

Koppler & Co.

Ströme, Spannungen und Verluste in Anpassnetzwerken

**Mitteilungen aus dem Institut
für Umwelttechnik, Nonnweiler-Saar
Dr. Schau
DL3LH**

Vorwort:

Eine Endstufe ist leicht gekauft. Da für den Betrieb auf Kurzwelle immer eine Anpassschaltung notwendig ist, muss diese den veränderten Leistungsverhältnissen angepasst werden. Doch kaum jemand macht sich bei einer Leistungserhöhung Gedanken über die auftretenden Ströme, Spannungen und die Verluste im Anpassnetzwerk. Meistens wird auch die Anpassschaltung verwendet, die bei der geringeren Leistung gute Dienste geleistet hat. Der technische Aufwand der bei der höheren Leistung betrieben werden muss steigt quadratisch mit der Leistung. Um eine Übersicht zu bekommen welche Ströme, Spannungen und Verlustleistungen auftreten, nehmen wir aus dem Artikel „Mythos Faltdipol“ die Impedanzen der Antenne für die Frequenzen $f = 3,6$ bis 29 MHz und berechnen damit alle relevanten Daten üblicher Anpassnetzwerke und lassen vorerst den Einfluss des notwendigen Balun außer Acht.

Impedanzen des Faltdipols bei verschiedenen Frequenzen nach /4/

Die berechneten Fußpunktimpedanzen der Antenne in 10 m Höhe waren

Frequenz MHz	Impedanz Ω
3.60	$120 + j 0$
7.05	$32 - j 480$
14.1	$197 - j 900$
21.2	$785 - j 1532$
29.0	$570 - j 1280$

Tab. 1: Fußpunktimpedanzen eines Faltdipols in den Amateurbändern $80 - 10$ m aus dem Artikel „Mythos Faltdipol“/4/

Diese Impedanzen müssen mittels einer Anpassschaltung auf die Impedanz der Endstufe – meist 50Ω – transformiert werden. Stellt sich die Frage: Welche Ströme, Spannungen und Verlustleistungen treten an den Bauteilen auf?

Dazu berechnen wir für ein Pi-Filter, eine T-Konfiguration und eine LC-Anpassung allen relevanten Daten. Die Berechnung gestaltet sich einfach und übersichtlich, wenn die komplexe Rechnung verwendet wird. Die Güte der Spule sei $Q_L = 100$ und die der Kondensatoren $Q_c = 500$, die Eingangsleistung zu $P = 1000$ W an 50Ω angenommen.

1. Pi-Filter

Frequenz MHz	C_1 pF	L uH	C_2 pF	Güte Q	U_e V	I_{c1} A	P_{vc1} W	I_L A	U_{Lm} V	P_{vL} W	U_{2m} V	I_{c2} A	P_{vc2} W	P_L W	L dB
3.60	357	3.3	500	1.8	223.6	1.80	1	4.8	508	17	485	3.9	3	979	0.09
7.05	3543	1.07	500	8.6	223.6	35.1	16	35.4	2379	595	2065	32.2	94	295	5.30
14.1	2419	0.30	500	19.4	223.6	47.9	21	48.1	1815	618	1500	47.0	100	261	5.83
21.2	1993	0.14	500	65.6	223.6	59.4	27	59.5	1569	660	1254	59.1	105	208	6.81
29.0	1718	0.08	500	67.6	223.6	70.0	31	70.1	1397	693	1081	69.6	106	169	7.71

Tab. 2: Gesamtdaten eines Pi-Filters für die Impedanzen nach Tab. 1. $C_2 = 500$ pF

Für das Pi-Filter ist eine konstante Ausgangskapazität von $C_2 = 500$ pF angenommen. Wie Tab. 2 zeigt, sind die Ströme oberhalb des 80 m Bandes enorm hoch. So ist im 40 -m Band der Strom durch den

eingangsseitigen Kondensator $I_{c_1} = 35,1$ A, der Strom durch die Induktivität $I_L = 35,4$ A und der Strom durch die ausgangsseitige Kapazität $I_{c_2} = 32,2$ A. Da fast immer auf 50Ω transformiert wird, ist die Eingangsspannung $U_1 = 223,6$ Veff konstant und berechnet sich aus Eingangsleistung und Eingangswiderstand.

Wir berechnen für die gleichen Impedanzen nach Tab. 1 alle relevanten Größen einer T-Anpassschaltung.

2. T-Anpassschaltung

Frequenz MHz	C_1 pF	L uH	C_2 pF	Güte Q	$U_{c_{1m}}$ V	I_{c_1} A	P_{vc_1} W	I_L A	U_{Lm} V	P_L W	$U_{c_{2m}}$ V	I_{c_2} A	P_{vc_2} W	P_L W	L dB
3.60	292	4.69	200	3.30	959	4.5	6	6.7	1009	48	876	2.8	3	943	0.26
7.05	35.5	6.4	200	27.9	4019	4.5	25	10	4031	286	893	5.6	7	681	1.67
14.1	24.5	2.90	200	16.9	2920	4.5	18	8.1	2936	168	293	3.7	2	812	0.90
21.2	17.8	1.84	200	15.7	2668	4.5	17	7.7	2686	147	176	3.3	1	836	0.78
29.0	13.7	1.15	200	17.5	2531	4.5	16	8.6	2550	155	163	4.2	1	828	0.82

Tab. 3: Gesamtdaten eines T-Filters für die Impedanzen nach Tab. 1

Auffällig beim T-Filter sind die hohen Spannungen an den Blindelementen. Dabei ist der Index m der Hinweis auf Maximalwerte, die aus den Effektivwerten durch Multiplikation mit $\sqrt{2}$ berechnet werden können. Welche Werte stellen sich bei gleichen Bedingungen bei einer LC-Anpassschaltung ein?

3. LC-Anpassschaltung

Frequenz MHz	L uH	C_1 pF	Güte Q	U_1 V	I_L A	U_L V	P_L W	U_{c_m} V	Ic A	Pc W	U_{2eff} V	L dB
3.60 Ls Cp	2.61	441	1.2	223.6	4.5	373	12	486	3.4	2	344	0.06
7.05 Cs Lp	5.68	43.2	12	223.6	9.3	3317	219	3302	4.5	21	2345	1.19
14.1 Ls Cp	4.95	13.5	9.6	223.6	4.5	2775	88	2789	2.4	9	1972	0.44
21.2 Ls Cp	3.08	14.2	8.9	223.6	4.5	2589	82	2614	3.5	13	1848	0.43
29.0 Ls Cp	2.16	10.2	8.5	223.6	4.5	2486	79	2503	3.3	12	1770	0.41

Tab. 4: Gesamtdaten eines LC – Anpassnetzwerkes für die Impedanzen nach Tab. 1

Vergleichen wir die Daten der Tab. 2, 3 und 4 kann leicht übersehen werden, dass die Verluste eines jeden Anpassnetzwerkes mit steigender Güte immer größer werden. Für geringe Verluste ist immer – entgegen der bekannten Meinung - eine geringe Betriebsgüte zu wählen.

Frequenz MHz	Pi-Filter	T-Filter	LC-Filter
3.60	0.09 dB	0.26 dB	0.06 dB
7.05	5.30 dB	1.67 dB	1.19 dB
14.1	5.83 dB	0.90 dB	0.44 dB
21.2	6.81 dB	0.78 dB	0.43 dB
29.0	7.71 dB	0.82 dB	0.41 dB

Tab. 5: Vergleichende Verlustwerte der drei berechneten Anpassschaltungen. Das Pi-Filter zeigt sich als reiner Verlustbringer.

Die verlustärmste Anordnung ist (immer) ein LC- Anpassnetzwerk. Während im Anodenkreis einer Sender-Endstufe das Pi-Filter zwingend notwendig ist (Stromsteuerung), gibt es keinen vernünftigen Grund hinter fertigen Endstufen – also auf der 50 Ω Seite – ein Pi-Filter als Anpassnetzwerk einzusetzen. Der in den Anfangsjahren des Amateurfunks sinnvolle Gesichtspunkt, dass ein Pi-Filter die Oberschwingungen besser dämpft gilt bei den heutigen Transceivern nicht mehr.

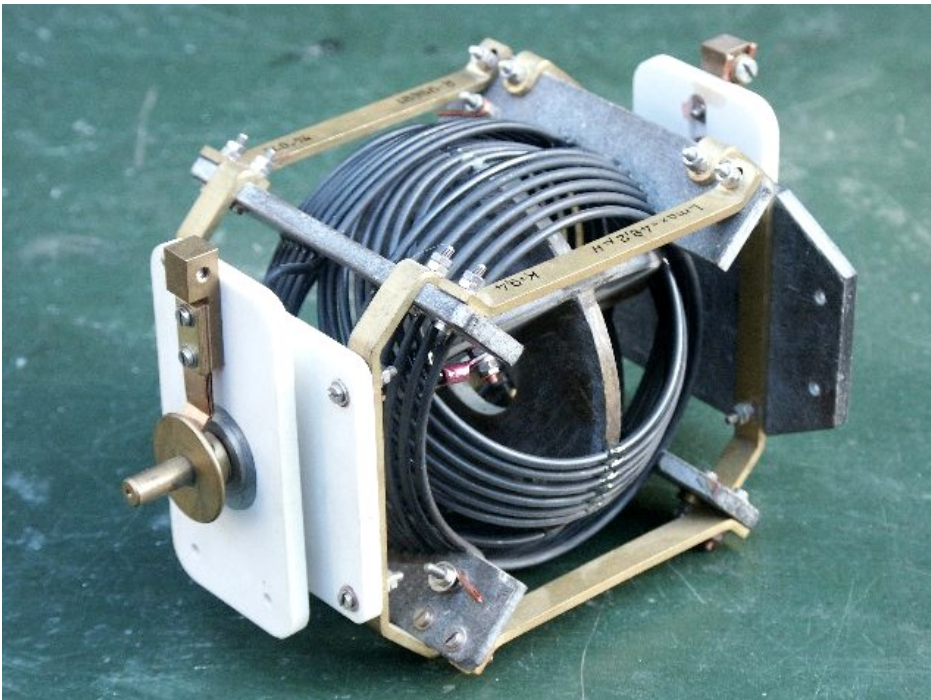


Bild 1: zeigt ein Variometer aus russischer Herstellung für Anpasszwecke im Kilowatt Bereich.

Auffällig ist die „ Havy Duty “ Ausführung, die auch die enormen Ströme bei einer eventuellen Fehlanpassung verkraften kann.

DL3LH, Walter
wa-schau@t-online.de
dl3lh@gmx.de
www.heide-holst.de

Literatur:

- /1/ „Die Antenne macht die Musik“, DL3LH
- /2/ „Antennenmesstechnik I, II, III, IV“, DL3LH
- /3/ „LC – Netzwerke zur Anpassung I - VII“ DL3LH
- /4/ „Mythos Faltdipol I, II“, DL3LH
- /5/ „Anpassung, Wirkungsgrad & Co., DL3LH
- /6/ <https://lc-koppler.jimdo.com/dl3lh-s-download-sammlung/>

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.