

Anpassung der Filterimpedanz

Anpassung mit Übertragern

Die Abschlussimpedanz eines Filters dürfte nur selten der jeweiligen Systemimpedanz entsprechen. Daher ist eine Anpassung notwendig, die überwiegend entweder durch Transformatoren oder durch LC-Glieder erfolgt. Diese Anpassnetzwerke erzeugen eine zusätzliche Durchgangsdämpfung, die sehr oft höher liegen kann als die Filterdämpfung selbst. Die beliebten Ringkerne weisen als Übertrager eine recht hohe Streuinduktivität auf, die eine nicht unerhebliche Dämpfung verursacht. Nur bifilar, trifilar usw. gewickelte Übertrager verhalten sich da etwas besser. Daher bevorzuge ich Doppelloch-Kerne, die eine wesentlich geringere Streuung und damit Dämpfung zeigen (z.B. BN43-2402).

Diese zusätzliche Dämpfung ist leicht zu messen, indem man im Aufbau die beiden Endglieder direkt miteinander verbindet ("back-to-back"). Bild 34 zeigt Beispiele von verschiedenen Trafos und einem LC-Glied-Paar. Es ist leicht zu erkennen, dass der beliebte Ringkern FT 37-43 hierfür nicht unbedingt die beste Wahl darstellt. Hier werden außerdem in vielen Fällen die Windungszahlen zu niedrig angesetzt. Da Ladderfilter zwar generell gutmütig, aber sehr empfindlich gegenüber reaktiven Abschlüssen sind, können durch eine zu geringe Induktivität der Übertrager deutliche Verzerrungen der Filterkurve im Durchlassbereich auftreten. Die goldene Faustregel ist daher, dass der induktive Widerstand ωL einer Übertragerwicklung möglichst das 10-fache der jeweiligen Impedanz betragen sollte.

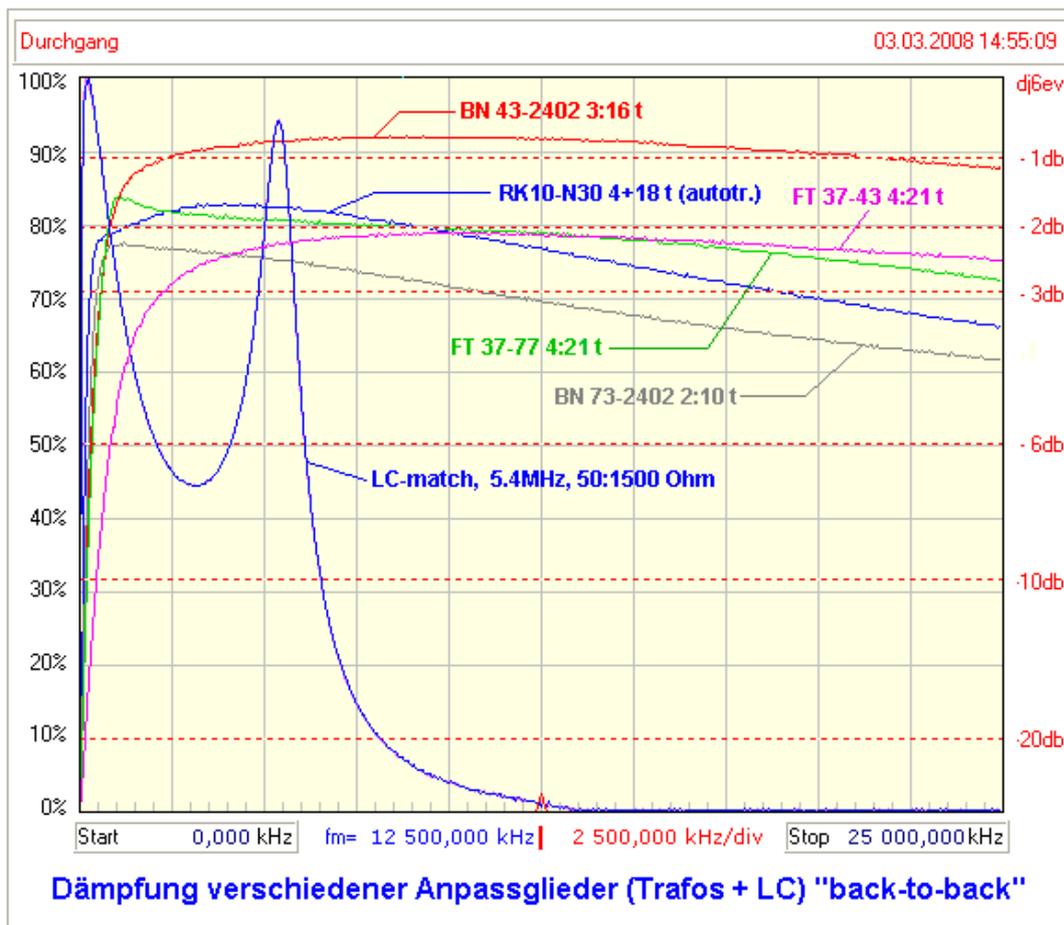


Bild 34

Selbst die Ferrit-Ringkerne besitzen noch ein nicht zu vernachlässigendes Streufeld, das die Sperrdämpfung eines Filters beeinträchtigen kann. Die FT37-43 Ringkerne z.B. koppeln noch in einem gegenseitigen Abstand von 40mm so stark aufeinander, dass die Sperrdämpfung nur noch bei 60db liegt. Man muss also darauf achten, dass sich die beiden Übertrager nicht "sehen" können (W7ZOI hat diese Erfahrung auch schon kommentiert). Dieser Effekt ist bei den Doppellochkernen wesentlich schwächer ausgeprägt. Trotzdem ist auch hier eine ausreichende gegenseitige Abschirmung von Vorteil.

Anpassung mit LC-Gliedern

Obwohl die Anpassung der Filter mit Übertragern normalerweise einfacher und platzsparender ist, hat die Anpassung mit LC-Gliedern auch einige Vorteile. Das Transformationsverhältnis ist frei wählbar, weil es nicht an feste Windungszahlverhältnisse gebunden ist. Darüber hinaus kann die Dämpfung bei Verwendung von Induktivitäten mit hoher Güte deutlich geringer als bei Übertragern ausfallen. Da die Berechnung doch etwas komplizierter als bei den Ferrittrafos ist, wurde im Dishal-Programm auch ein entsprechendes Unterprogramm vorgesehen. Es liefert die Werte sowohl für die Hochpass- als auch für die Tiefpass-Ausführung. Bei Aufruf von "LC-Match" in der Menüleiste werden die Werte für die Impedanz aus dem Dishal-Programm automatisch übernommen, können aber beliebig geändert werden.

Ein ähnliches Programm ist übrigens auch im Simulator RFSim99 unter "Tools" zu finden.

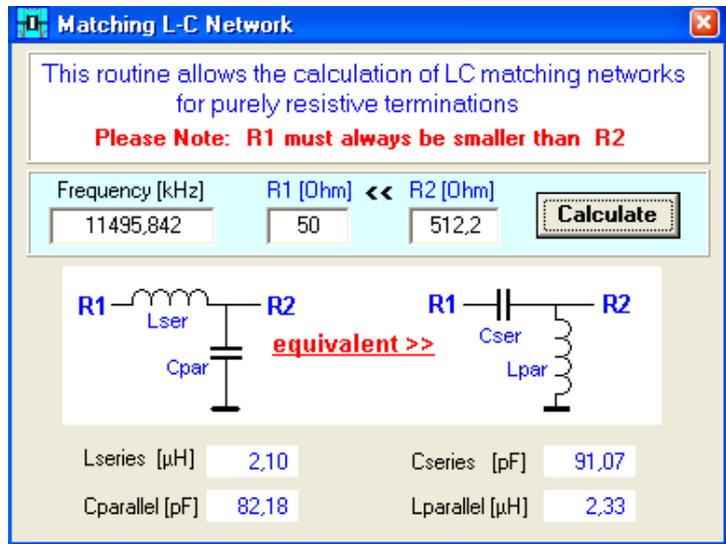


Bild 35

Es gibt bei dieser Art von Anpassgliedern einige Besonderheiten, die erwähnenswert sind. Obwohl die LC-Glieder im Vergleich zu Transformatoren als schmalbandig gelten, ist ihre Selektivität in Verbindung mit den Quarzfiltern völlig uninteressant. Sie sind so breitbandig, dass noch nicht einmal eventuelle Nebenresonanzen unterdrückt werden können. Das liegt daran, dass die Betriebsgüte nur durch das Transformationsverhältnis bestimmt wird und nicht etwa durch die Güte der Induktivität. Weiterhin ist es wichtig zu wissen, dass die Eigenresonanz des LC-Glieds recht stark von der Filterfrequenz abweichen kann, ebenfalls abhängig vom Übertragungsverhältnis. Diese Zusammenhänge sind im folgenden Bild 36 dargestellt.

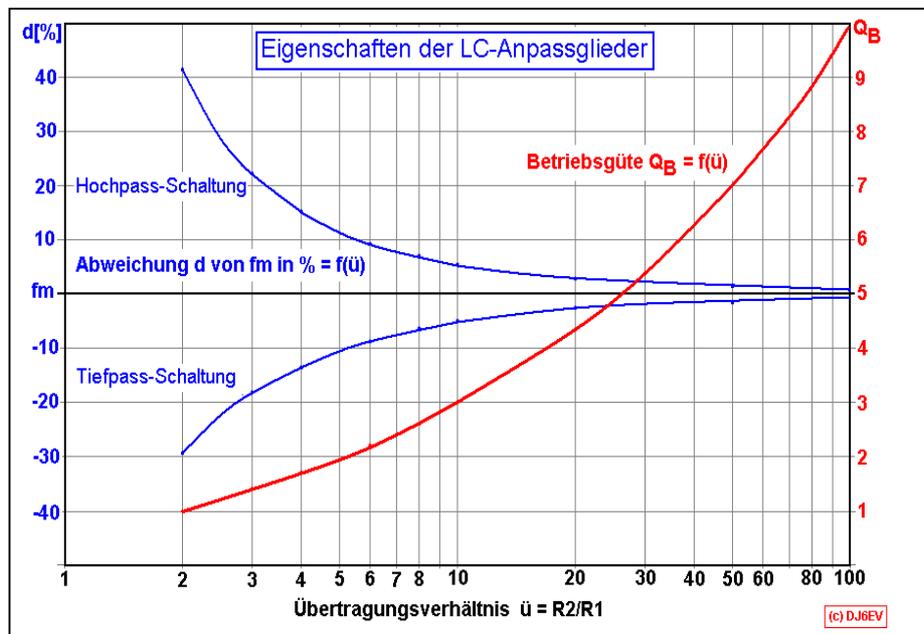


Bild 36

Bei einem Transformationsverhältnis von 1:10 beträgt die Betriebsgüte nur 3. Das heißt, dass bei z.B. 5MHz die Bandbreite schon rund 1.6MHz beträgt. Die Güte der Induktivitäten sollte trotzdem möglichst hoch gewählt werden, da hiervon die Dämpfung abhängt. Bei Güten von $Q_u > 100$ kann die Gesamtdämpfung beider LC-Glieder durchaus unter 0,5db liegen.

Da die Spulen meist Eisen- oder Ferritkerne enthalten, sollte man unbedingt die korrekten Induktivitätswerte auf oder nahe der Nennfrequenz messen. Das μ_r der Kerne weist oft eine recht starke Frequenzabhängigkeit auf. Messungen von des L-Wertes bei niedrigen Frequenzen (z.B. mit dem L/C-Meter) können daher falsche Werte liefern.