

Die Güte einer Spule (immer noch mein Problem!)

Als Maschinenbauingenieur habe ich vor fast 60 Jahren mal ein wenig mit der Wechselstromtheorie zu tun gehabt. Nun, da ich mir ein historisches Messgerät zugelegt hatte, stand ich vor dem Problem, aus den Messwerten die Güte einer Spule zu bestimmen.

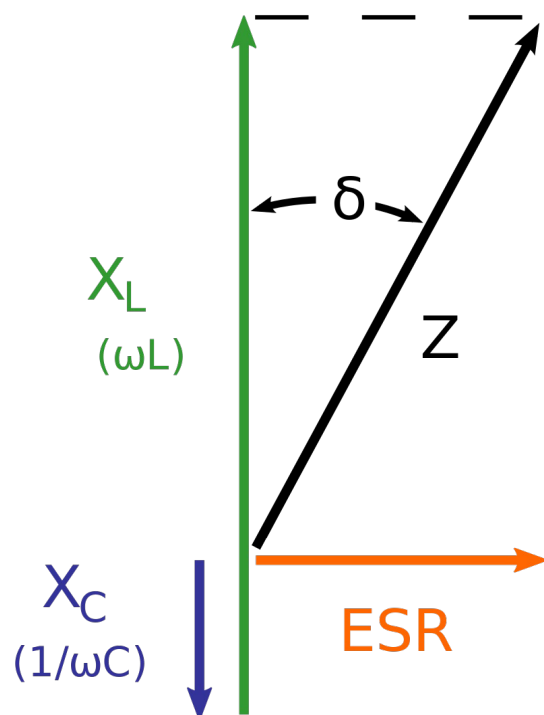
Doch von vorn. Ich wollte wissen, welcher Ferritstab aus meinem Fundus für den Empfang der Kurzwelle geeignet ist. Also ersteigerte ich den Leitwertmesser VLU von R&S, weil er preiswert angeboten wurde und ihn offenbar niemand sonst haben wollte. Ich hatte auch alsbald die Bedienung verstanden und ermittelte, dass ein neuer Stab, der mehr Zink enthält, im Parallelkreis einen Verlustwiderstand von 70k hat. Die anderen aber zeigten nur 30 k bei 6,5 MHz an. Also war der mit dem größeren R sicherlich besser geeignet.

Doch nun begann das Suchen nach der Definition der Spulengüte. Da findet man im Netz viele Artikel. Alle zeigen die Formel $Q = Z / R$ (nur die Beträge!). Doch was für ein R ist gemeint? Darauf geht kaum jemand ein. Das Wissen gehört offenbar zu den Grundkenntnissen eines Nachrichteningenieurs. Dann las ich bei Gunthard Kraus vom NANO-VNA. Und dieses winzige Teil kann sogar am PC den Verlauf der Güte in Abhängigkeit von der Frequenz anzeigen. Toll! Genau danach hatte ich gesucht: Nach einer einfachen Methode, die keine unübersichtlichen Berechnungen erfordert. Also bestellte ich mir den NANO-VNA F.

Inzwischen fand ich aber mit viel Mühe heraus, dass die Güte offenbar einfach nur der Cotangens des Verlustwinkels ist. Hätte das jemand einmal so dargestellt, wäre ich schnell schlauer geworden und hätte mir viel Sucherei erspart. Aber nein, die meisten Autoren sind ja Insider und gehen auf den Verlustwiderstand im Ersatzschaltbild einer Spule nicht ein. Der

Laie weiß aber nicht, wie er den ermitteln kann. Und selbst Wikipedia lässt uns im Regen stehen. Auch von Insidern geschrieben.

Die Güte ist der Kehrwert von d ; d ist das Maß der Dämpfung. Diese Formeln sind überall präsent. Nützt aber nix. Erst als ich mich mit dem Scheinwiderstand, dem Blindwiderstand und dem Verlustwiderstand beschäftigte, wurde mir klar, was da wie berechnet wird.



Grafik ist von Wikipedia

Gemeint ist der ESR!

Eigentlich kommt man allein mit dem Pythagoras aus. Die Sache mit den Quadraten im rechtwinkligen Dreieck. Und nun war es natürlich schnell gemacht. Ich hatte ja den Scheinwiderstand Z aus dem komplexen Leitwert Y (Admittanz) bestimmt. Den X_L , also den Blindwiderstand konnte ich aus der „negativen Induktivität“ (Spule), dem Differenzwert des Abstimmkondensators, berechnen. Die Formel steht ja oben: $X_L = 2 \times \text{Pi} \times f \times \text{Delta-C}$. Frequenz f

und Delta-C sind bekannt. Nun noch die Differenz der Quadrate von Z und XL mit dem Taschenrechner bestimmen und daraus die Wurzel ziehen. Dann erhält man R(ESR). Damit den Quotient $Q = XL / R$ bilden, und man hat die Güte.

Natürlich kann man das alles in eine Formel packen. Aber in meinem Alter macht man oft Fehler, weil die Konzentration nachlässt. Die Zehnerpotenzen spielen im Kopf verrückt und leicht ist man auf dem Holzweg. Da werde ich meine Untersuchungen demnächst lieber am Bildschirm machen und den NANO-VNA F einsetzen. Damit finde ich bequem heraus, bei welcher Frequenz eine Spule die beste Güte erreicht.

Ein alter Mann braucht etwas länger, aber er findet noch immer eine Lösung!

DF8ZR; im September 2020

PS: Der Leitwertmesser von R&S ist ein Präzisionsmessgerät und mit Röhren bestückt. Es macht viel Freude, damit zu arbeiten. Leider ist er groß und 17 kg schwer. Und nachgefragt hat auch R&S keine Unterlagen mehr!

Nachtrag:

Untersuchung der Schleifenantenne für den Kurzwellenempfänger, den wir über 1000mal mit den Grundschülern gebastelt haben.

Die Antenne hat 4 Wdgn mit 13 cm Durchmesser(CD-Dose). Daneben sind aber noch die Wicklungen für die Ankopplung des Transistors und die Rückkopplung. Der Spulendraht für den Schwingkreis ist aus 1,5 qmm Installationsdraht. Diese Schleife hat eine gemessene Induktivität von 4,1 uH.

$$Q = X_s/R_s$$

X_s und R_s sind die Widerstände in einer Parallelschaltung. DeltaC_x ist der Betrag des induktiven Blindwiderstandes(L als „negative Kapazität“) aus der gemessenen Kapazitätsdifferenz mit und ohne der angeschlossenen Spule(Schleife).

Gemessene Werte am VLU und Multimeter(L):

C_x = 420pF; f = 4,1 Mhz; R_x=6,5 k L= 4,1 uH

Blindwiderstand 92,42 Ohm; R_x vom VLU ?? = **nicht sicher!**

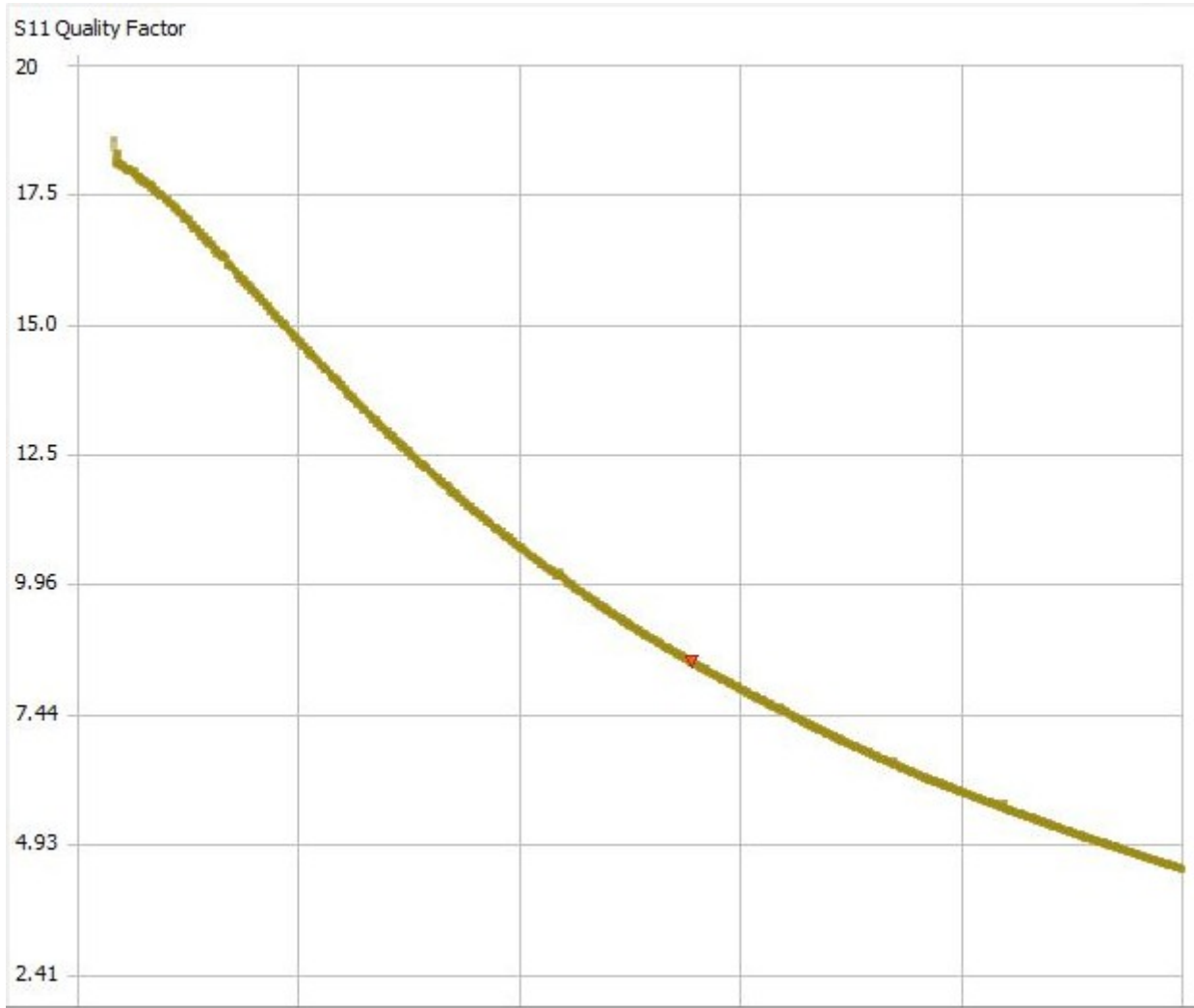
Daher mal der Einsatz des NANO-VNA:

NanoVNA Saver 0.2.0 (Sweep: 2020-09-23 10:16:24 @ 1010 points)

The screenshot shows the NanoVNA Saver software interface. The 'Sweep control' section includes input fields for Start (1MHz), Center (4.00MHz), Stop (7MHz), Span (6.00MHz), Segments (10), and a step size of 5.941kHz/step. A green progress bar indicates the sweep is at 100%. Below are 'Sweep' and 'Stop' buttons. The 'Markers' section shows 'Marker 1' at frequency 4108052. The 'Marker 1' data table is as follows:

Marker 1	
Frequency:	4.10973MHz
Impedance:	13.93 +j118.0 Ω
Admittance:	1013 +j119.6 Ω
Series R:	13.93 Ω
Series L/C:	4.5697 μH
Series L:	4.5697 μH
Series C:	-328.19 pF
Parallel R:	1013 Ω
Parallel L/C:	4.6317 μH
Parallel L:	4.6317 μH
Parallel C:	-323.80 pF
VSWR:	23.801
Return loss:	-0.73 dB
Quality factor:	8.467
S11 Phase:	45.46°
S21 Gain:	-96.172 dB
S21 Phase:	-144.61°

The 'Marker 2' section is partially visible at the bottom, showing 'Marker 2' at frequency 4108052.



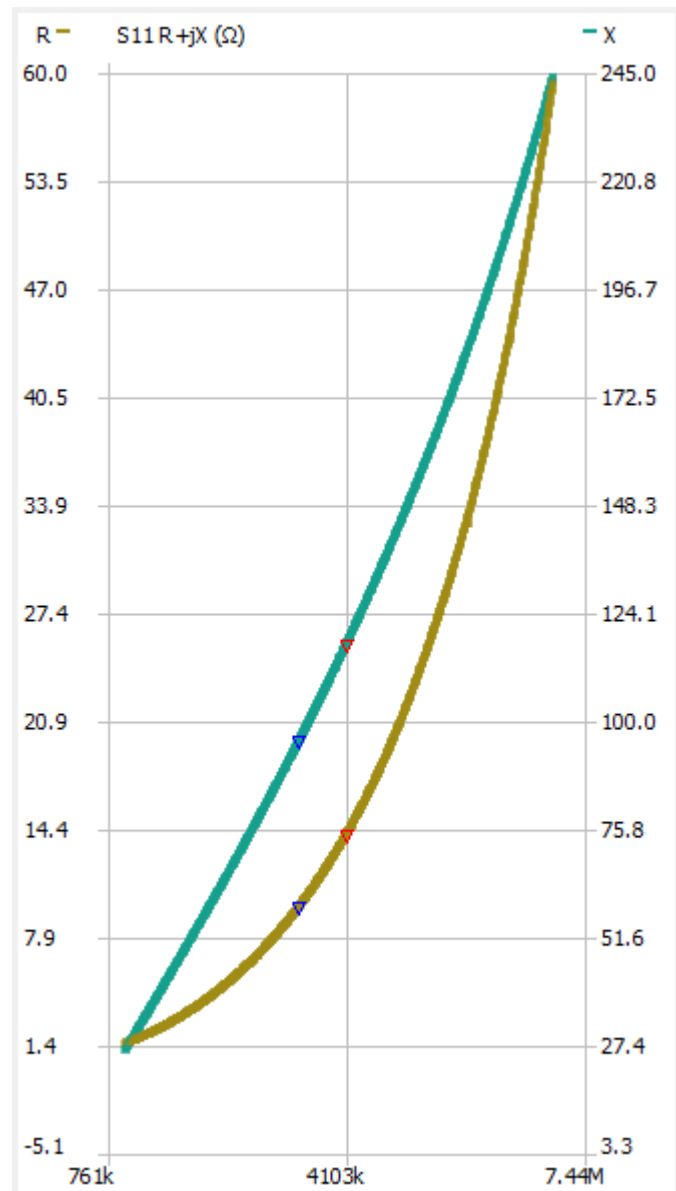
1 MHz

4,1 MHz

7 MHz

$Q = 8,5$

Und im nächsten Diagramm ist der Verlauf der Impedanz und Güte über der Frequenz zu sehen:



Fazit

Es bleibt eine Unsicherheit bei den Messungen und der Rechnerei. Aber eigentlich geht es mir ja um den relativen Vergleich, aus einem Konvolut den besten Ferritstab zu finden. Deshalb werde ich ab jetzt viel bequemer mit dem NANO-VNA arbeiten.

DF8ZR; 19. Sept. 2020