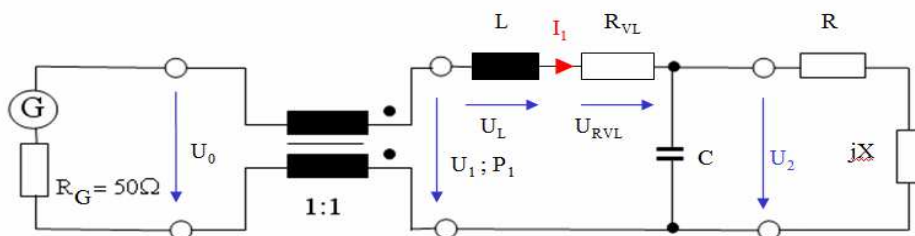


Berechnung eines LC-Anten- nenkopplers für das 30m -Band



DL3CX

Jürgen Hickmann

23.08.2021

Dieses Dokument enthält Berechnungen und Messungen in der Praxis und Simulationen z.B. mit TLW3, RFSim99 und dem Smith-Diagramm

- Verwendete Messgeräte

Millivoltmeter TF 2603



FA-VA4



- Vorhandene Werte

$$R_G = 50 \Omega \quad Z_A = (71 + j 116) \Omega \quad Z_A = 136 \Omega$$

$$Q_L = 100 \quad Q_C = 500 \quad P_1 = P_V = 10 \text{ W} \quad f = 10,1 \text{ MHz}$$

$$P_{TX} = 50 \text{ W} \quad a_{\text{Strombalun}} = 0,2 \text{ dB}$$

$$P_{in} = 48,9 \text{ W} = (P_{TX} - 0,2\text{dB Dämpfung durch Mantelwellenspere})$$

Am senderseitigen Ende einer Antennenspeiseleitung wurde, bei einer Frequenz von **10,1 MHz**, eine komplexe Impedanz $Z_A = (71 + j 116) \Omega$ gemessen. In einem System, mit einem Wellenwiderstand $Z_0 = Z_{TX} = 50 \Omega$ errechnet man einen Reflexionsfaktor $r = 0,7$. Daraus ergibt sich ein SWR von **5,7**. Die verfügbare Senderleistung beträgt **50 W**, Schaltet man zwischen T_X und Zweidrahtleitung einen Strombalun, mit einer Durchgangsdämpfung von $a = 0,2 \text{ dB}$, sinkt die Eingangsleistung auf **48,86 W**. Das Quadrat von r , multipliziert mit der Eingangsleistung bildet die reflektierte Leistung von **24 W**. Nutzbar wäre noch eine Leistung von **26 W**. Ist das SWR > 3 , regelt der Sender die Leistung runter und eine Reduzierung der Ausgangsleistung erfolgt. [Berechnen](#) [Löschen](#)

- Reflexion und Welligkeit ohne Kompensation und Transformation

$$r = \sqrt{\frac{(R_A - Z_0)^2 + X_A^2}{(R_A + Z_0)^2 + X_A^2}} = 0,70 \quad r^2 = 0,49 = 49 \%$$

Reflexionsfaktor

$$s = \frac{1+r}{1-r} = 6$$

Ein Koppler ist sinnvoll !

$$P_{\text{refl}} = P_{in} \cdot r^2 = 24 \text{ W}$$

reflektierte Leistung

Berechnung der Bauelemente des Kopplers

- Kondensator des Kopplers

$$X_p = \frac{-R_0 X + \sqrt{R_0 R (R^2 + X^2 - R_0 R)}}{R_0 - R}$$

$$= -((-C41 * I41 + \text{WURZEL}(C41 * F41 * (F41^2 + I41^2 - C41 * F41))) / (C41 - F41))$$

$$X_p = 71 \, \Omega$$

$$C_p = 223 \, \text{pF}$$

- Spule des Kopplers

$$X_L = -X_s = \frac{-R_0 [R^2 + X(X + X_p)]}{R X_p}$$

$$= -(C41 * (F41^2 + I41 * (I41 - D71)) / (F41 * (-D71)))$$

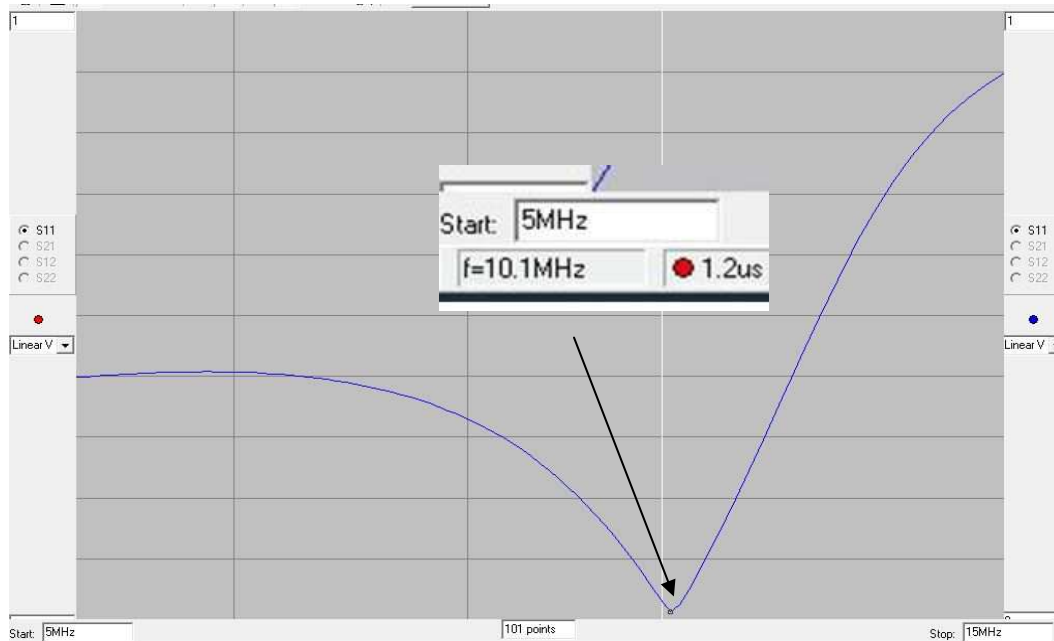
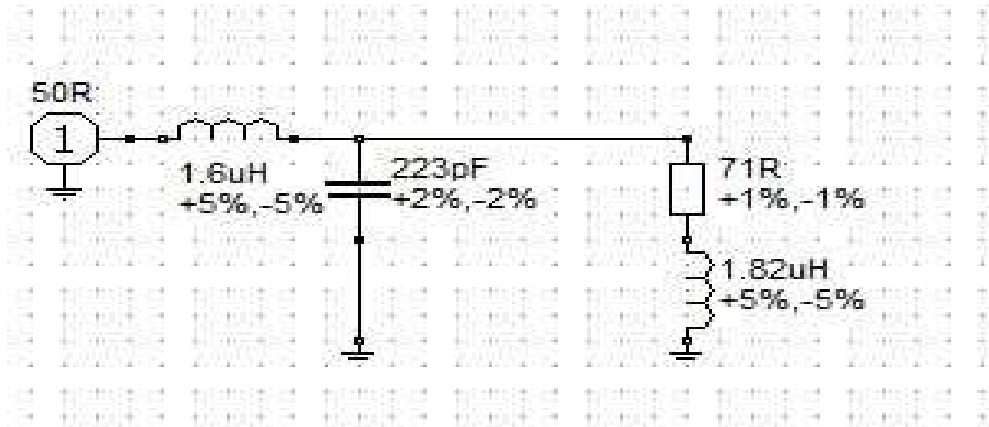
$$X_s = 102,6 \, \Omega \quad L_s = 1,6 \, \mu\text{H}$$

- Berechnete Werte auf der Webseite [LC-CL - Koppler](#) (mit Javascript)

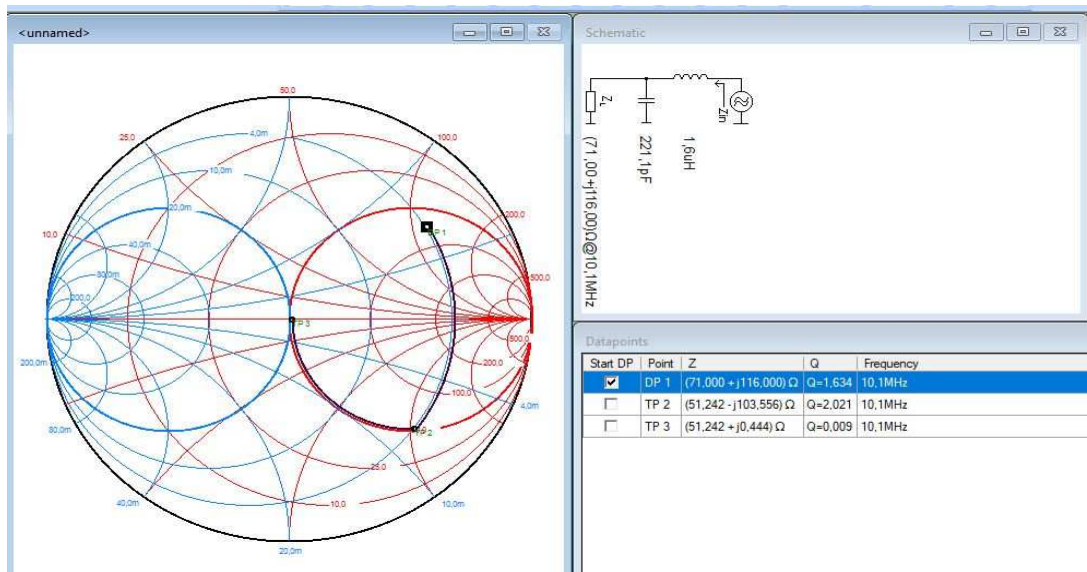
Für $Z_A = (71 + j 116) \, \Omega$ wird eine **LC-Schalt. zur Aufwärtstransformation** angewendet. Der Blindwiderstand des Kondensators **C** beträgt $X_p = 70,68 \, \Omega$ und der Blindwiderstand der Spule **L** beträgt $X_s = 102,61 \, \Omega$.

Der Koppler besteht aus $L = 1,62 \, \mu\text{H}$ und $C = 223 \, \text{pF}$

RFSim99 zeigt den Frequenzverlauf der Schaltung



Das Smith-Diagramm bestätigt die Berechnungen

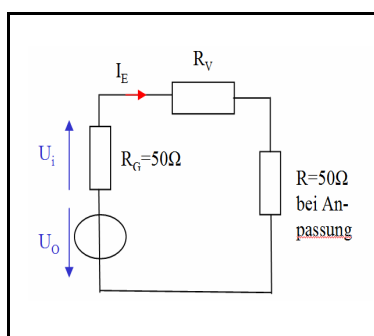


- elektrische Größen

$$R_v = \frac{X_L}{Q_L} = 1,03 \, \Omega \quad \text{Verlustwiderstand der Spule}$$

$$U_0 = \sqrt{P_v \cdot 4 \cdot R_G} = 44,72 \, \text{V} \quad \text{Urspannung der Spannungsquelle}$$

$$U_1 = \frac{U_0}{2} = 22,36 \, \text{V} \quad \text{Eingangsspannung des Kopplers}$$



$$I_E = \frac{U_0}{R_G + R_v + R} = 0,44 \, \text{A}$$

Eingangsstrom des Kopplers

$$U_L = I_E \cdot R_V = 0,45 \text{ V} \quad \text{Spannung über der Spule}$$

$$P_{VL} = I_E^2 \cdot R_V = 0,20 \text{ W} \quad \text{Verlustleistung über der Spule}$$

$$I_C = \frac{U_2}{X_C} = 1,53 \text{ A} \quad \text{Strom durch den Kondensator}$$

$$P_2 = P_{in} - P_{VL} = 48,7 \text{ W} \quad \text{Ausgangsleistung an } R_A$$

- Berechnete Werte auf der Webseite LC-CL - Koppler

Die Wechselspannungsquelle U_q des Senders erzeugt eine Spannung von **100** V. Bei Anpassung beträgt die Ausgangsspannung U_1 , des Senders, **50** V. Der Strom I_1 , durch die Spule, ist **0,99** A. Die Güte der Spule sei **100**. Aufgrund des Verlustwiderstands der Spule von **1,03** Ω entsteht eine Verlustleistung von $P_{VL} = 1,01$ W. Die Spule bestimmt im Wesentlichen die Verluste des Kopplers. An Z_A liegt eine Spannung von $U_2 = 112$ V. Daraus ergibt sich eine Ausgangsleistung $P_2 = 47,85$ W. Der Wirkungsgrad $\eta = 96$ %.

[Berechnen](#) [Löschen](#)

- Messergebnisse an einem externem Koppler

Die Spannungen wurden mit einem HF-Voltmeter, an den beiden Buchsen des symmetrischen Ausgangs des Kopplers gemessen (Differenzmessung) und als Gesamtspannung addiert

$U_{21} = 60,0 \text{ V}$	$P_2 = \frac{U_2^2 \cdot R_A}{(R_A^2 + X_A^2)} = 45,1 \text{ W}$
$U_{22} = 48,4 \text{ V}$	
<u><u>$U_2 = 108,4 \text{ V}$</u></u>	

$$\eta = \frac{P_2}{P_{in}}$$

$$\eta = 0,92 = 92,3 \%$$

Der durch Messungen ermittelte Wirkungsgrad stimmt mit dem errechneten recht gut überein.

Das Programm TLW3 ergab folgende Werte für den Koppler

The screenshot shows the main window of the TLW3 program. The title bar reads "TLW". The window title is "TLW, Transmission Line Program for Windows". Below the title bar, it says "Version 3.24, Copyright 2000-2014, ARRL, by N6BV, Jan. 31, 2014".

The "Cable Type" is set to "User-Defined Transmission Line". The "Length" is 0,000 Feet, which is also 0,000 Lambda. The "Frequency" is 10,1 MHz. The "Source" is set to "Normal". The "Load" is Resistance: 71 Ohms. The "Input" is Reactance: 116 Ohms. The "Output" is Volt./Current. The "Graph" button is visible.

Characteristic Z0: 449,9 - j 0,96 Ohms
Matched-Line Loss: 0,076 dB/100 Feet
Velocity Factor: 0,91
Max Voltage: 10000 V
Total Matched-Line Loss: 0,000 dB

SWR at Line Input: 6,79
SWR at Load: 6,79
Rho at Input: 0,74335
Additional Loss Due to SWR: 0,000 dB
Total Line Loss: 0,000 dB
Impedance at Load: 71,00 + j 116,00 Ohms = 136,00 Ohms at 58,53 Degrees

The screenshot shows the "Tuner Selection, TLW" dialog box. It has two main sections: "Default Values" and "Tuner Network Type".

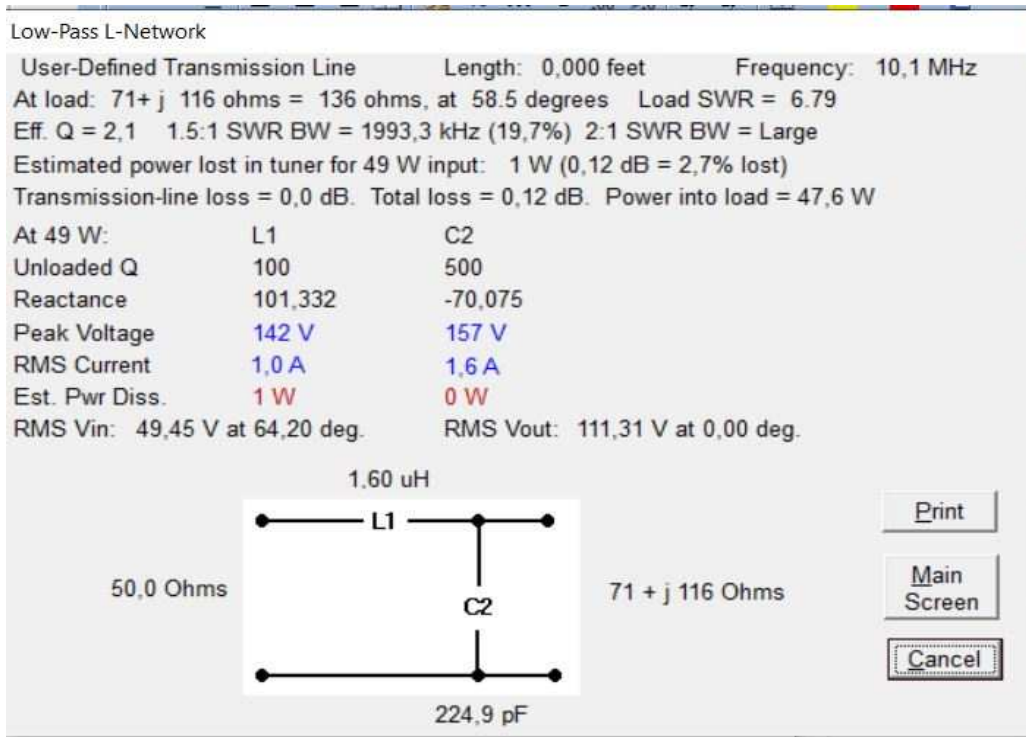
Default Values:

- Unloaded Inductor Q: 100
- Unloaded Capacitor Q: 500
- Transmitter Power, W: 48,9
- Tuner's Input Resistance: 50
- Output Stray Capacitance, pF: 10
- Output voltage phase, deg.: 0

Tuner Network Type:

- High-Pass L-Network
- Low-Pass L-Network
- Low-Pass Pi-Network
- High-Pass Tee Network

Buttons: "Draw Tuner" and "Cancel".



- Daten des eingesetzten Ringkerns

Ringkern-Rechner V1.3.2

Tools Sprache (Language) Maßeinheiten ?

Ferrit FT Eisengulver T Ferroxcube SIFERRIT WE Ferrit unbekannte Kerne Luftspulen

T-106 - 2 Farbe

AL= 13,5 nH/N² Frequenzbereich 1...30 MHz

Da 26,90 mm Di = 14,50 mm h= 11,10 mm μ= 10

Windungszahl/Draht berechnen

Induktivität	Windungszahl	max. D (Draht)	Drahtlänge
1,6 μH	11	3,19 mm	38,1 cm
			bei D (Draht) 0 mm

Anwendung

Arbeitsfrequenz	XL	Flux	max. Flux
10,1 MHz	101,536 Ω	2,94 mT	4,87 mT
Spannung	Kernverluste		Temperaturanstieg
100 V	143 mW/cm ²	0,64 W	12 °C

Induktivität aus Windungszahl berechnen

11 N	1,6335 μH	XL= 103,662 Ω
------	-----------	---------------

Drucken Beenden

Der zulässige Flux wird nicht erreicht