

Anpassung komplexer Lastwiderstände

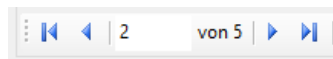
Das in /1/ ausführlich als "Ham-Tuning-Stick" vorgestellte Tool berechnet wichtige Anpass-Schaltungen für Antennen bzw. andere komplexe Lastwiderstände:

- Optimale Einstellungen für handabgestimmte MFJ-Antennentuner
- Schaltelemente eines Collinsfilters
- Schaltelemente von L/C-Anpassungen mit zwei Blindwiderständen
- Anpassung mittels Transformations- und Stichleitung unter Berücksichtigung der Kabelverluste
- Berechnung der Impedanz am fernen Ende eines Kabels und weitere Zusatzprogramme

Eingabewerte sind zum Beispiel die mit einem Antennenanalysator (z.B. AA-54 oder *miniVNA*) gemessenen Impedanzen.

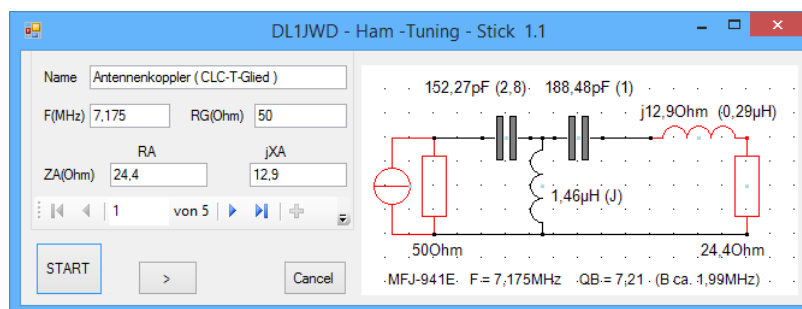
Hinweis: Ihr Antennenanalysator sollte nicht nur das SWR messen können, sondern auch den Real- und den **vorzeichenrichtigen** Imaginärteil der Eingangsimpedanz!

Mit den kleinen blauen Pfeiltasten des **Navigators** blätterst Du zwischen fünf verschiedenen Seiten:



MFJ-Antennenkoppler


Auf **Seite 1** wird ein CLC-T-Glied zur Anpassung verwendet (MFJ-941E):




Links gibst Du Frequenz, RG = Ausgangswiderstand der PA, und Realteil RA und Imaginärteil XA der am Eingang des Antennen-Speisekabels gemessenen Impedanz ein.

Die grundsätzlich im *Ham-Tuning-Stick* verwendeten Maßeinheiten sind **MHz**, **Ohm**, **µH** und **pF**!

Wichtig: Das Dezimaltrennzeichen wird aus den Regions- und Spracheinstellungen des Betriebssystems übernommen (in Deutschland in der Regel das Komma und nicht der Punkt!).

Klicke auf  und die erste von mehreren möglichen Einstellungen des Antennenkopplers wird angezeigt. Die in Klammern stehenden Werte beziehen sich auf die Stellungen der Drehregler (0...10) der beiden Kapazitäten bzw. auf die Stellung des Induktivitäts-Drehchalters (A... L).

Nach Klick auf  erscheinen weitere mögliche Kombinationen, die Anpassung wird dann aber schmalbandiger (Betriebsgüte QB und Verluste steigen).

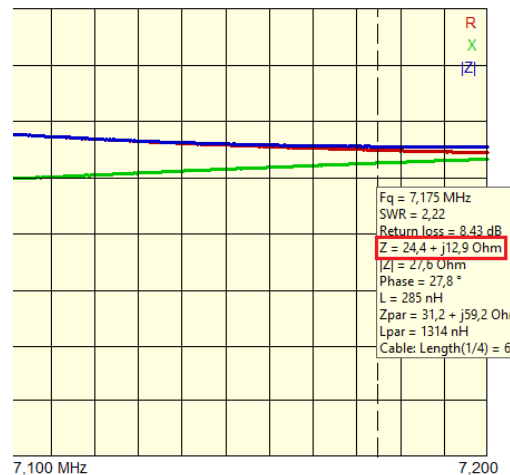
Abhängig davon, ob XA positiv oder negativ ist, wird im roten Ersatzschaltbild der Last automatisch eine Induktivität oder eine Kapazität eingezeichnet.

Für unser Beispiel (siehe obige Abbildung) wird das SWR mit den folgenden Einstellungen des MFJ-941 auf einen Wert nahe 1 gebracht:

TRANSMITTER-Drehko: ca. 2,8 Skalenteile (152pF)
 INDUCTOR-Schalter: Stellung J (1,46μH)
 ANTENNA-Drehko: ca. 1 Skalenteil (188pF)

Die Angabe für B ca. 2MHz entspricht hier (wie auch bei den anderen Anpass-Schaltungen) der 3dB-Bandbreite, sie bedeutet, dass bei 6MHz bzw. 8MHz nur noch ca. 50% der maximalen PA-Leistung am Lastwiderstand RL zur Verfügung stehen. Die anderen 50% gehen durch Fehlanpassung verloren. Die im Sendebetrieb praktisch nutzbare Bandbreite ist deshalb deutlich geringer.

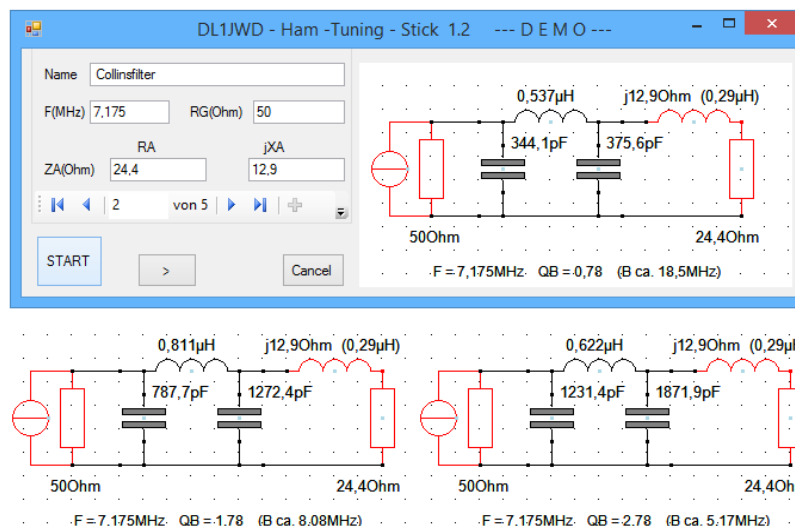
Die Eingabewerte $Z_a = 24,4 + j12,9\text{Ohm}$ in obiger Abbildung sind in unserem Beispiel das Ergebnis einer Messung mit dem Antennenanalysator AA-54 bei 7,175MHz (angezeigt mit der Software *AntScope*):



Einen anderen Antennenkoppler kannst Du wählen, wenn Du mit dem Navigator auf die **Seite 5** blätterst und auf die Registerkarte **Einstellungen** klickst (aktuell sind nur zwei Typen verfügbar).

Hier gibst Du auch die Parameter für Koax- oder Bandkabel ein, wie sie Ausgangsbasis für die Berechnung von Transformations- und Sticheleitungen sind.

CLC-Tiefpass (Collinsfilter)

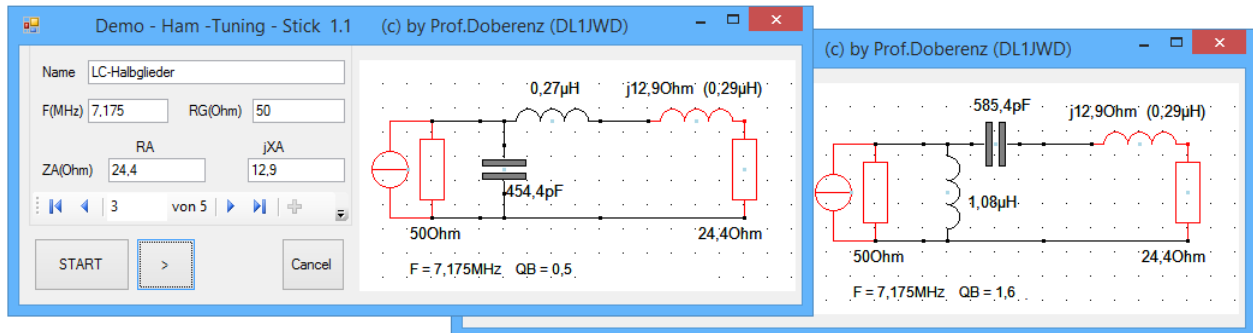


Blättest Du zur **Seite 2**, so erhältst Du mehrere Dimensionierungsvorschläge für Collinsfilter (sortiert nach aufsteigender Betriebsgüte). Klicke auch hier erst auf , dann auf . Auch hier gilt: Je niedriger die Betriebsgüte QB, desto breitbandiger und verlustärmer ist die Anpassung. Dass damit aber auch die Oberwellenunterdrückung schlechter wird, dürfte heute kaum noch als Nachteil gewertet werden, da moderne Endstufen von Haus aus mit hochwertigen Tiefpässen ausgestattet sind.

Anpassung mit zwei Blindwiderständen

Seite 3 bietet maximal vier Möglichkeiten für Anpassglieder mit zwei Blindwiderständen.

Klicke auch hier zunächst auf , danach auf für weitere Varianten. Falls sich eine Schaltbild nicht realisieren lässt, werden die Werte der Kapazitäten bzw. Induktivitäten mit „NaNpF“ oder „NaNµH“ markiert.



Aufgrund ihrer niedrigeren Betriebsgüte QB, die gleichbedeutend mit den geringsten Verlusten und flacher Resonanzkurve ist, solltest Du in diesem Beispiel möglichst die erste Schaltung verwenden!

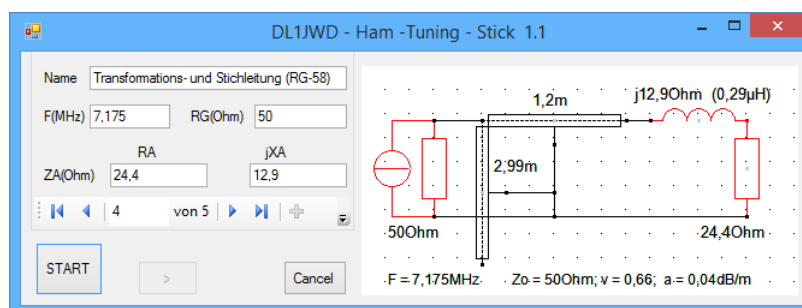
Anpassung mit Transformations- und Stichleitung

Auf **Seite 4** wird die Anpassung mittels **verlustbehafteter** Transformations- und Stichleitung auf Basis der auf der Registerkarte **Einstellungen** (siehe oben) festgelegten Kabelparameter berechnet.

Das Programm gibt die erforderlichen Längen an und zeichnet selbstständig den erforderlichen kurzgeschlossenen oder offenen Stub ein.

Die Parameter in Beispiel beziehen sich auf RG-58 Koaxleitung (lt. Katalog 5dB/100m bei 10MHz). Lt. Anzeige hat das Kabel auf 7,175MHz eine Grunddämpfung von 0,04dB/m.

Achtung: Je nach Anpass-Situation können mehr oder weniger große SWV-bedingte Zusatzverluste auftreten, sodass die Gesamtdämpfung der Anpass-Schaltung die Grunddämpfung des Kabels um ein mehrfaches übersteigen kann. Für eine genaue Analyse eignet sich der [KNWA](#) oder [HamVNAS](#).



Bemerkungen

- Wer über kein geeignetes Messgerät zur Ermittlung von $RA + jXA$ verfügt (z.B. *NanoVNA*), der kann sich diese Werte auch über ein Antennensimulationsprogramm wie *EZNEC* oder *MMANA-GAL* oder aber auch mittels des [Dipol-GP](#)- oder des [Doppelzepp-Rechners](#) zumindest näherungsweise besorgen.

- Zur Umrechnung eines Collinsfilters in ein T-Glied (und umgekehrt) kann das Tool [Pi- vs T-Koppler](#) eingesetzt werden.
- Die ermittelten Daten für Betriebsgüte QB und 3-dB-Bandbreite B sind lediglich grobe Näherungen, da die Lastimpedanz ZA nur für die Betriebsfrequenz F gilt.
- Für die detaillierte Analyse von Antennenanpassungen (praktisch nutzbare Bandbreite, SWR, Verluste ...) empfiehlt sich das Simulationsprogramm [KNWA](#), da dieses anstatt eines konstanten ZA auch die frequenzabhängige Eingangsimpedanz eines Dipols oder einer Groundplane wobbeln kann.

Literatur

/1/ Doberenz, W., DL1JWD: Schaltungen zur Antennenanpassung rechnergestützt entwerfen (1). FUNKAMATEUR 65 (2016) H.2, S.127-129