

METINGEN MET DE NANOVNA

door Arie Kleingeld PA3A



Deel 5: Meten van lage impedanties

Inleiding

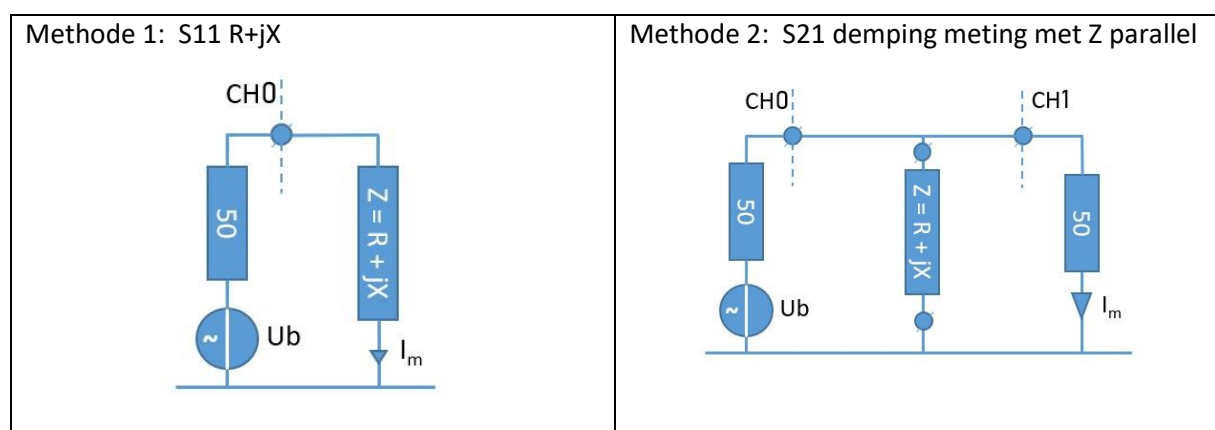
De nanoVNA's zijn gemaakt om impedanties te meten die een verband hebben met de voor radioamateurs zo belangrijke 50 ohm. Experts zeggen dat zolang de gemeten waarden tussen 5 en 500 ohm liggen de nanoVNA het nog heel erg goed doet.

In deel 2 van deze artikelenreeks ging ik in op het meten van hoge waarden (470 Ω , 4700 Ω en 10 k Ω) en hoe dat het beste met de nanoVNA aan te pakken. In dit deel 5 kijken we naar de nauwkeurigheid van gemeten waarden van 1 ohm en nog wat lager.

Meten van lage impedantiewaarden vraagt wat nauwkeurigheid. Als je een weerstand van 1 ohm meet met je gewone multimeter, dan is dat al een hele toer als je het nauwkeurig wil doen. Een paar tienden van een ohm komen er zomaar bij als je niet goed met je meetsnoeren omgaat bijvoorbeeld. In geval van de nanoVNA betekent dat zorgvuldig ijken (zeker de 0 ohm) en kabeltjes in de meetopstelling zo schoon en zo goed mogelijk aandraaien. Het kan ook geen kwaad om de laagohmige metingen een dag later een paar keer opnieuw te doen om zeker te zijn van een nauwkeurige reproduceerbare meting.

Meetmethoden

We gaan twee methoden gebruiken om lage impedantiewaarden te meten.



Methode 1, de S11 meting, is recht door zee en wordt gebruikt door de meeste zendamateurs om o.a. de SWR te meten. Je kunt meteen de waarde van Z, R en X makkelijk aflezen via nanoSAVER, een van de Windows programma's die samenwerken met de nano. De S11 meting kun je exporteren in een S1P-file. De formules voor de omzetting van de S1P file-waarden naar R + jX staan in kader 1.

Methode 2, de S21 meting, ziet er in eerste instantie wat vreemd uit. Hier wordt de doorgangsdemping gemeten waarbij de te meten impedantie parallel staat. Om een idee te geven over deze manier van meten een kleine toelichting. Voor de stroom I_m die in CH1 wordt gemeten geldt dat hoe groter de Z is, des te groter I_m , en dus wordt een lagere demping gemeten. Bij $Z = 0$ (kortsluiting) zal I_m gelijk worden aan nul en meet de CH1 ingang dus niets wat neerkomt op een hele hoge demping. De gemeten $S21 = Dr + jDi$ kan in een S2P-file worden geëxporteerd. Voor het vervolgens omrekenen naar $Z = R + jX$ vind je in formules in kader in 2.

Waarom toch zo moeilijk meten met die S21?

De reden is dat professionals beweren dat voor lage impedanties de S11 meting aan nauwkeurigheid verliest. De getekende S21 meting biedt een hogere nauwkeurigheid voor lage impedanties. En dat klinkt plausibel voor mij als amateur. Immers als het bereik van de S11 $R+jX$ meting gaat van 0 ohm tot vele kilo ohms, dan ligt b.v. 0,33 ohm wel dicht tegen de 0 ohm limiet aan. Meet je vervolgens de S21 (demping) met die 0,33 ohm parallel (methode 2) dan komt er ca. 37,5 dB demping uit. Dit lijkt midden in de range van mijn nanoVNA H3.2 die tussen 0 en 85dB demping kan meten in het HF frequentiebereik. Maar of dat dan ook een nauwkeuriger meetwaarde oplevert voor $R+jX$ zullen we hieronder zien.

Meting van 1 ohm en 0,33 ohm en 0,20 ohm met S11 ($R+jX$) en met S21

In dit artikel gaan we dus toetsen of voor de lage weerstandswaarden de S11 $R+jX$ meting voldoet en of de S21 meting een beter meetresultaat geeft dan de S11 meting.



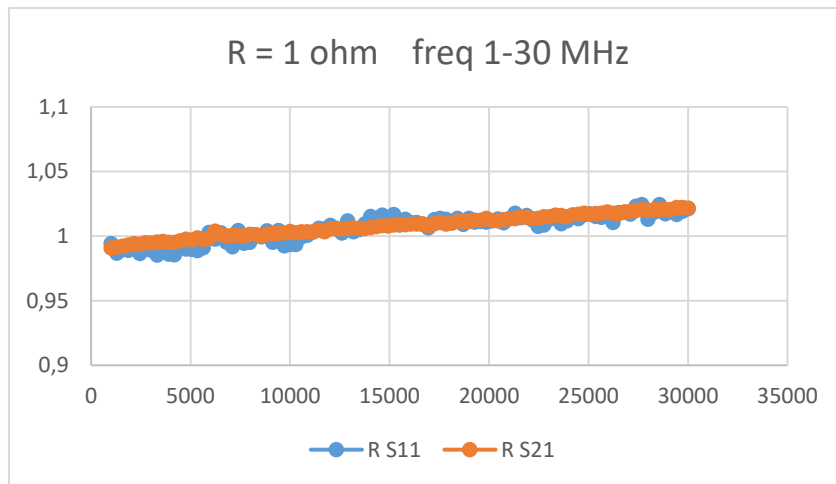
De verschillende weerstandswaarden zijn gemaakt met standaard soldeerbare 1 ohm weerstanden die voor lagere weerstandswaarden parallel zijn gezet. De foto geeft de simpele meetopstelling voor de S21 meting van de 0,2 ohm waarde. Vijf weerstanden van 1 ohm zijn parallel 'geprakt' met de soldeerbout.

De grafieken van de weerstandswaarden (R S11 en R S21) die voortkomen

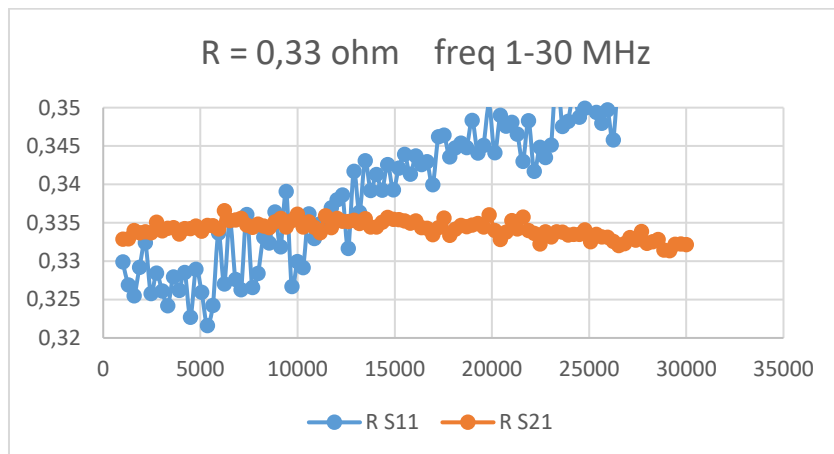
uit de twee metingen (met S11 en S21) staan per waarde in één grafiek gegroepeerd. De grafieken zijn gemaakt met Excel op basis van de S1P- en S2P-files. De reactantie (X) is in de grafieken voor de vergelijking van de R -waarden even weggelaten.

Resultaten

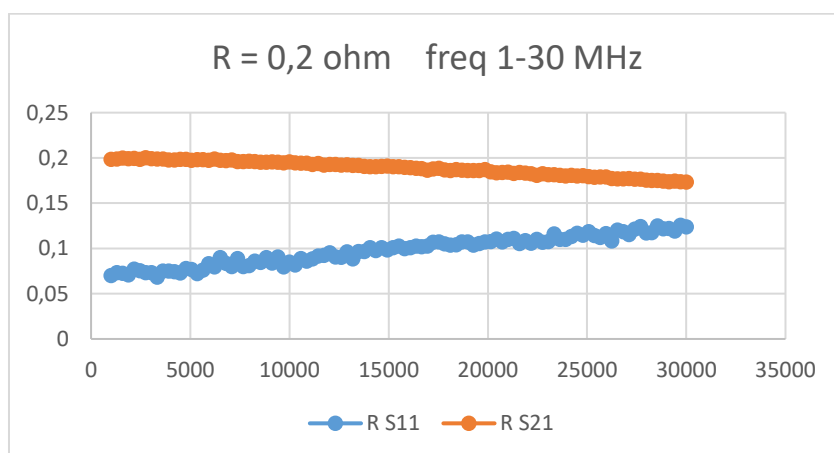
De resultaten in de grafieken spreken voor zich. Voor de waarde van 1 ohm gaat het met beide methoden goed. Klasse-dingetje die nanoVNA. Binnen een paar procent liggen de meetwaarden rond de 1 ohm over het gehele HF-gebied.



De afwijkingen tussen beide methoden treden pas op bij de laagste weerstandswaarden. De S21 methode blijkt dan echt beter. De 0,33 ohm komt met de S21 meting duidelijk beter in de grafiek dan de S11 meting.



Met 0,2 ohm zijn de verschillen nog duidelijker alhoewel de 0,2 ohm ook met de S21 meting wat afwijking vertoont als je het gehele HF-gebied bekijkt.



Met een SMD opstelling waren de grafieken mogelijk iets mooier geweest, maar dan toch... ik heb geen aspiraties om een meetlab te beginnen. Als je ook nog verder achter de komma kijkt dan moet

je ook bedenken dat dit los op de shack-tafel gemeten is met een ouder type nanoVNA (H3.2). Hierin is de interne 50 ohm referentiewaarde nog niet zo goed gelijk aan de echte 50 ohm. De nieuwere types VNA's zijn wat beter.

Tot slot

In deze serie zijn tot nu toe de volgende onderwerpen aan de orde geweest:

1. Een methode om de karakteristieke impedantie van een transmissielijn/coax te bepalen
2. Nauwkeurig meten van hoge impedantiewaarden > 5 kohm
3. Ervaringen met het meten van mantelstroom smoorspoelen (toepassing van onderwerp 2)
4. Bepalen van het type kernmateriaal van een ringkern
5. Meten van lage impedantiewaarden < 1 ohm

Er zijn nog veel meer toepassingen waarin je de nano kunt gebruiken. De bedoeling was echter om in deze serie een paar uithoeken van het gebruik van de nano op te zoeken en e.e.a. toe te passen. Hierbij is gebruik gemaakt van de mogelijkheid om meetwaarden in zgn. S1P- en S2p-files vanuit de nanoVNA te exporteren en die vervolgens te verwerken met Excel. Hiervoor zijn waar nodig de nodige formules opgenomen.

Voor vragen en/of opmerkingen ben ik altijd bereikbaar.

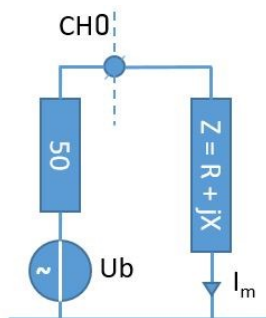
73, Arie Kleingeld, PA3A

Kader 1.

$$S_{11} = S_r + j S_i$$

Dr en Di 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.

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



Kader 2.

$$S_{21} = D_r + j D_i$$

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

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

