26.1
8	0.0279	21.7
10	0.0436	20.0
15	0.0988	16.5
20	0.1773	13.9
25	0.2803	11.7
50	1.2494	4.78



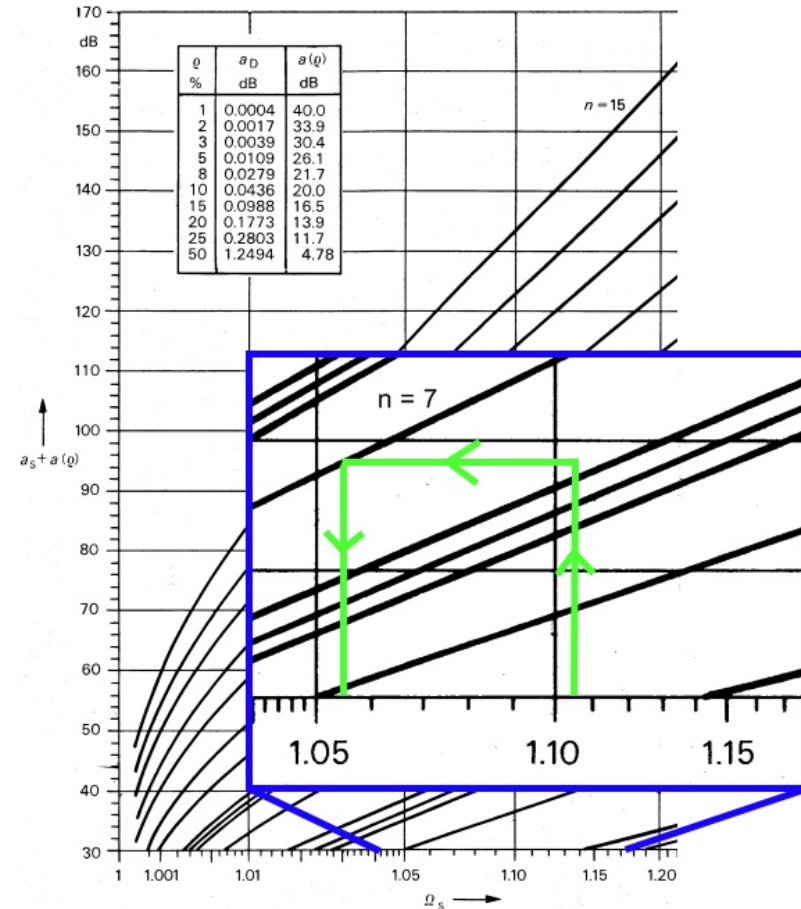
4. Bestimmen der Filterparameter



- Aufwandsabschätzung b. :
 - mit $a_S + a(\rho) = 48.9dB$ und $\Omega_S = 1.1 \Rightarrow$ Grad n
 - $\Rightarrow n=7 \Rightarrow$ resultierende Reserve verteilen
 - $\Omega_{Sneu} = 1.06$ und $f_{Bneu} = 10.4kHz$
 - $\Rightarrow f_S = \Omega_S \cdot f_B = 11kHz$ wie gefordert
 - $\Theta = \frac{180^\circ}{\pi} \arcsin \frac{1}{\Omega_S} = 70^\circ$

- Filter wählen:

Name:	(P, T, C)	(Grad n)	(ρ)	(Θ)
\Rightarrow	C	07	20	70



4. Bestimmen der Filterparameter



- Aus der Tabelle des C 07 20:

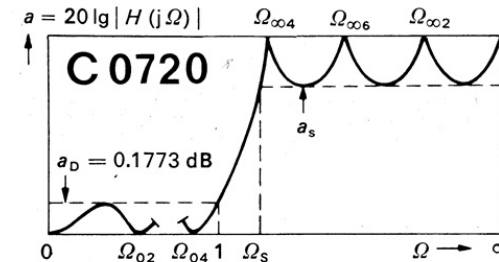
	c1	c2	c3	c4	c5
normiert	1.091	0.3102	1.250	1.859	0.9689
	c6	c7	l2	l4	l6
normiert	1.265	0.6181	1.091	0.4678	0.5767

- Rückgängig machen der Normierung:

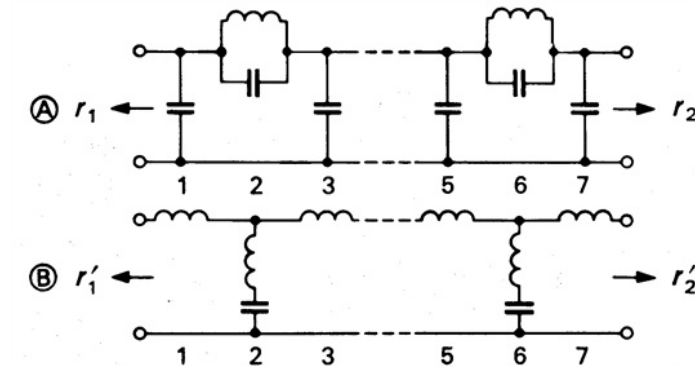
$$- L_B = \frac{R_B}{\omega_B} = 9.05mH, C_B = \frac{1}{\omega_B \cdot R_B} = 25nF$$

$$- L = l \cdot L_B, C = c \cdot C_B$$

	C1	C2	C3	C4	C5
Werte	27.3nF	7.8nF	31.3nF	46.5nF	24.2nF
	C6	C7	L2	L4	L6
Werte	31.6nF	15,5nF	9.87mH	4.23mH	5.22mH



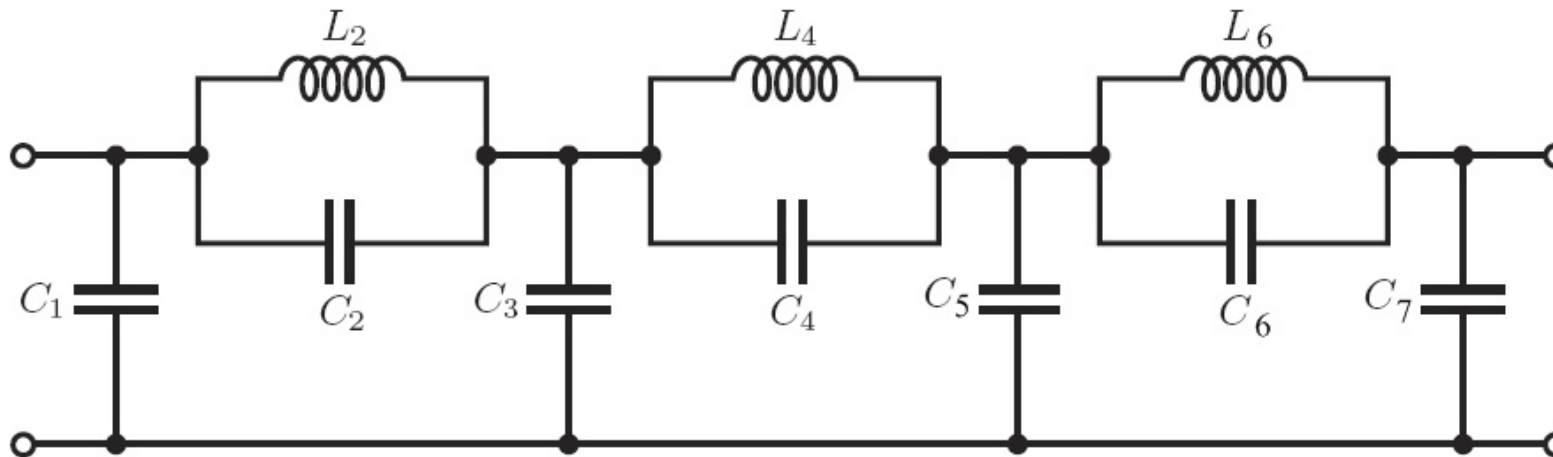
θ	Ω_s	a_s dB	Ⓐ ν	r ₁ = 1	r ₂ = 1
				c _{2ν-1}	l _{2ν}



4. Bestimmen der Filterparameter



4.3 Resultierende Schaltung:



	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	L2	L4	L6
Werte	27.3nF	7.8nF	31.3nF	46.5nF	24.2nF	31.6nF	15,5nF	9.87mH	4.23mH	5.22mH



5. Anmerkungen zum Katalog



Einschränkungen des Katalogs:

- Der Katalog ist auf Tiefpässe beschränkt:
 - für Bandpass und andere Typen \Rightarrow Frequenztransformation
- ideale Filter werden bestimmt:
 - Verluste werden nicht berücksichtigt
 - diese verändern in gewissem Rahmen das Verhalten des Filters
- Filter gerader Ordnung:
 - für $\omega = 0$ ein $A \neq 0$
 - es liegt keine Leistungsanpassung vor: $r_1 \neq r_2$
 - zur Realisierbarkeit \Rightarrow Frequenztransformation



Literatur



- R.SAAL: *Handbuch zum Filterentwurf*
AEG-Telefunken , Frankfurt am Main 1979

