

METINGEN MET DE NANOVNA

Door Arie Kleingeld PA3A



Deel 7: Meten van de Q van een spoel.

Inleiding

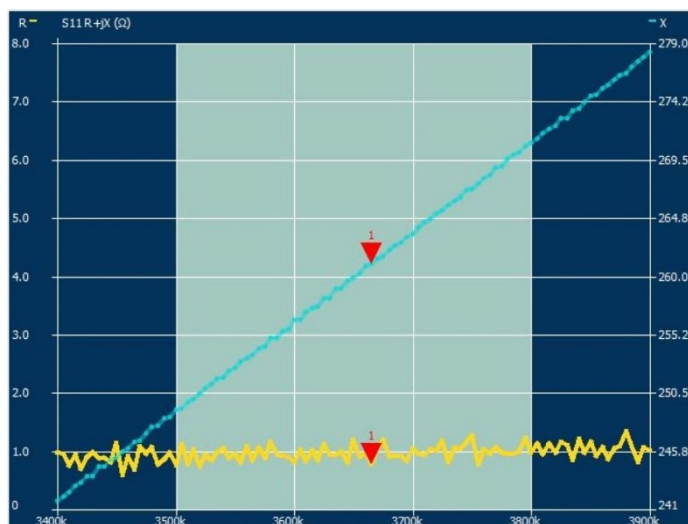
Kort geleden vroeg een bevriende zendamateur aan mij hoe hij de kwaliteitsfactor Q van een spoel kon meten. Je praat er dan even over en ik roep natuurlijk vol overtuiging: dat doe je met een nanoVNA in combinatie met het pc programma nanoSAVER. In nanoSAVER zit nl. een functie 'S11 Quality Factor'. Hang de spoel aan de S11 poort (CH0), meten en aflezen maar. Omdat ik zelf met een klein project bezig ben om een goede preselector voor mijn ontvangers te ontwerpen en bouwen, is het goed om te weten wat de Q van je gebruikte spoelen is. Dat kunnen we dus snel meten. Maar... hoe mis kun je het hebben. Het bleek namelijk iets meer voeten in de aarde te hebben. Genoeg reden om dat te delen in het volgende verhaal.

De S11 R+jX meting en vertaling naar de Q



Als proefobject in dit artikel gebruik ik een paarse 4C65 kern, van ca. 23mm diameter. Een mooie maat om ergens in te bouwen en komt met betrekkelijk weinig wikkelingen aan ongeveer 11 uH. Ter vergelijking ernaast een rode T200-2 kern die ook op ongeveer 11 uH uitkomt. Het verschil in wikkelingen is duidelijk en is meteen te verklaren uit de relatieve permeabiliteit μ_r van de beide materialen. Voor het 4C65-materiaal is dat ca. 125 en voor het 2-materiaal is het ca. 10.

Vóór het meten wordt de nanoVNA eerst gekalibreerd voor het gewenste frequentiegebied waar ik de kern ga gebruiken: 3.4 – 3.9 MHz. Vervolgens wordt de kern gemeten. Het resultaat staat in nevenstaande figuur die S11 R+jX laat zien. Hieruit berekent nanoSAVER o.a. de L-waarde. Die komt uit op 11.3 uH.

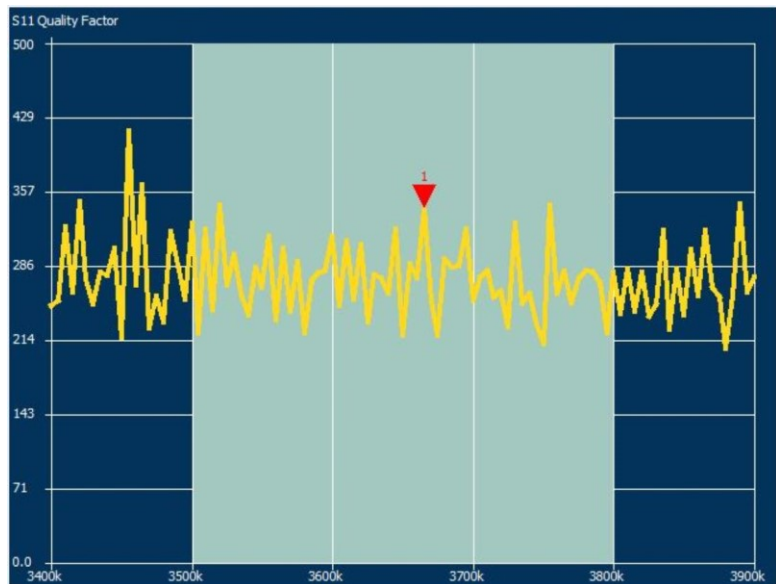


De volgende grafiek (S11 Quality Factor) laat de berekende kwaliteitsfactor Q zien op basis van de zelfde data. Deze wordt berekend door XL te delen door R

Het is niet zo mooi als ik had gehoopt. De Q gaat soms binnen 5 kHz van 211 naar 345 en dat is natuurlijk niet zo.

De reden hiervan is dat we hier een waarde van XL meten die rond de 260 ohm ligt en een weerstandswaarde R in de buurt van 1 ohm. De XL loopt keurig in een strakke lijn volgens $XL = 2\pi fL$.

De waarde van R springt met 0.5 ohm op en neer en dientengevolg kun je de Q eigenlijk niet aflezen. De nanoVNA is in deze combinatie blijkbaar niet in staat om de weerstandscomponent ruisvrij te meten. Kortom, dit is niet de juiste manier.



Naast de ruis op de meting doet zich nog een andere complicatie voor dat moge blijken uit het volgende. Je doet natuurlijk nooit één meting als je zo'n resultaat krijgt. Je sluit alles nogmaals aan, draait de connectoren nog eens vast en meet dan opnieuw. De resultaten (met name de R-waarden) veranderden van rond 1 ohm naar rond 1.3 ohm met dezelfde hoeveelheid ruis en daarmee kregen we weer andere waarden van de berekende kwaliteitsfactor Q.

Het verschuiven van de gemiddelde R-waarde komt voort uit variatie in de nanoVNA zelf. Als mijn nanoVNA (type H3.2) net aan staat en wordt gekalibreerd, dan kun je iets perfect meten. Een uur later met je met dezelfde kalibratie krijg je in de Q-meting heel andere waarden. Blijkbaar warmt de nano op als hij aanstaat met een ongewenst bijeffect. Nu maakt het voor een simpele SWR meting niet zoveel uit, maar wel in de Q meting. Voor de volgende metingen zullen we de nanoVNA daarom een uur aanzetten voordat we kalibreren en meten. Ook stappen we af van het meten van alleen de spoel.

Meting m.b.v. een LC-kring

Om de verhouding tussen gemeten X en R beter te krijgen gaan we meten met een LC-serie kring met een goede kwaliteit condensator van iets meer dan 150 pF. Deze waarde is gekozen omdat ik de Q wil meten in de 80m band.

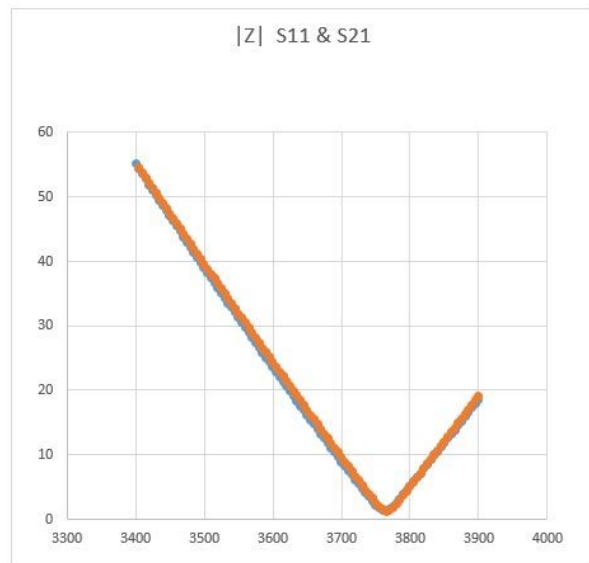
Bij een serieresonantie zal er een kleine weerstand en nauwelijks reactantie te meten zijn. Uit eerdere meettesten bleek dat een weerstand van 1 ohm nog vrij goed gemeten kon worden met de methode S11 R+jX en met de S21 shuntmethode was het meten van een 0,2 ohm weerstand ook haalbaar (zie deel 5 van deze serie over meten van lage impedanties). Daarom heb ik beide methoden naast elkaar gebruikt om verkregen resultaten enigszins te verifiëren.

Voor de nieuwe metingen werd de nanoVNA dus eerst een uurtje aangezet, en toen gekalibreerd voor de twee methoden: de S11 R+jX meting (kring aan CH0) en de S21 shuntmeting (CH0 rechtstreeks verbonden met CH1 en de kring parallel naar massa). Voor het beeld staan beide aansluitmethoden nog even naast elkaar in de kaders.

De resultaten waren verbluffend goed. De beide metingen S11 en S21 werden geëxporteerd in respectievelijk S1P en S2P file en vervolgens met Excel doorberekend naar $Z = R + jX$. (Gebruikte formules, zie de twee kaders).

Er werd voor beide opstellingen een resonantiefrequentie gevonden van 3763 ± 1 kHz (daar waar $X \approx 0$) en ook de waarde voor R kwam overeen: 1.27 ± 0.005 ohm. De twee berekende $|Z|$ -grafieken vallen dan ook over elkaar heen in de nevenstaande figuur. Het lijkt haast te mooi om waar te zijn, maar blijkbaar deed ik iets goed.

Met de al eerder op dezelfde frequentie gemeten XL-waarde van 267 ohm en gevonden $R=1.27$ ohm, kom je met $Q = XL/R$ uit op een Q van 210. Prima spoeltje!



Conclusie

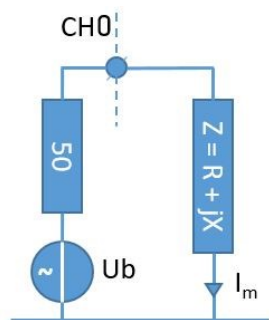
Het is goed mogelijk om de Q van een spoel te meten met behulp van de nanoVNA. De serieweerstand van de spoel blijkt goed meetbaar bij serieresonantie van de spoel in een seriekring. Het komt zo uit het schoolboekje, en de nanoVNA maakt het meetbaar. Komt de gemeten weerstand onder de 1 ohm, kies dan de S21-methode zoals in kader 2 is beschreven omdat meting met S11 dan te onnauwkeurig wordt.

Kader 1.

$$S11 = S_r + j S_i$$

D_r en D_i waarden worden m.b.v. nanoSAVER rechtstreeks geëxporteerd d.m.v. een **S1P** file. $R + jX$ kunnen worden berekend met onderstaande formules. Het principe hiervan is uitgelegd in deel 2 van deze serie.

$$R = 50 \frac{1 - (S_i^2 + S_r^2)}{(1 - S_r)^2 + S_i^2} \quad X = \frac{100 S_i}{(1 - S_r)^2 + S_i^2}$$



Kader 2.

$$S21 = D_r + j D_i$$

D_r en D_i waarden worden m.b.v. nanoSAVER rechtstreeks geëxporteerd d.m.v. een **S2P** file. $R + jX$ kunnen worden berekend met onderstaande formules.

$$R = 25 * \frac{D_r(1 - D_r) - D_i^2}{(1 - D_r)^2 + D_i^2} \quad X = 25 * \frac{D_i}{(1 - D_r)^2 + D_i^2}$$

