

Metingen met de nanoVNA door Arie Kleingeld PA3A

Meet de karakteristieke impedantie van een transmissielijn

Inleiding.

De nanoVNA (VNA staat voor Vector Network Analyzer) heeft in korte tijd de amateurwereld veroverd en zal bij veel lezers geen introductie meer behoeven. Het apparaatje is relatief goedkoop en is nauwkeurig genoeg voor de zendamateur. Het is een klein dingetje, vandaar het voorvoegsel 'nano'. Er zijn inmiddels verschillende versies van een dergelijke VNA ontworpen en geproduceerd, die steeds betere specs kregen.

De door mij gebruikte VNA is de zgn. nanoVNA versie H3.2. Hierbij staat de H voor Hugen, de nickname van de ontwerper/producent. De 3.2 is de printversie wat in mijn geval betekent dat deze ongeveer uit de periode oktober 2019 komt en een 2.8 inch schermje heeft. Voor een HF-boer als ik ben, is de versie H3.2 met klein scherm prima. Enerzijds omdat ik nooit iets doe met VHF, laat staan op hogere frequenties, én dat mijn nanoVNA is altijd aan een pc gekoppeld in mijn shack. Voor het meten aan antennes op locatie (vnl. SWR) gebruik ik nog altijd de 'good-old' MFJ-259B die ik destijds nog in guldens heb betaald en een prima 'gooi-en-smijt-ding' is voor dat doel en nog steeds goede meetresultaten geeft.

In dit artikel komt aan de orde: het vaststellen van de karakteristieke impedantie van een kabel, d.w.z. het vinden van die bekende 50 ohm van de RG-213 kabel of de 75 ohm van RG-59 kabel, of zo maar de karakteristieke impedantie van een stuk netsnoer als je dat als transmissielijn zou willen gebruiken. We doen dit met de nanoVNA, gekoppeld aan het programma nanoSAVER onder Windows 10. Dit maakt de besturing van de nanoVNA en het aflezen van de meetwaarden een stuk gemakkelijker. De grafiekplaatjes van de meting zijn daarvan ook afkomstig. Daarnaast zal ik ook nog de MFJ-259B analyzer gebruiken voor een dergelijke meting. Ook dat is eigenlijk een VNA, zij het beperkter dan de nanoVNA, maar hij doet het ook heel goed.

Korte duiding van de theorie m.b.t. deze meting

Als je deze meting doet, is het fijn om een aantal dingen te weten.

1 Impedantie (die gaan we straks meten)

Impedantie is een combinatie van *weerstand* en *reactantie* en wordt uitgedrukt in ohms. We schrijven dit meestal als $Z = R + jX$. Ter illustratie: $Z = 25 + j35$, wil zeggen dat we te maken hebben met een weerstand van 25 ohm, in serie met een spoel met een reactantie van 35 ohm (die 'j' geeft de 90 graden fasedraaiing aan. Als er $-j35$ had gestaan dan hadden we te maken met een condensator.

2 Gedrag van transmissielijnen die open of kortgesloten zijn

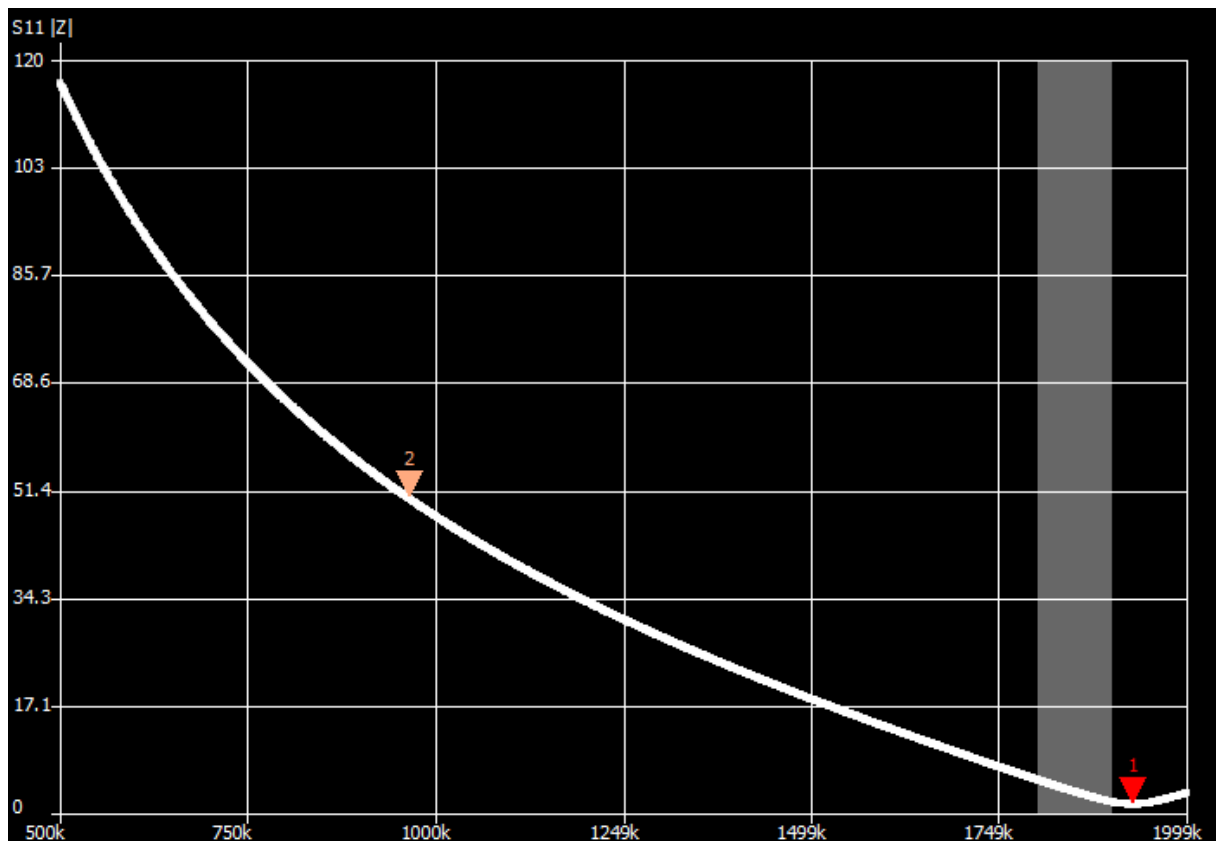
In de zendamateurexamens komt het vaak voor. Open en kortgesloten transmissielijnen. Bij bepaalde kabellengten kun je dan impedanties aan het begin meten van bijna 0 tot bijna oneindig en alles wat er tussen zit. Bekende lengtes met bekende eigenschappen zijn b.v. $\frac{1}{2}$ of $\frac{1}{4}$ golflengte. De nuances kun je verder terugvinden in allerlei boeken of cursusmateriaal van de DLZA of van IWAB.

Er is ook een minder bekende bijzondere lengte. Dat is de $\frac{1}{8}$ golflengte. Wat blijkt is het volgende: sluit je een coax kort, of houd je hem aan het eind open, of je sluit een zuivere weerstand aan van

welke waarde dan ook, en meet je aan het begin van de kabel de $Z = R + jX$. Dan is *bij benadering* de waarde van de karakteristieke impedantie van de coaxkabel gelijk aan $|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$. In onderstaande metingen gaan we dat gebruiken. Wie zei er dat transmissielijntheorie niet leuk was?

De meting met de nanoVNA.

De nanoVNA is aangesloten op een meter of 25 coax met opschrift 'Belden MRG-213 Eca MIL-C-17'. Dit moet wel een hele goede kabel zijn. RG213 heeft een verkortingsfactor van ongeveer 0,66 en staat bij zendamateurs te boek als 50 ohms kabel. De coax is open aan het eind (hoogohmig) dus als we een frequentie nemen waarbij die ongeveer 25m zich gedraagt als een kwart golf, dan zul je daar iets laagohmigs kunnen zien. Dat komt in het volgende plaatje uit nanoSAVER naar voren.



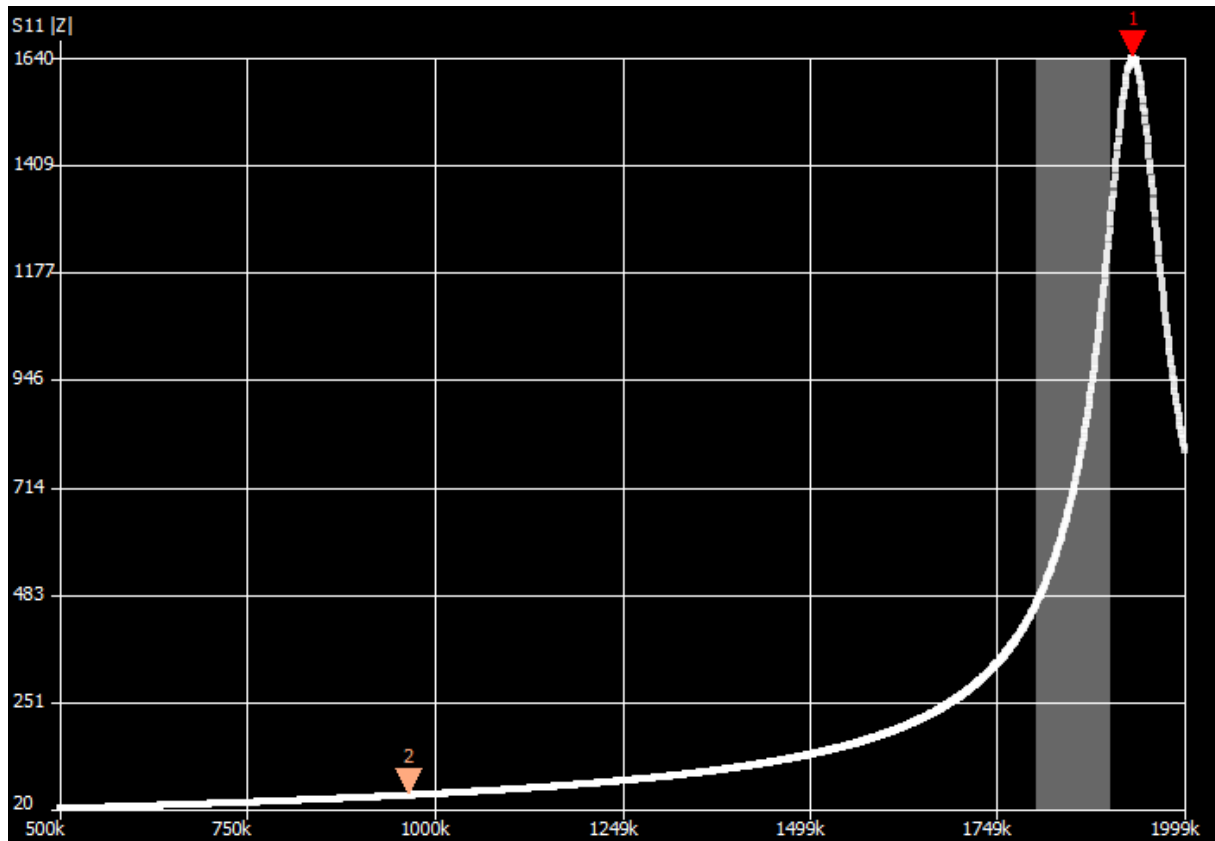
De rode marker met nr. 1 staat op de frequentie waar de impedantie laag / bijna nul is en praktisch ohms (dus niet inductief of capacitief): 1928 kHz. Bij deze frequentie is de elektrische lengte van de kabel dus $\frac{1}{4}$ golflengte. We hoeven dus niet precies de lengte van de coax te weten, noch de exacte verkortingsfactor, hij is voor die frequentie gewoon $\frac{1}{4}$ golflengte lang. Als je de frequentie door de helft doet, dan zou voor die frequentie de elektrische lengte van de kabel $\frac{1}{8}$ golflengte zijn.

Dat is waar de tweede oranje marker staat, 964 kHz. We zien de $|Z|$ in de grafiek en lezen in nanoSAVER voor marker 2 ruim 50 ohm af. $|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$.

Aangezien de R erg klein is t.o.v. de X kun je wel bijna zeggen dat de X in waarde gelijk is aan de karakteristieke impedantie van de kabel.

Een vergelijkbaarplaatje krijg je als je dezelfde coax aan het einde kortsluit.

Marker 1	
Frequency:	1.92857MHz
Impedance:	1.493 +j0.032 Ω
Marker 2	
Frequency:	964.310kHz
Impedance:	1.17 -j50.17 Ω



De hoogohmige waarde komt op een kHz na op dezelfde plek uit als net de laagohmige waarde (marker 1). Op de frequentie voor 1/8 golflengte lezen we bij marker 2 af dat de karakteristieke impedantie van de kabel ongeveer 51 ohm is.

Voor een appraatje van minder dan 50 euro is het geen slecht resultaat als je beziet dat we twee compleet verschillende situaties naast elkaar leggen: een kortgesloten kabel en een die open is. Overigens staat Belden RG-213 te boek met een ware karakteristieke impedantie van: $50,6 - j1,6$ ohm, dus ongeveer de bekende 50 ohm.

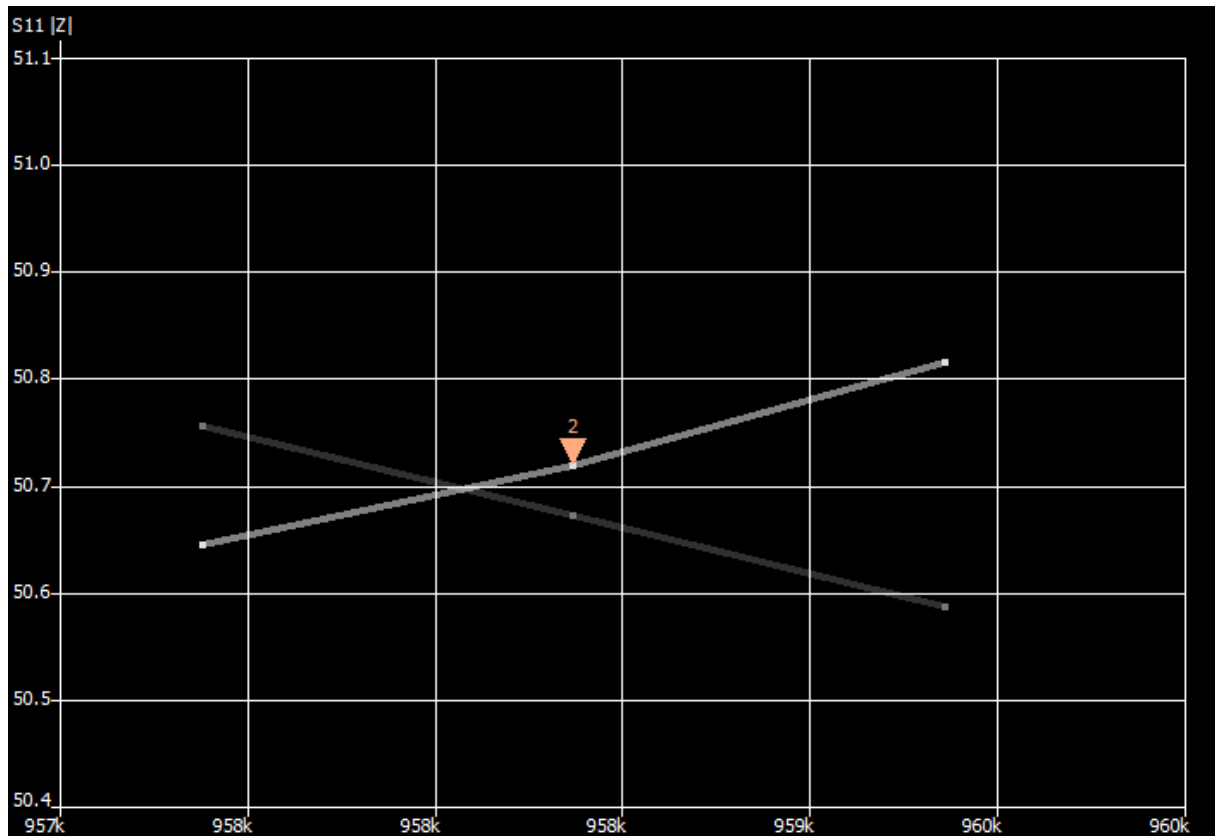
Kenners doen soms beide metingen (open en gesloten lijn) en nemen een soort gemiddelde van de twee gemeten waarden. Ze leggen dan de twee grafieken over elkaar heen en kijken waar de twee grafieken elkaar snijden en lezen af wat de waarde van $|Z|$ dan is. Laten we dat ook eens doen.

Marker 1

Frequency: 1.92956MHz
Impedance: 1632 +j0.332 Ω

Marker 2

Frequency: 964.310kHz
Impedance: 3.308 +j51.1 Ω



We komen nu uit op 50,7 ohm. Zelfs mét afrondingen, onnauwkeurigheden en verwaarlozingen is dit haast te mooi om waar te zijn. Ik was sowieso al tevreden geweest met een waarde tussen 48 en 52 ohm voor mijn amateurdoeleinden.

Meting met de MFJ-259B (wie kent hem niet)

Voor de meting met de MFJ neem ik een stukje RG-58/U van onbekende herkomst. Lengte is een meter of 5. In dit geval is hij kortgesloten. Met een halve golflengte ertussen zouden we weer iets laagohmigs moeten meten (reactantie is ook nul) en dat blijkt zo te zijn op 19.486 kHz. Dat klopt ook wel zo ongeveer. Een meter of 5 echte lengte kabel => elektrische lengte is 5 gedeeld door 0,66 = 7,6 meter. Een hele golflengte is dan $2 \times 7,6 = 15,2$ meter waarbij een frequentie hoort van ruim 19.7 MHz. Nu was de lengte van de coax niet echt precies gemeten, maar zo te zien dus aardig geschat.



Voor het meten op $1/8$ golflengte moet de frequentie 4x lager zijn dan die voor $1/2$ golflengte dus ca. 4.875 kHz. De aflezing op de MFJ is nu: $Z = 5 + j53$. De karakteristieke impedantie van de kabel is dan $|Z| = \sqrt{25+2809} = 53.2$ ohm. Volgens de specs zou een Belden RG-58/U een karakteristieke impedantie hebben van $53,9 - j2$ ohm. *Right on target. The MFJ-259B did it again!*

Een volgende keer gaan we de demping van een mantelstroom-smoorpoel bepalen en aangezien op verschillende forums ook wel wordt (na)gezegd dat een dergelijke smoorspoel toch wel minstens 5000 ohm moet zijn, gaan we dat eens meten met verschillende kernen. Leuk om mee aan de slag te gaan.

Bron coax gegevens: ac6la.com: TLDetails

TLDetails is een leerzaam en handig programma dat werkt met nauwkeurige formules om het gedrag van verschillende transmissielijnen te tonen. Van harte aanbevolen.

Arie Kleingeld, PA3A