

Smith Chart in de (nano)VNA

Toepassingen voor de radiozendamateur

Door:
Arie Kleingeld
PA3A

- Wat zendamateurs meten: VSWR curve
- VSWR en de Reflecties (hoe zat dat ook alweer)
- Smith Chart in de (nano)VNA; wat die laat zien
 - Waar zitten reflecties en de VSWR in de Smith Chart
 - Smith Chart: wat zie je daarin meer dan in de SWR curve?
 - Waarom is de Smith Chart zo opgebouwd
 - Demo met L, C, R

Pauze

- Toepassing in het direct tunen van antennes en andere zaken
 - Effecten van L en C op impedanties zichtbaar in de Smith Chart
 - L – tuner + Demo van tunen SWR=3 naar SWR=1
 - Pi – tuner
 - T- tuner
- Online - tool

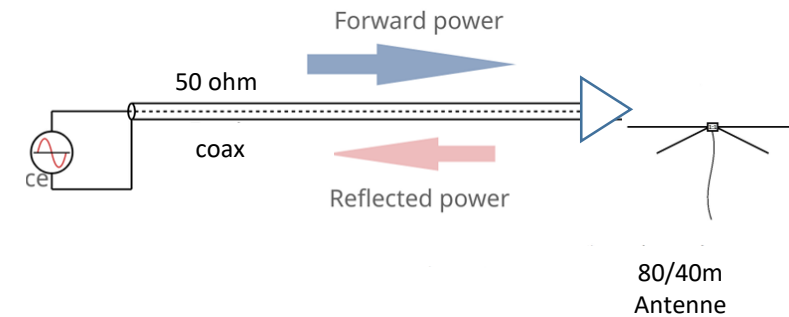
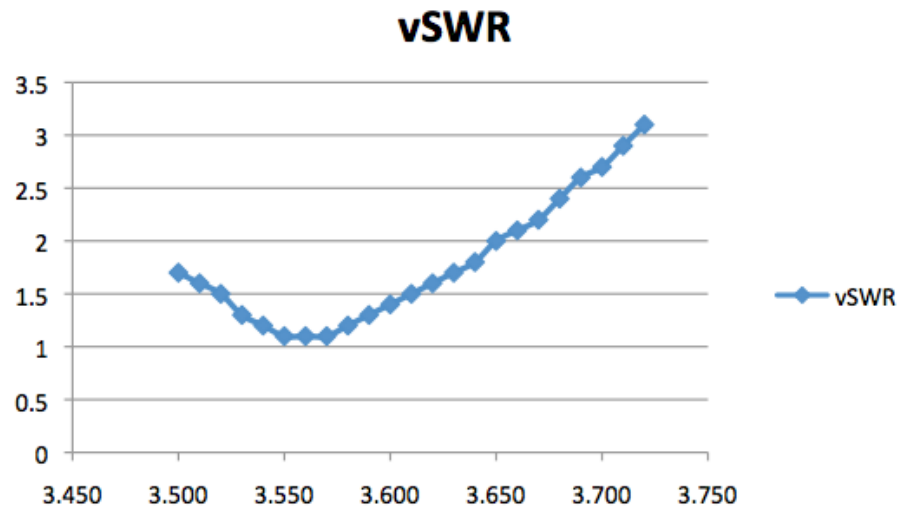
Meer info over metingen met de VNA:

<https://www.pi4dec.nl/downloads/>



Antenne meting

- Zendamateurs meten vrijwel altijd de SWR of heet dat VSWR? Wat zien wij eraan?
- Een curve:



SWR :

- Standing Wave Ratio (staande golf verhouding - SGV)
- Maat voor hoeveelheid gereflecteerde spanning door de Load
(en dus voor gereflecteerd vermogen)

SWR en Reflectie horen bij elkaar

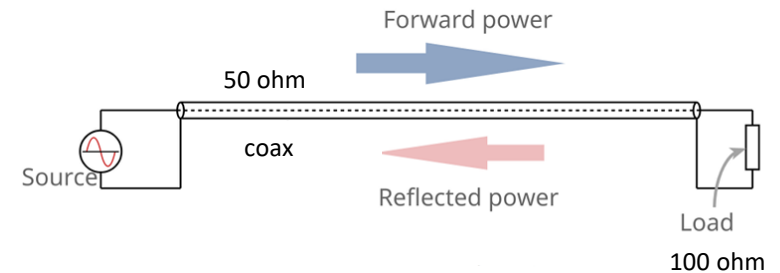
- De bekendste formule:

$$SWR = \frac{Z_{load}}{Z_{kabel}} \text{ of } \frac{Z_{kabel}}{Z_{load}}$$

b.v. $Z_{load} = 100 \text{ ohm}$, dan $SWR = 100 / 50 = 2$

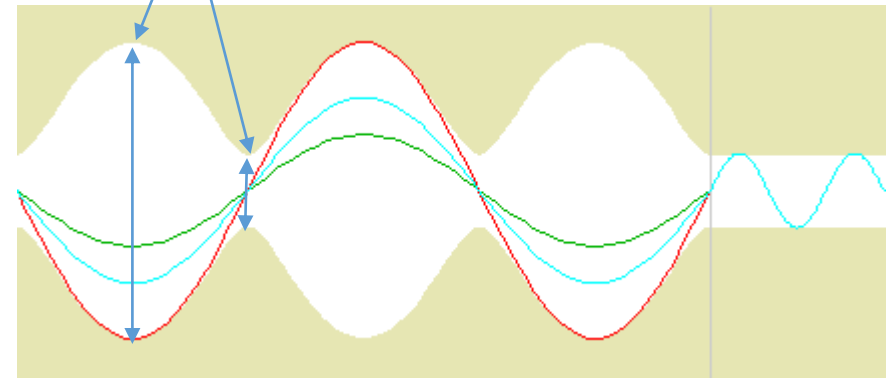
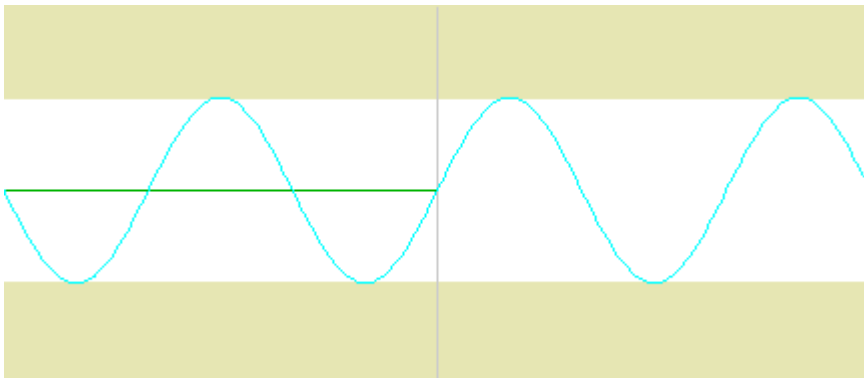
Welke andere Z_{load} (naast 100 ohm) geeft b.v. ook $SWR = 2$? $Z_{load} = ??$

- $SWR = 1 : 1$ $\gg$ % reflectie = ??
- $SWR = 1 : \text{oneindig}$ $\gg$ % reflectie = ??
- $SWR = 1 : 3$ $\gg$ % reflectie = ?? (komen we op terug)
- Zijn er nog meer Z_{load} 's die $SWR = 2$ geven? (hierover verderop meer...)
- Wel goed om alvast te weten: we praten over de gereflecteerde **spanning** (**V_{SWR}**)



Reflecties

De SGV is de verhouding tussen deze twee amplituden



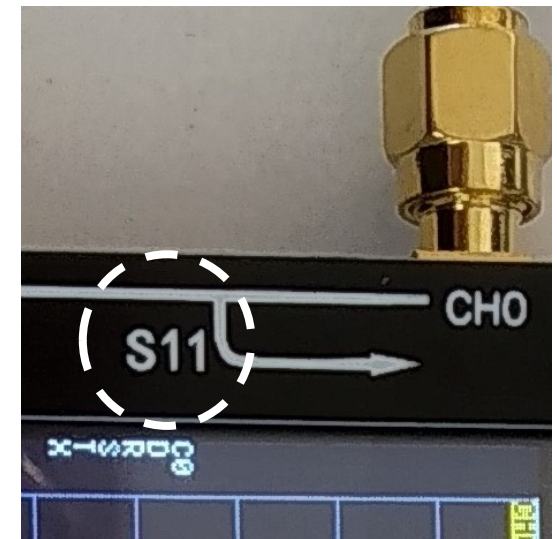
SWR gaat over REFLECTIES dus

- Er bestaat de zgn. **Reflectie coëfficiënt RC** (of ook wel 'S₁₁')
Dit is het **percentage reflecteerde spanning** als gevolg van misaanpassing en volgt o.a. uit het (relatief onbekende) verband tussen reflectie en Z_L:

$$RC = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Z_L = Load impedantie

Z₀ = karakteristieke impedantie van de kabel (meestal 50 ohm)



$$RC = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Even rekenen (voorbeeld) coax is 50 ohm

- Coax aan einde kortsluiten ($Z_L = 0$), dan is volgens de formule: $RC = -50 / 50 = -1$
d.w.z. $RC = \mathbf{100\% \text{ reflectie in tegenfase}}$ (het min-teken)

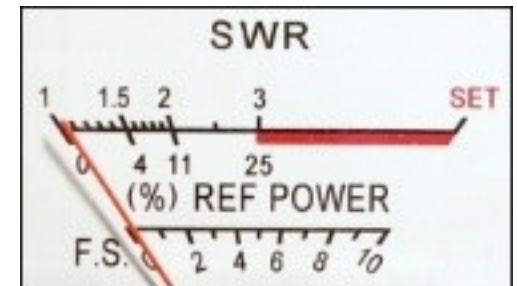
Open coax ($Z_L = 100.000$, oneindig veel): $RC = 99.950 / 100.050 \approx 1$
d.w.z. $RC = \mathbf{100\% \text{ reflectie in fase}}$

- Stel $Z_L = 150$ en $Z_0 = 50$ (SWR = 1 : 3)
 $RC = 150 - 50 / 150 + 50 = 100 / 200 = 0,5 = \mathbf{50\% \text{ reflectie}}$

Dit is **Spanningsreflectie** dus het **Gereflecteerd Vermogen** = 25%
($P = U^2 / R$)

En nu de Smith Chart....

Schaal van een
SWR meter

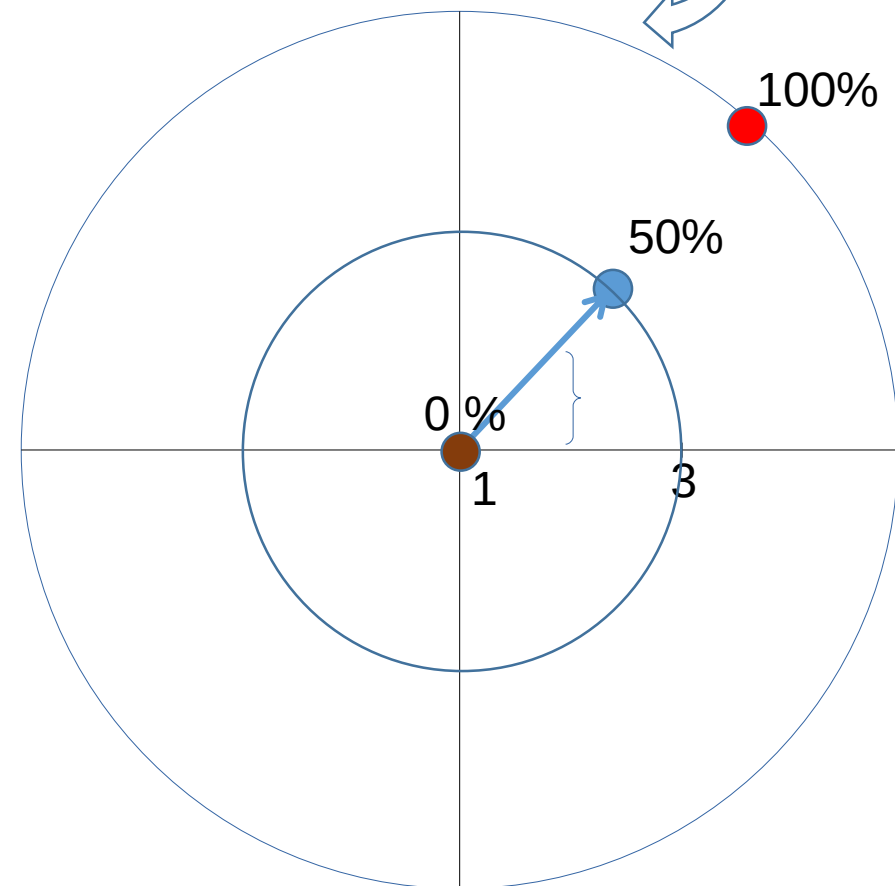


Smith Chart: dat gaat over *reflecties*

- In de Smith Chart (een rond vlak) zie je:
 - percentage reflectie
 - faseverschuiving
 - Punt in **midden** van de cirkel: 0% reflectie
 - Punt op **buitenkant** cirkel: 100% reflectie
 - Punt **midden in**: **Lengte pijl** = 50% reflectieAlles in dit voorbeeld onder een hoek ca. 45 graden
- Reflectie Coëfficiënt $RC = 50\%$ (het blauwe punt)
 - Draai de pijl rechtsom naar de horizontale as, bij de punt van de pijl lees je de SWR af.
 - En.... **Alle reflecties van 50%, onder welke hoek dan ook**, hebben **dezelfde SWR!!**
(Dank U Wel Mr. Smith)

Belangrijke vraag is nu:

Welke Z_{load} is er aangesloten die hoort bij de blauwe dot?



Wat heeft Mr. Smith nu gedaan?

- Alle mogelijke Z_{Load} 's omgezet (reëel en complex) naar een reflectiepercentage plus hoekverdraaiing uit de reeds genoemde formule

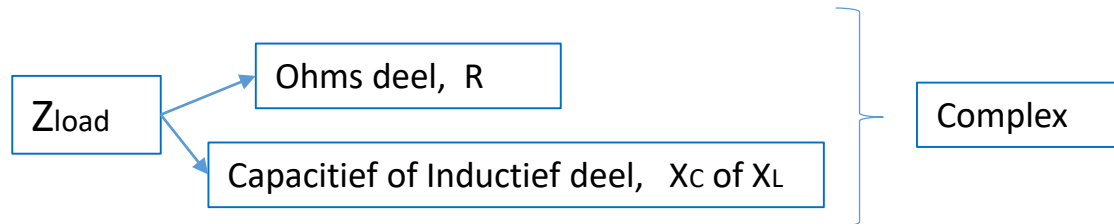
$$RC = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Z_0 is een gegeven = impedantie van de kabel
 Z_L kan alle waarden hebben,
ohms, inductief, capacitief of combinatie
(dat laatste noemen we 'complex')

- Wiskundig blijkt dat dit allemaal cirkelvormige figuren maakt in de Chart
- Deze Chart wordt tot op heden nog steeds gebruikt. Hij zit niet voor niets in de nanoVNA.

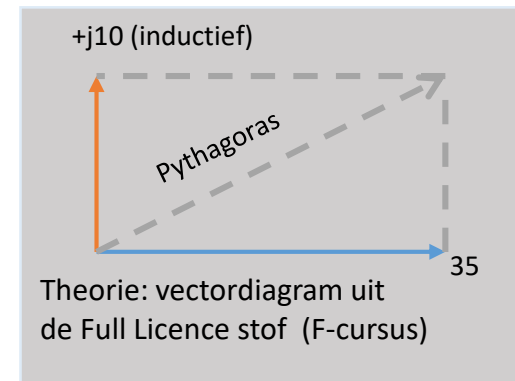
Sidestep: Wat is de Z_{load}

(even terug naar de F/N-cursus)



- $X_L = 10 \text{ ohm}$ inductief $\rightarrow +j 10 \text{ ohm}$
- $X_C = 10 \text{ ohm}$ capacitief $\rightarrow -j 10 \text{ ohm}$

Antenne met impedantie: $35 + j 10 \text{ ohm}$
 35 ohm heet 'Reële' deel, $j10 \text{ ohm}$ 'Imaginaire' deel



- De Smith Chart is *genormaliseerd* op de Z_{kabel} (dwz op schaal), meestal dus 1:50
 - dus $50 + j 25 \text{ ohm}$ $\rightarrow$ Smith Chart : $1 + j 0,5 \text{ ohm}$
 - dus 100 ohm $\rightarrow$ Smith Chart : 2 ohm

Oefening:

- dus $300 - j 100 \text{ ohm}$ is dan ... - j ohm in de Smith Chart
- Is dit capacitief of inductief?

($300 - j 100$ is dus een **COMPLEX** getal, met **REËEL** deel 300 en **IMAGINAIR** (capacitief) deel $-j 100$)

De Z_{load} plotten op de Smith Chart

Alles op deze lijn heeft $+j\ 15$ ohm imaginair deel ($0,3 \times 50$)
 $= \dots + j\ 15$ (inductief)

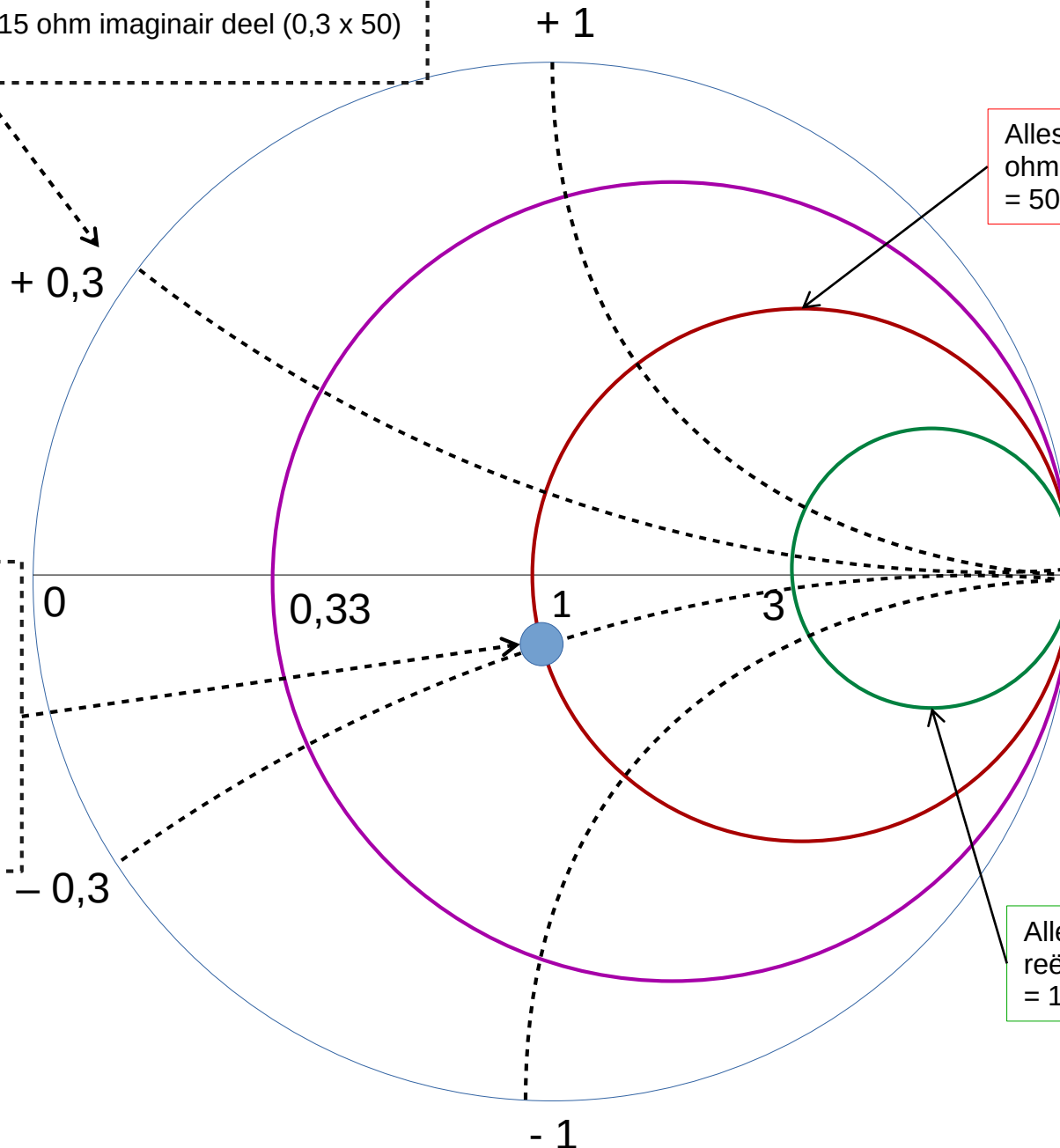
Alles op deze lijn heeft 50 ohm reëel deel (1×50)
 $= 50 \pm j \dots$

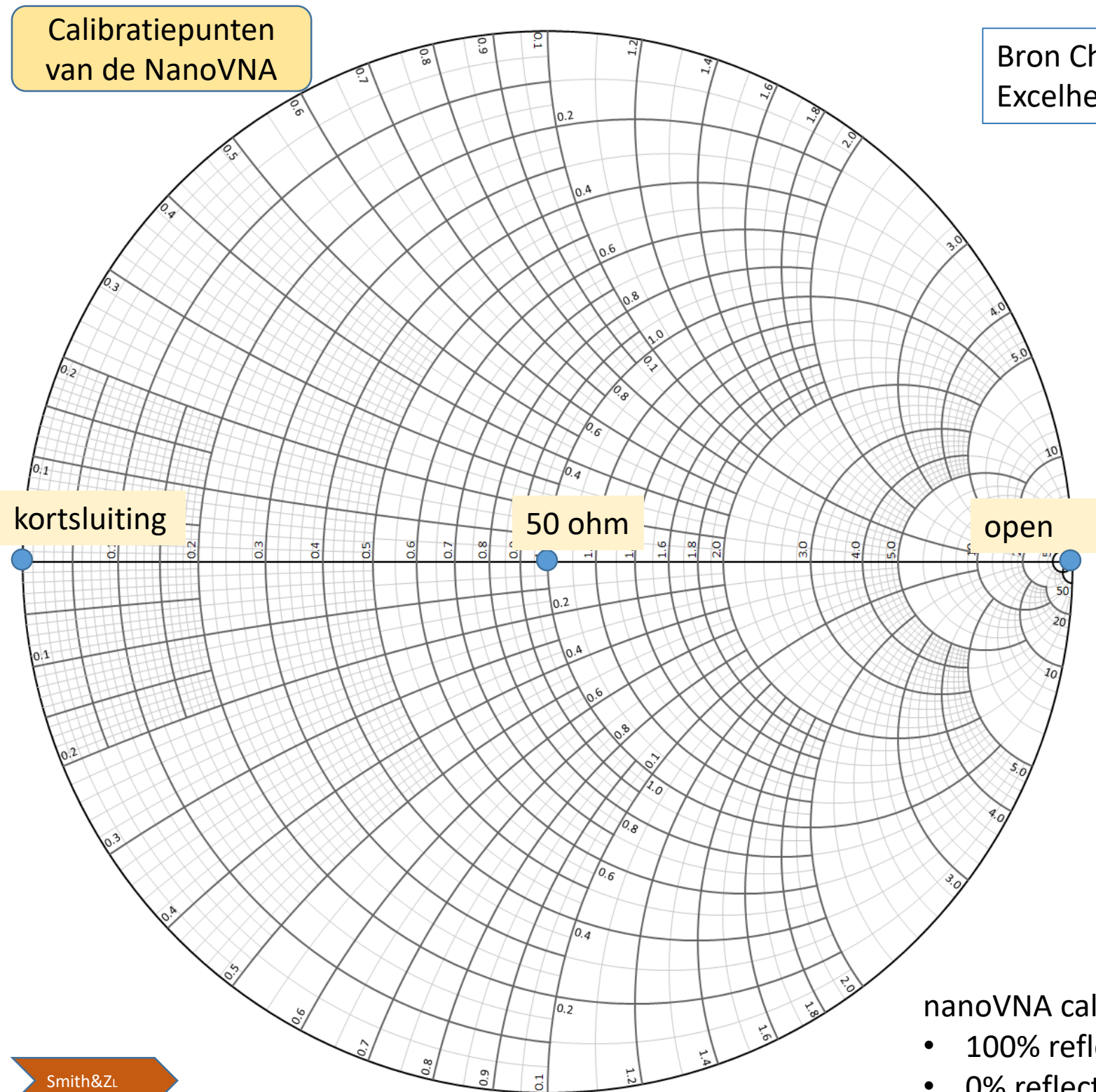
Punt ligt op reële 50 ohm lijn (1×50) en op de imaginaire (capacitieve) $-j\ 15$ lijn ($0,3 \times 50$)

dus

$Z_{load} = 50 - j\ 15$ ohm
(capacitief gedrag)

Alles op deze lijn heeft 150 ohm reëel deel (3×50)
 $= 150 \pm j \dots$





De Smith Chart

... op fijnere schaal

... en nog in de
basisvorm (zoals op
de NanoVNA).

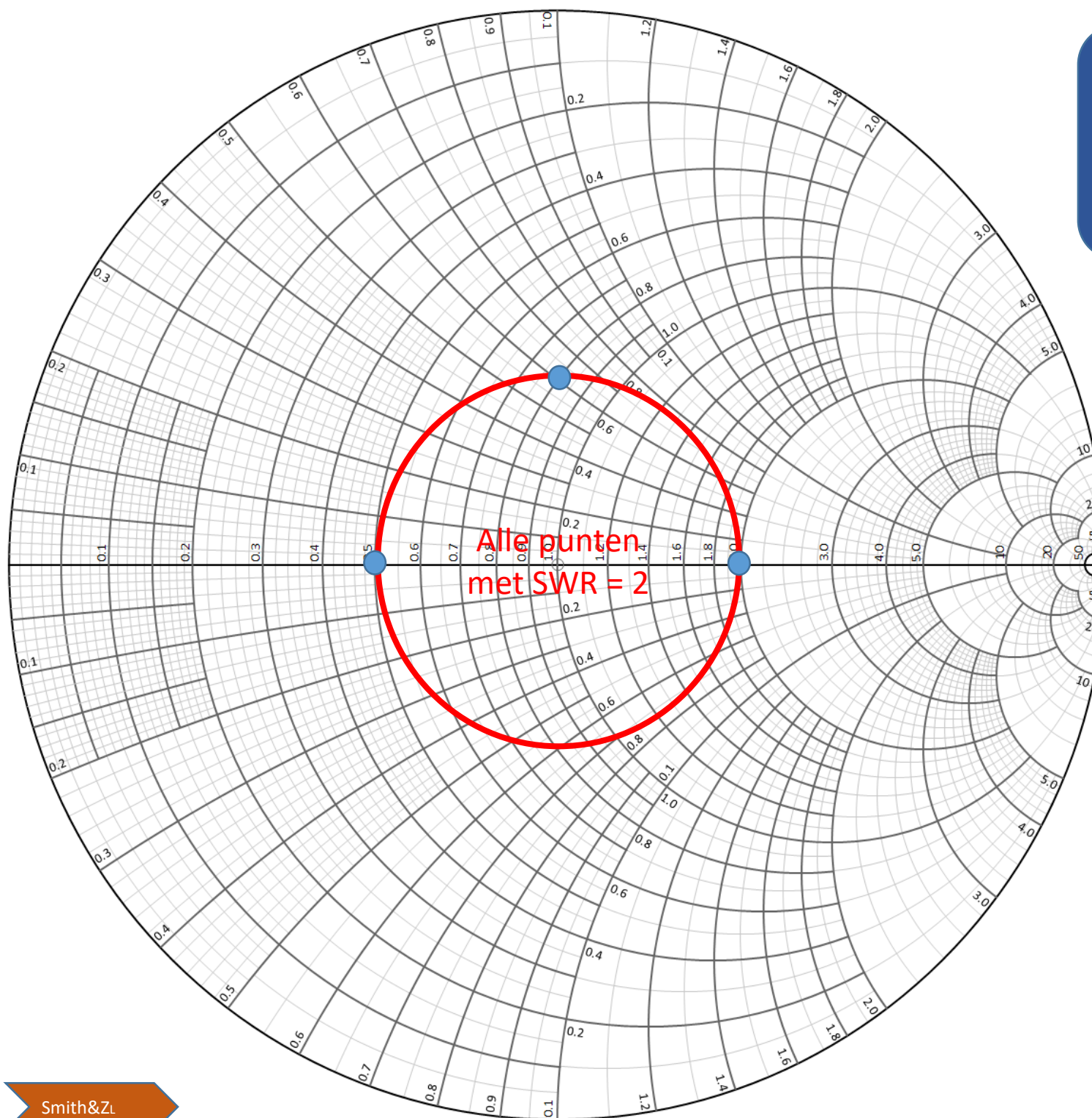
De rest komt nog...

Je kunt in ieder
geval allerlei
impedanties
inplotten

nanoVNA calibratie op:

- 100% reflectie: open of kortgesloten
- 0% reflectie: 50 ohm load

Punten met gelijke
SWR liggen op een
cirkel rond het
centrum



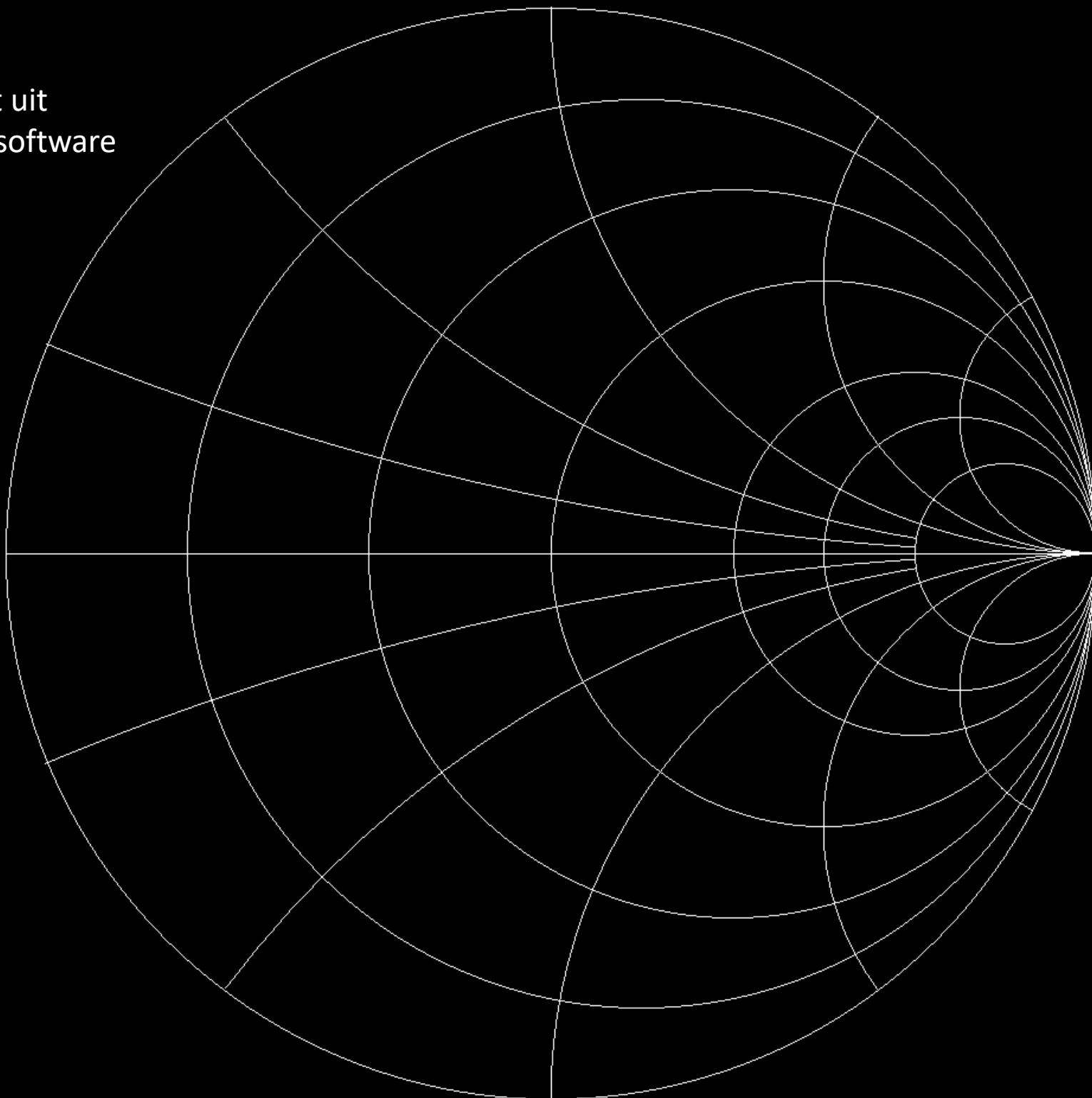
B.v. SWR = 2
Daaronder vallen o.a.
100 ohm en 25 ohm

Er zijn dus heel veel
punten met SWR = 2,
maar nu zie je ook
meteen of het een echt
ohms punt is of dat er
capaciteit / inductiviteit
bij zit.

Het punt: $40 + j 30$ ohm
heeft ook SWR = 2

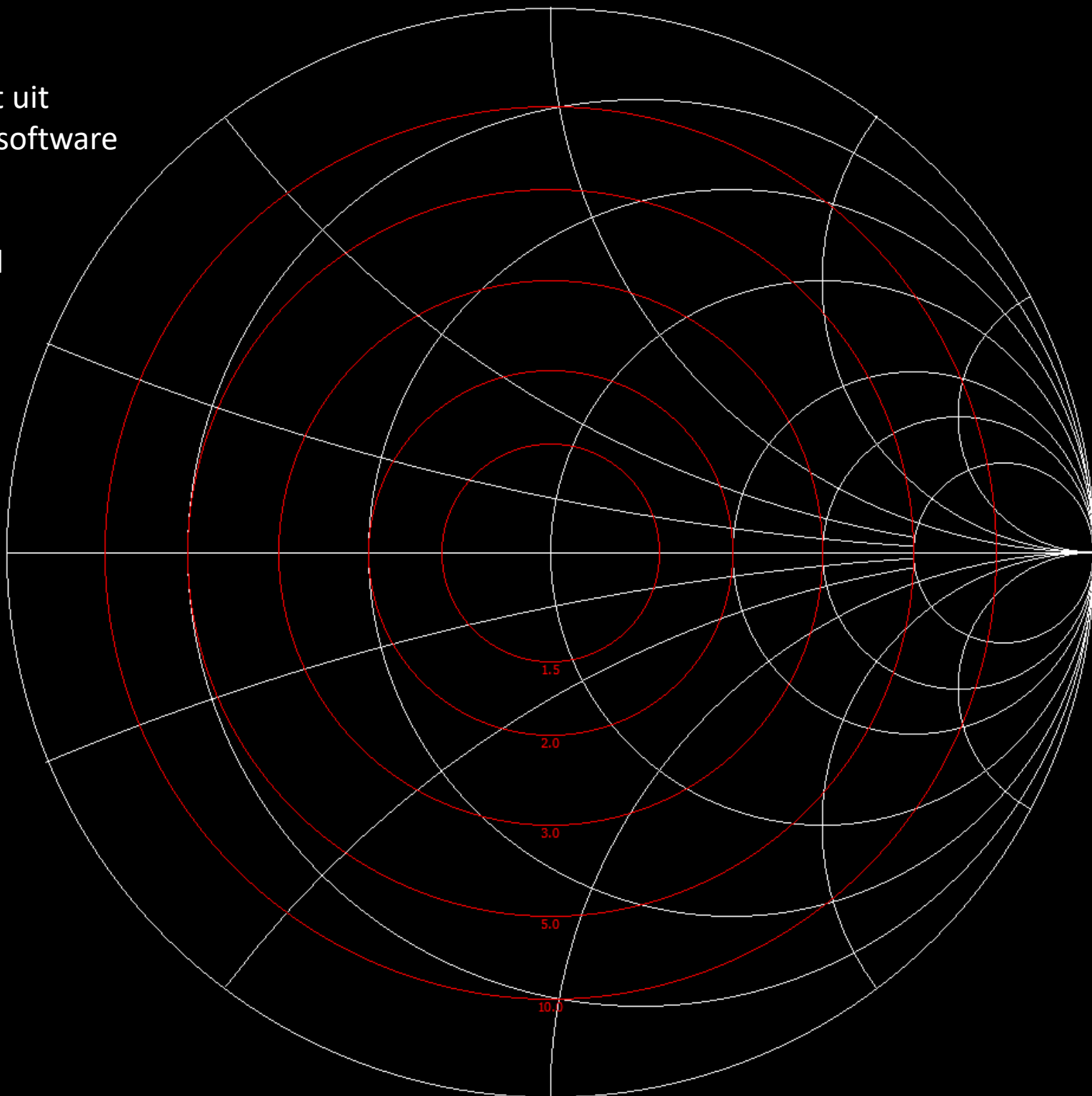
($40 = 0.8 \times 50$
 $30 = 0.6 \times 50$)

Smith Chart uit Nanosaver software



Smith Chart uit
Nanosaver software

SWR cirkels
toegevoegd



Smith Chart en de kwart golf transformator:

Transformatie van 100 ohm naar 50 ohm;
doen we met $\frac{1}{4}$ golflengte
70 ohm kabel
(= F-examenvraag)

DUS HET CENTRUM VAN
DE SMITH CHART STELT
NU 70 OHM VOOR.

Van 100 ohm (b.v. quad antenne) naar 50 ohm d.m.v. een kwartgolf coax van ongeveer 70 ohm.

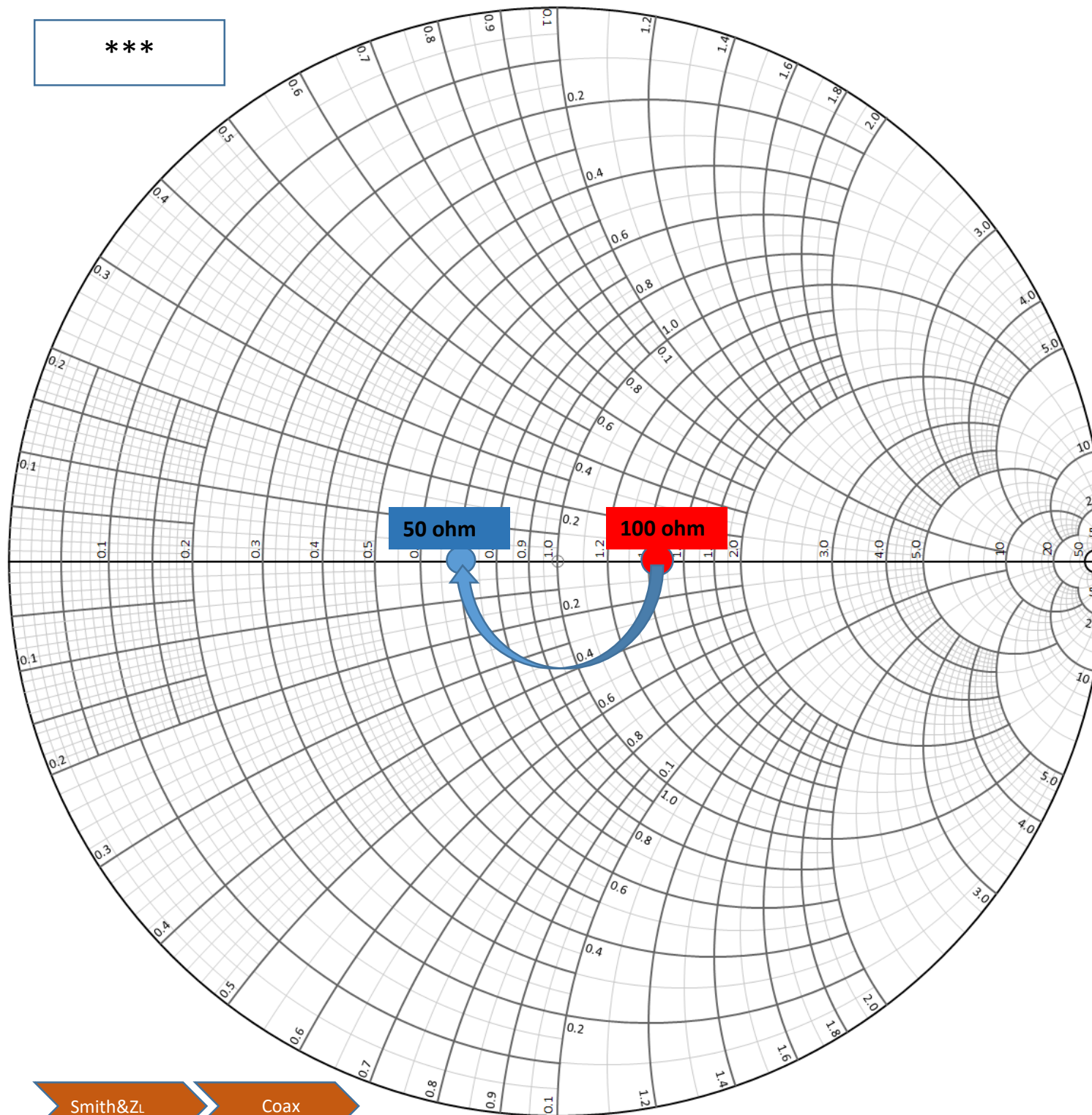
Stel de coaxkabel Z_0 is 70 ohm:

Dus **100 ohm** = $100/70 = 1,43$

Dus **50 ohm** = $50/70 = 0,71$

Merk op:

- Systeem is 70 ohm
- SWR in beide punten is gelijk
- Halve slag draaien om punt 1.0 (70 ohm) is een kwart golf (90 graden in de transmissielijn)
- Na een halve golf (één heel rondje) zijn we weer terug waar we zijn begonnen!!
- Onderweg (op de pijl) zie je de impedanties die je tegenkomt als je de transmissielijn van 0 steeds ietsje langer maakt naar een kwart golf. (ALLES x 70 ohm!)

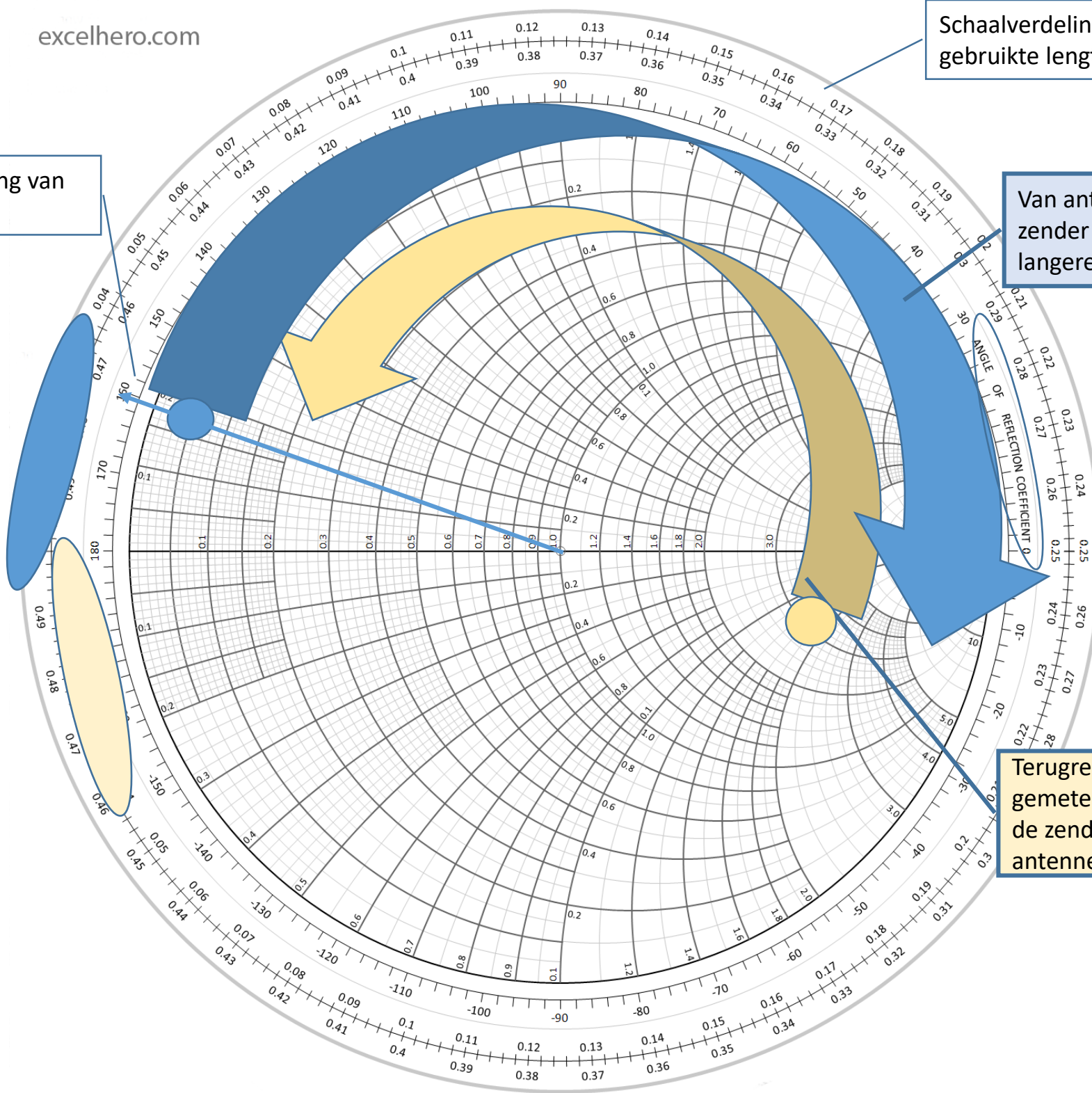


Schaalverdeling voor gebruikte lengte coax

Hoek verdraaiing van de reflectie

Van antenne naar zender met steeds langere coax

Terugrekenen van gemeten waarde bij de zender naar de antenne impedantie



TL Details van AC6LA

(<https://ac6la.com/tldetails1.html>)

Transmission Line Details - v2.0.1

Enter values directly, or click spinners, or click and hold spinners.

Freq · VF · Len · WL Conversions

Print

1. Choose Transmission Line, Modify Parameters if Desired.

Type

Nom. Zo

Nom. VF

K0

K1

K2

T-Line Model Internal Variables

2. Set Frequency, R, X.

MHz

KHz

Band

R

X

R and X

3. Set Line Length and Input Power.

Length

Units

Electrical Length Modulo 1/2 Wavelength

Input Watts

Plot Matched Line Loss

Results

At Input

At Load

R

X

Z

SWR (True)

SWR (50)

True Zo

VF

Loss

% of Total Loss

Cond.

Diel.

C. + D.

Refl.

Total

Power at Load

Plot |Zo|

Plot VF

Prime Center

Show: SWR Rho Return Loss

Close

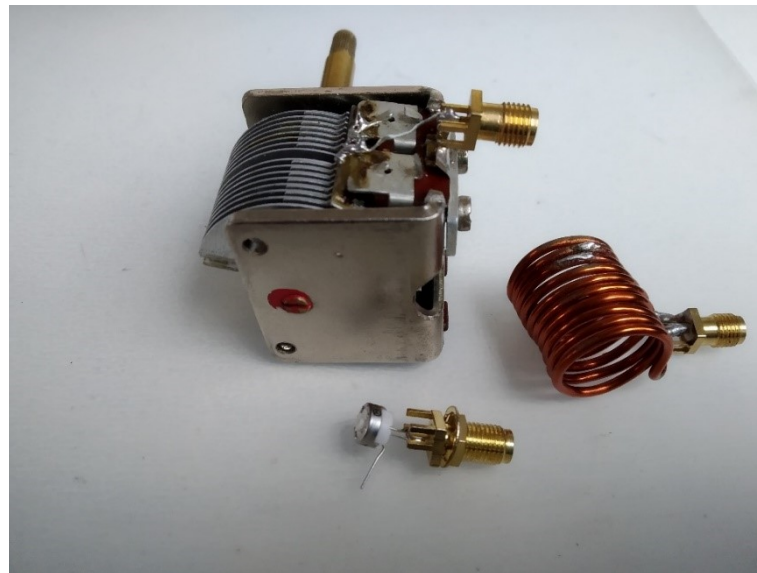
Conclusies m.b.t. Smith Chart (tot nu toe)

- Hoe lang de kabel ook is: overal dezelfde SWR (verliesvrije kabel verondersteld)
- Een tuner kan soms een antenne niet tunen, maar met veranderde kabel lengte wel omdat de aangeboden impedantie verandert met de lengte van de kabel. De Smith Chart laat grafisch zien hoeveel.
- Reflectie wordt uitgedrukt in Reflectie Coëfficiënt (S_{11}) en is het percentage gereflecteerde *spanning onder een bepaalde hoek*. Percentage gereflecteerd vermogen is het percentage van de Reflectie Coëfficiënt in het kwadraat.
- Hoe dicht punt bij de '1' (het midden) ligt = des te minder reflectie = des te lager de SWR.
- Er zijn heel veel formules en verbanden over reflectie met kabels en loads.

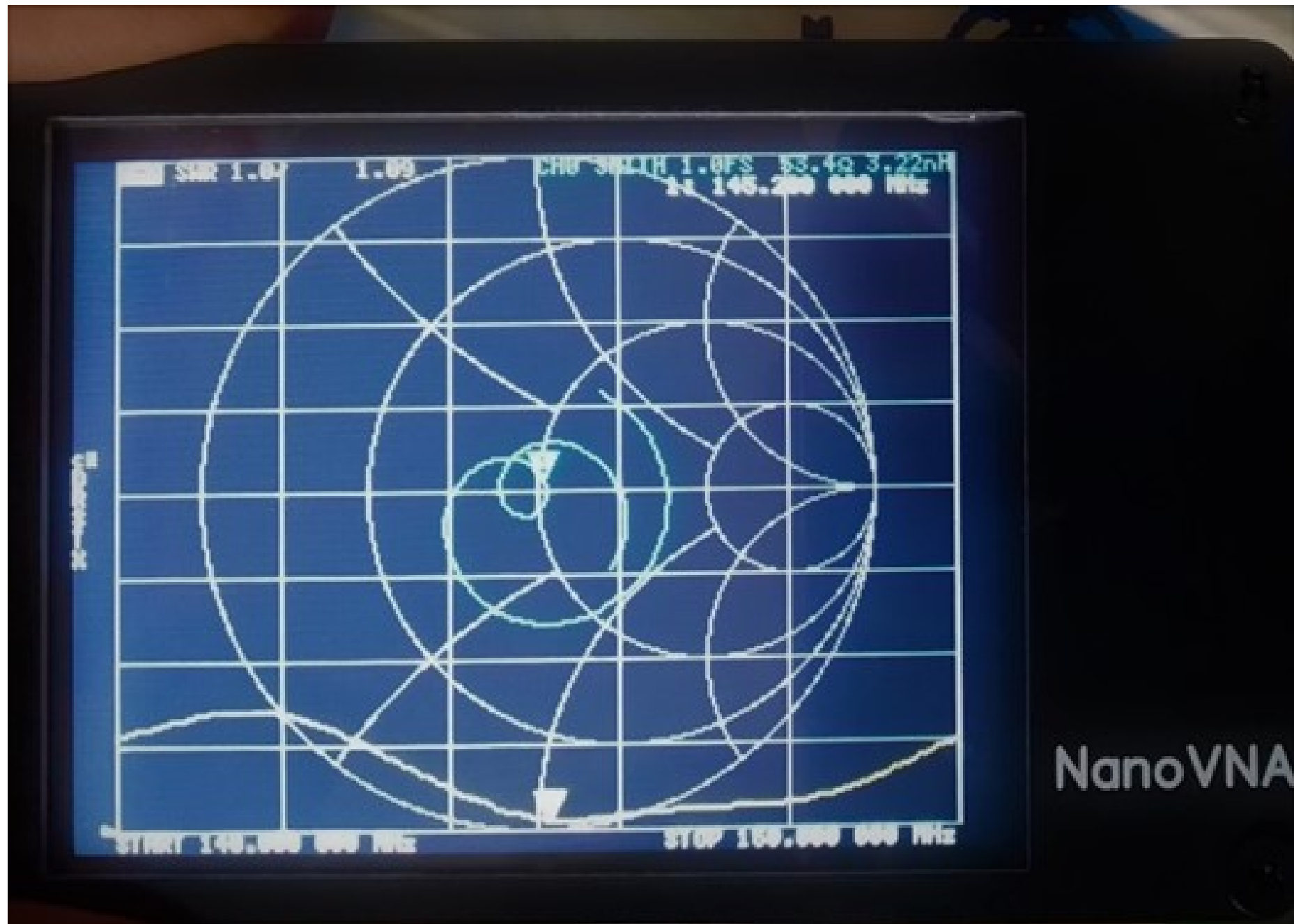
De zendamateur onthoudt er voor het examen maar één: $SWR = Z_{load} / Z_{kabel}$

Spelen met de NanoVNA (1)

- Werk met op 50 ohm gekalibreerde NanoVNA
- Kies verschillende frequenties
- Sweep eens een antenne
- Open stukje coax eraan
- Willekeurige andere weerstand eraan
- Condensator of Spoel eraan
- Combinaties van weerstand en coaxkabels op verschillende frequenties.
- DEMO met Smith Chart:
spoel, condensator, weerstand

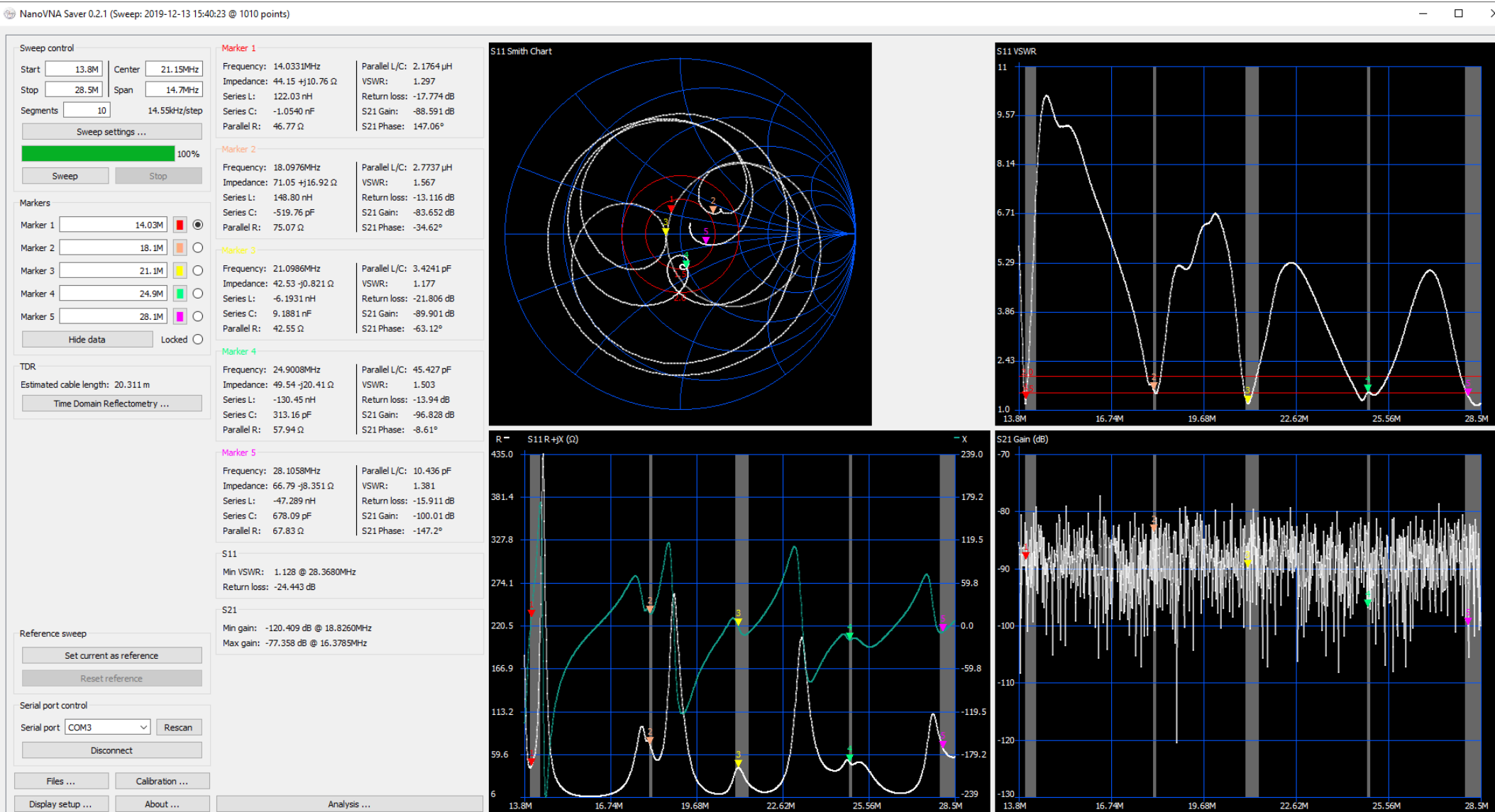


2m/70cm vertical: 140MHz-150MHz (@PA3A)



Screenshot NanoVNA Saver: 5 banden antenne MA5B @PA3A

Markers in de diverse amateurbanden. (Software nanoVNA saver 0.2.1)



Uitvergroting op de volgende slides

MA5B sweep

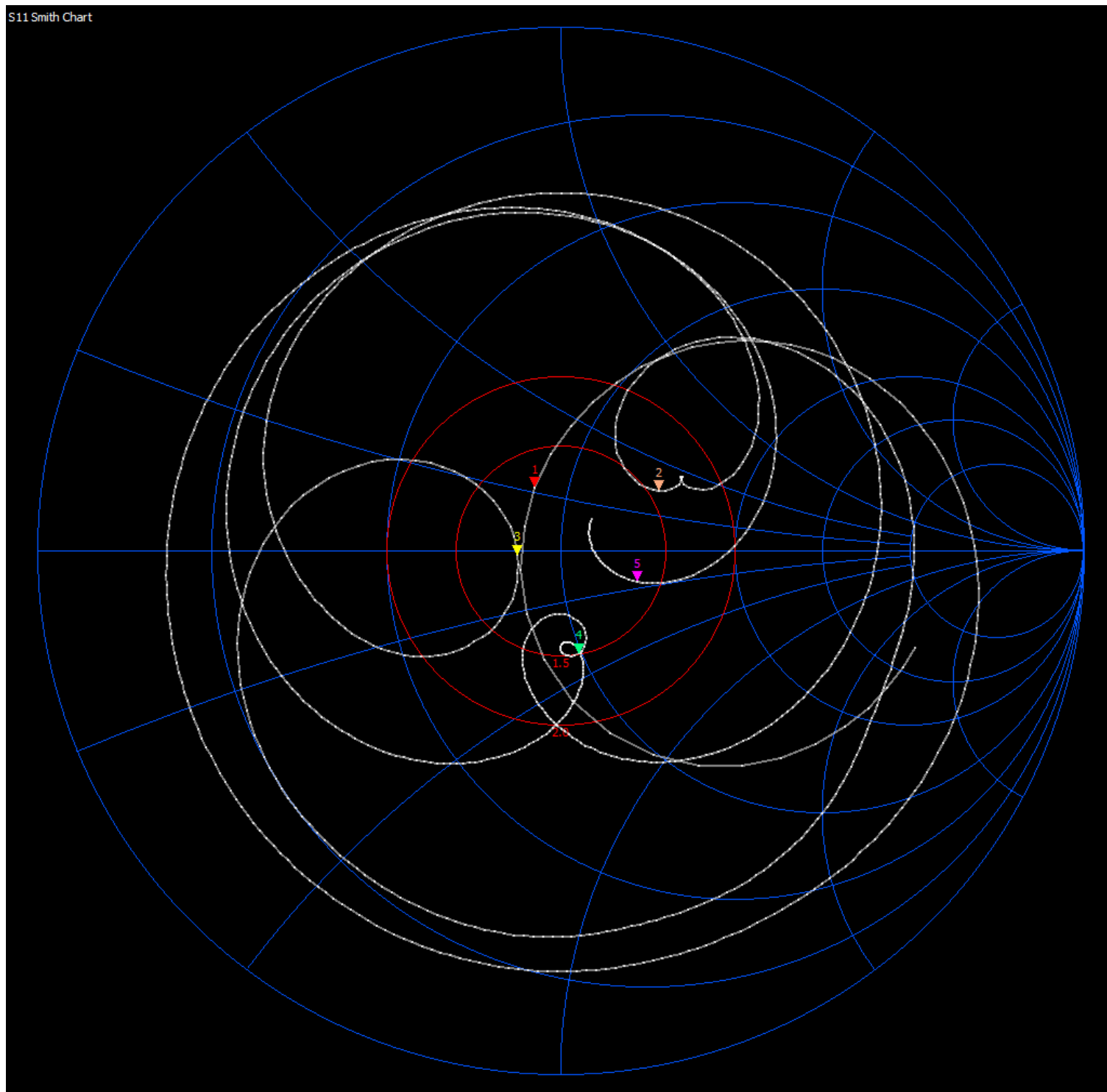
‘Smith Chart waanzin’ 😊

Markers

Marker 1	14.03M	☐	☐
Marker 2	18.1M	☐	☐
Marker 3	21.1M	☐	☐
Marker 4	24.9M	☐	☐
Marker 5	28.1M	☐	☒

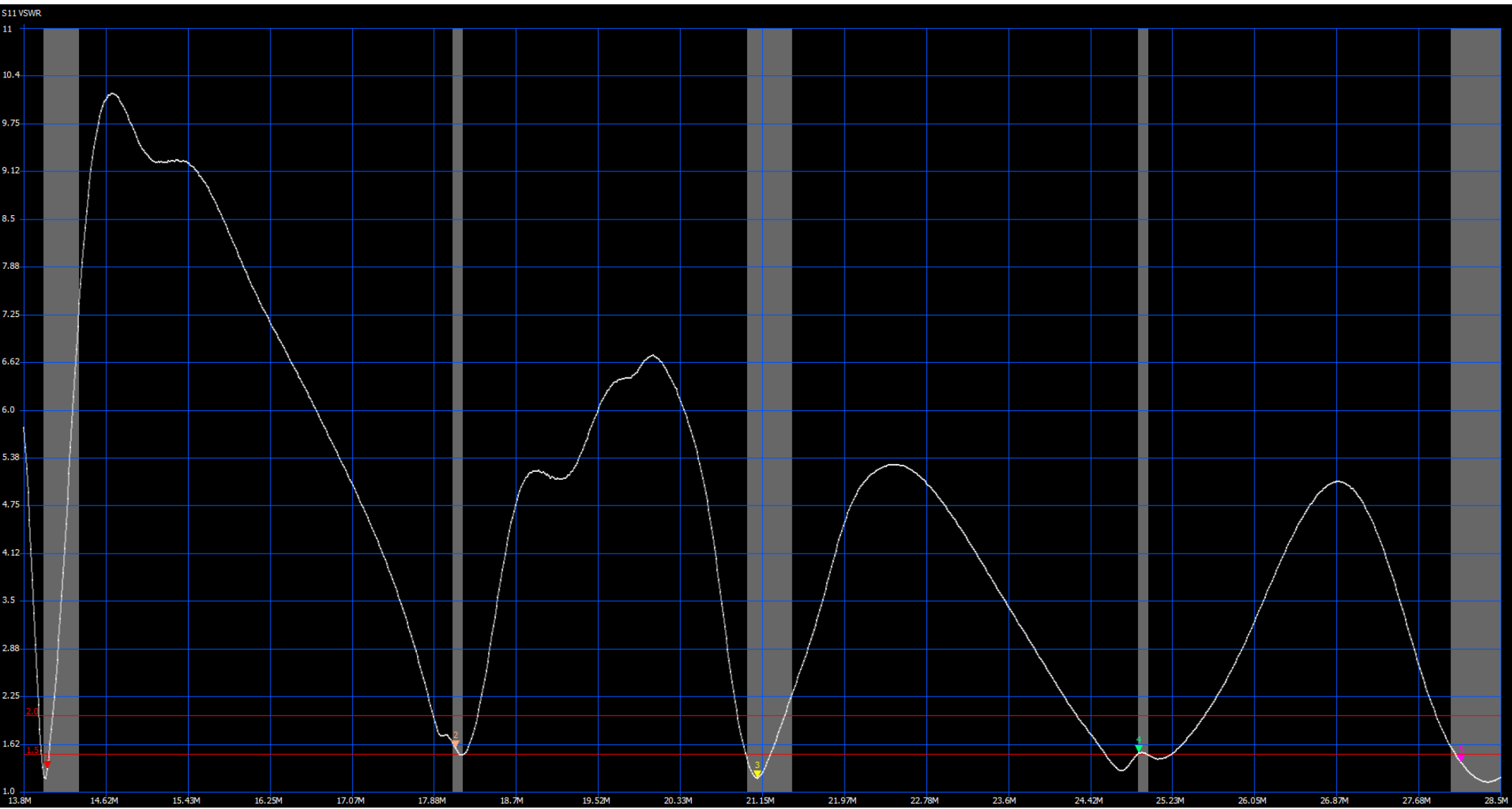
Sweep control

Start	13.8M
Stop	28.5M
Segments	10 14.55kHz/step



MA5B VSWR

Zendamateur 'common sense'



Wie was Smith

Phillip Hagar Smith
Lexington, Massachusetts
1905 – 1987



Bron: Smithchart.org

Elektrotechnisch ingenieur bij Bell Telephone Laboratories

1939: Een kaart gemaakt (Smith Chart) gemaakt als een soort ***rekenliniaal*** voor het omrekenen van de complexe parameters van een transmissielijn, de reflectiecoëfficiënt en impedanties.

Kortom: Zonder formules en computer van alles grafisch uitrekenen

Pauze, in deel 2:



- Het ontwerpen van een aanpassingsnetwerk met een Smith Chart (bijvoorbeeld een tuner ...)
 - Impedantie & Admittantie
(‘ADMITTANTIE’ is het omgekeerde van Impedantie, zoals ‘GELEIDING’ het omgekeerde is van weerstand)
 - De Smith Chart met dit alles erop geplot
 - Een antenne tunen met de Smith Chart
(is dus: een willekeurige impedantie omzetten naar 50 ohm)
- Makkelijke gratis online tooling op internet

Arie Kleingeld
PA3A



Geleiding: waar kennen we dit van?

Parallel zetten van weerstanden

In feite zet je geleidingen parallel die je kunt optellen

De totale geleiding is alle geleidingen bij elkaar

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Met een parallel weerstand
voegen we geleiding toe

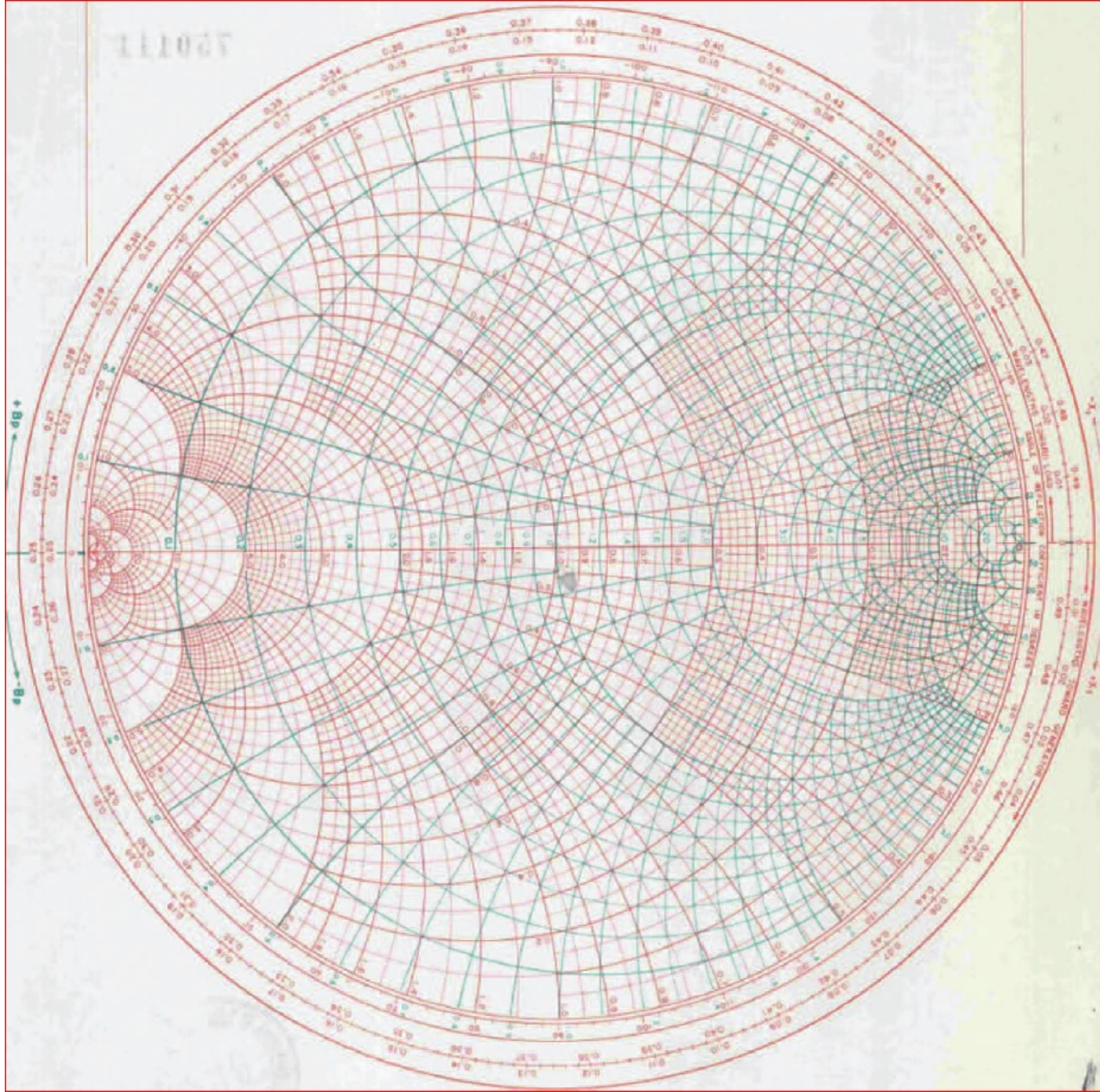
Dit geldt ook voor spoelen en
condensatoren X_L en X_C

Dit geldt voor alle Impedanties

De geleiding van **Impedantie** (Z) heet **Admittantie** ($Y = \frac{1}{Z}$)

en

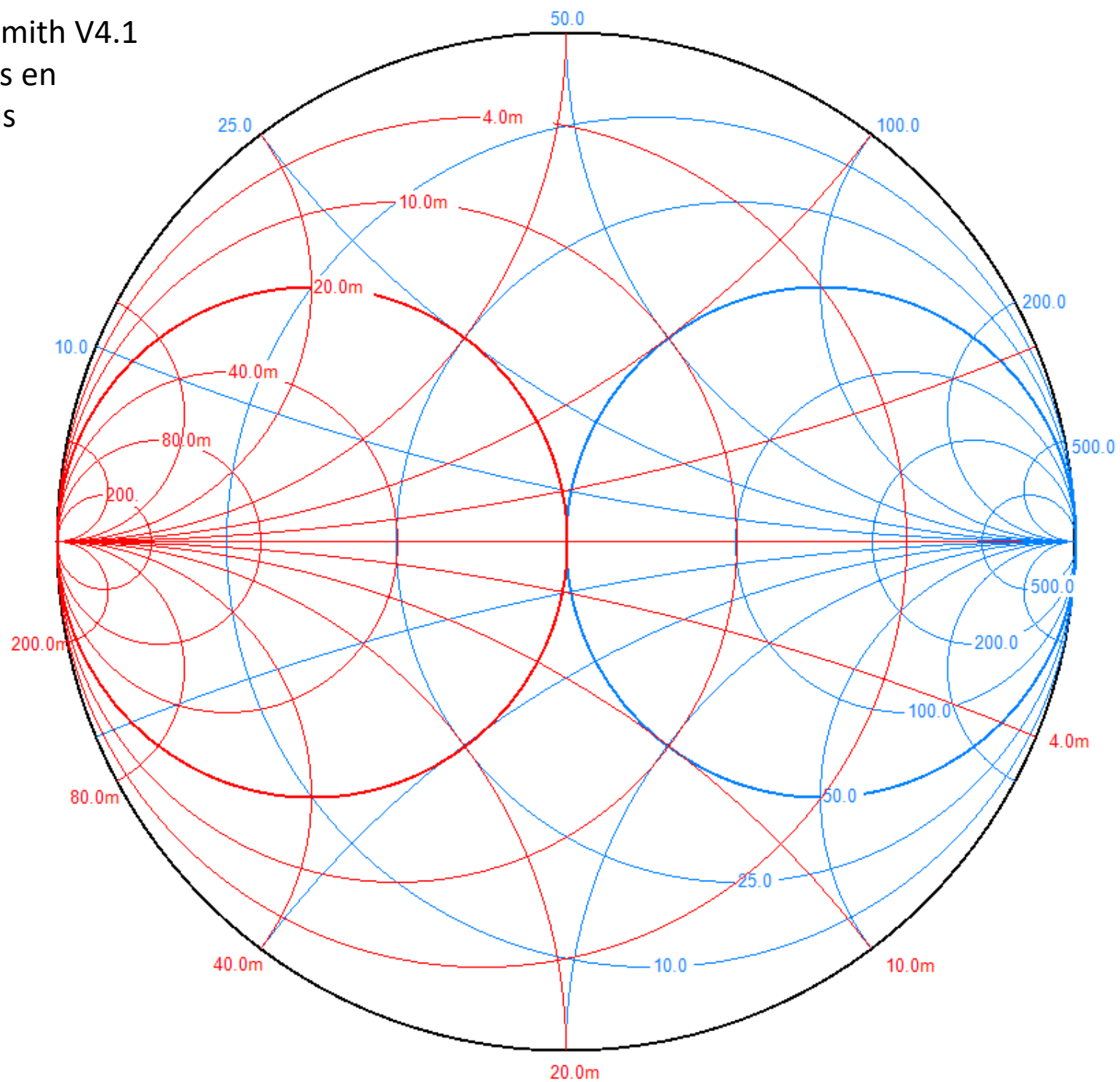




Oud
kopietje

Admittantie

Bron: Smith V4.1
In ohms en
siemens



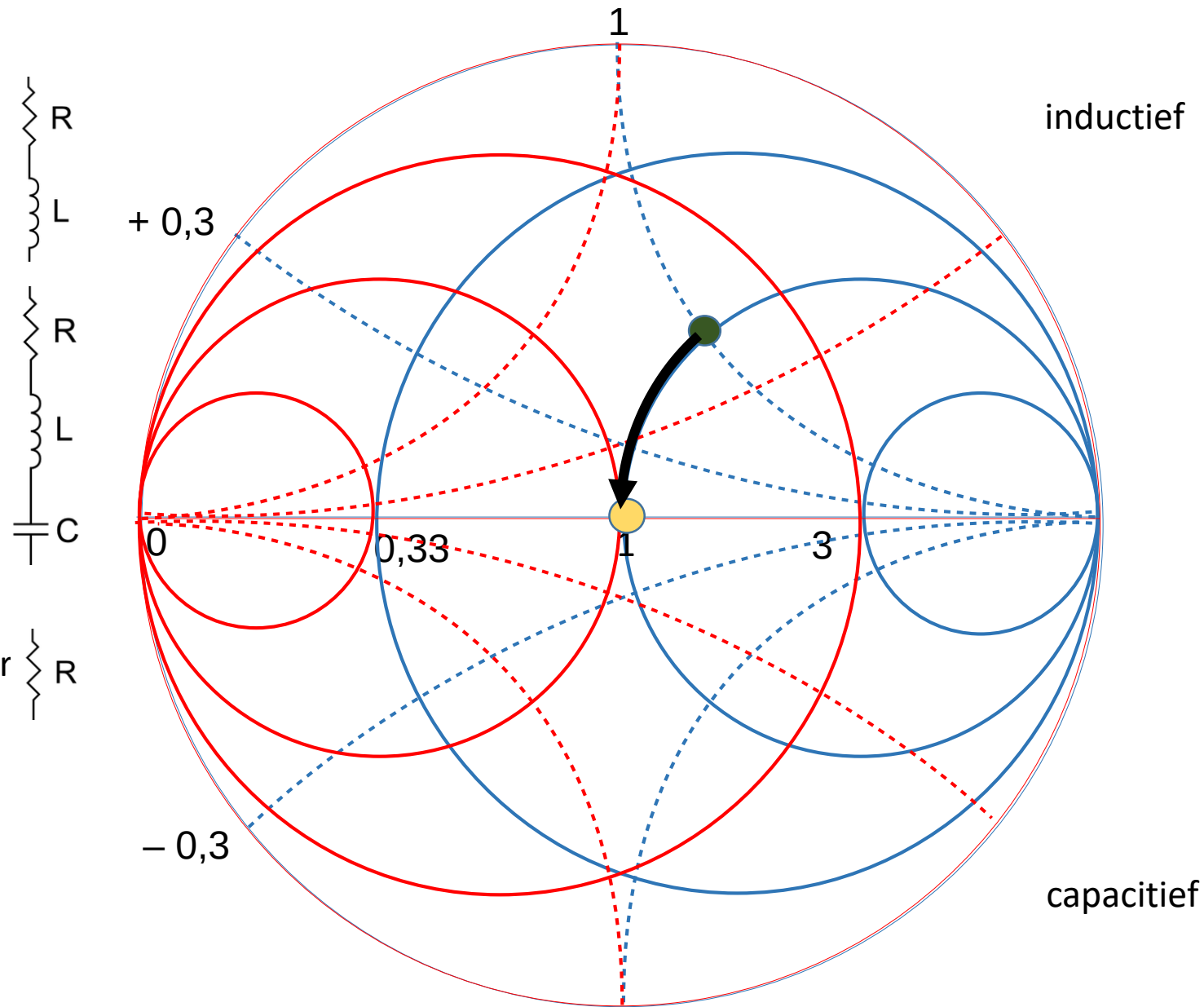
Tuner: TRUC 1 met de Smith Chart ...nu komt het...

Condensator in serie: Richting capacitef langs de serie/weerstandslijnen

Stel een $Z: 50 + j50$ ohm
 $1 + j1$ in de chart
SWR = 1 : 2.6

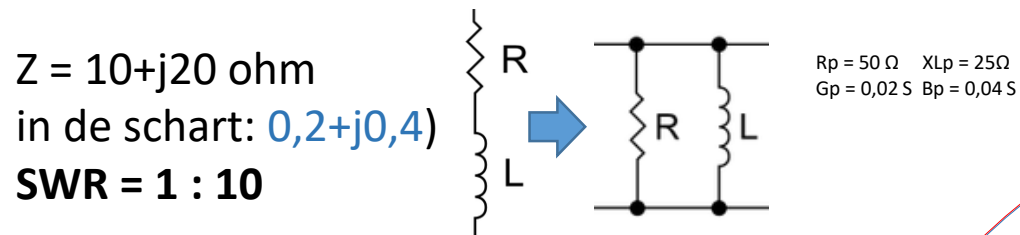
De $+j50$ ohm uitstemmen
met een condensator met
 $-j50$ ohm in serie
(= serie resonantie)
Dan kom je op 50 ohm

In de Smith Chart:
Linksom naar beneden over
de **weerstandlijnen**
(‘serielijnen’) **richting**
capacitieve deel van de
chart.



Tuner: TRUC 2 met de Smith Chart

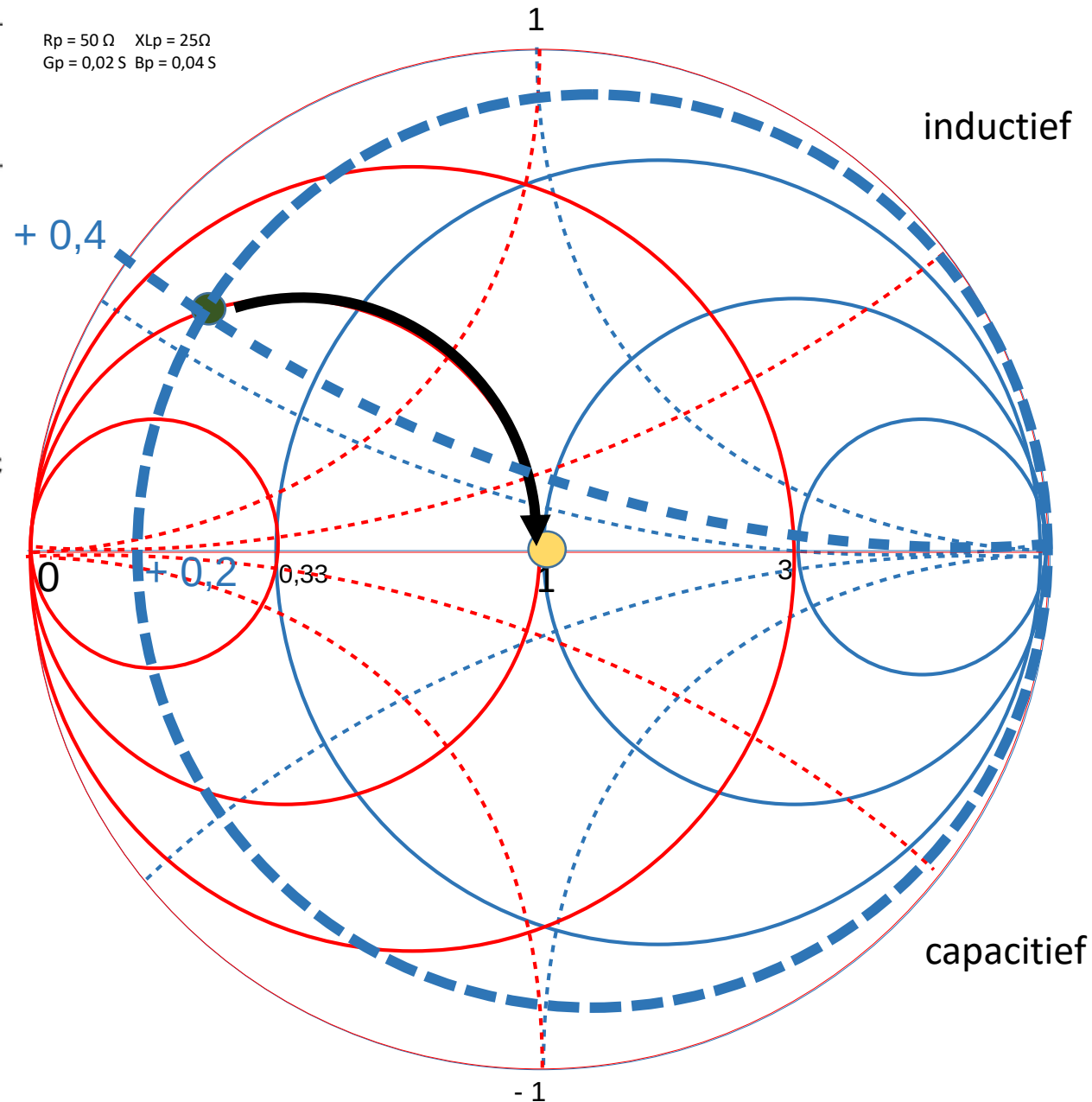
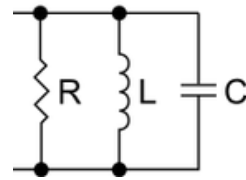
Condensator parallel: Richting capacitef langs de rode geleidingslijnen



We gaan dit aanpassen met een condensator in parallel (toevoegen van capaciteve geleiding)

In de Smith Chart:
Rechtsom over de rode **geleidingslijnen** ('parallel lijnen') richting capaciteve deel van de chart.

We hebben nu met één simpele C parallel $10 + j20$ ohm omgezet naar 50 ohm !



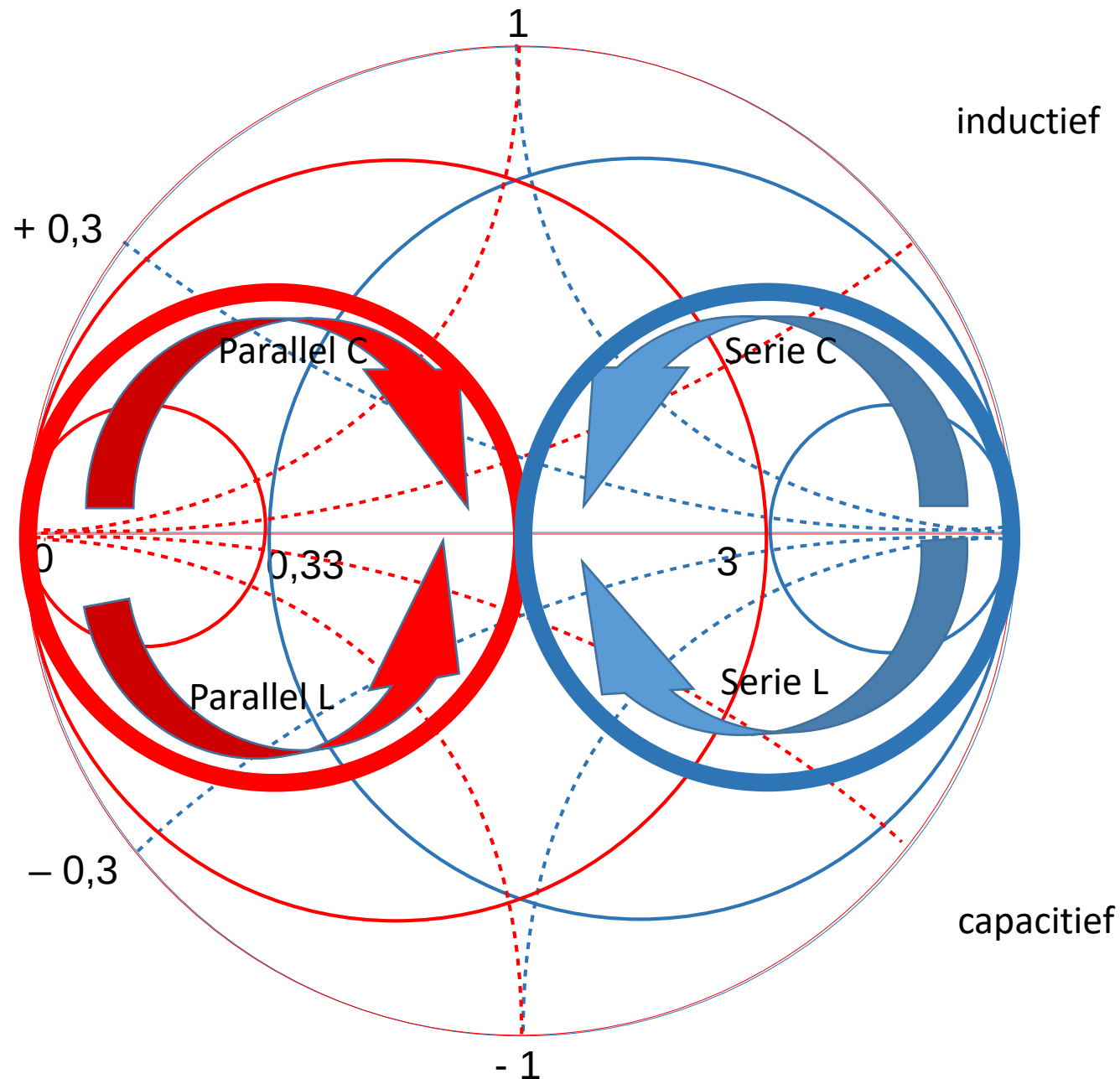
We hebben gezien dat we enkele impedanties konden 'tunen' naar het 50 ohm punt met slechts één enkele condensator.

De andere kant op kan ook.
Met spoelen 'loop' je over de zelfde cirkels...
maar dan **naar boven, richting het inductieve deel.**

Dit is dus eigenlijk simpel....

mits het punt op die cirkels ligt die door het getal 1 (=50 ohm) gaan.

Dit zijn de 50 ohm lijn (blauw) en de $1/50 \text{ ohm} = 20 \text{ milli siemens}$ lijn (rood)



Samenvatting:

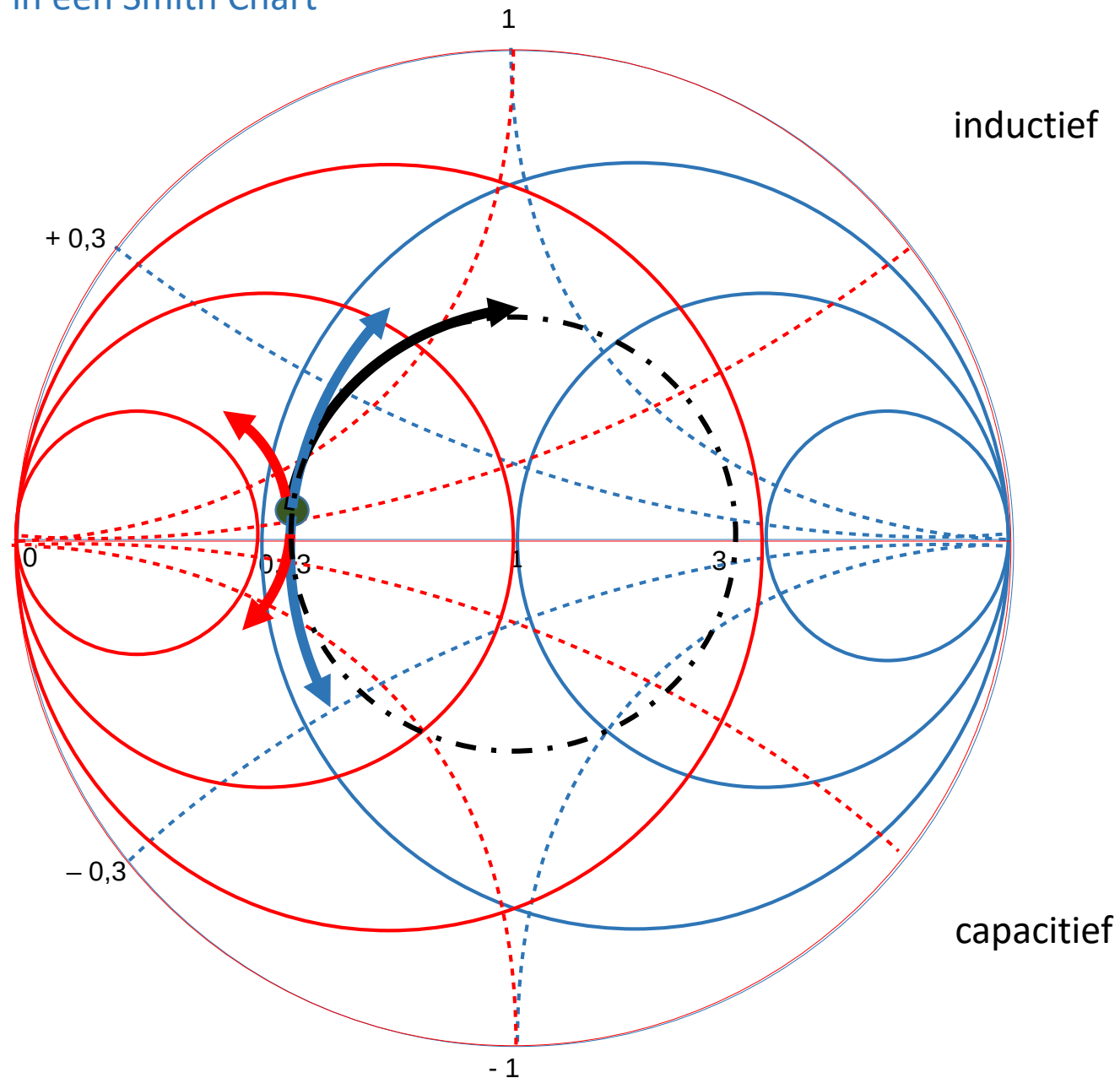
Toevoegen van componenten in een Smith Chart

Gegeven een willekeurige impedantie.

transmissielijn in serie:
Rechtsom over de zgn.
Constante SWR cirkel
(cirkel rond het midden)

Parallel L of C:
Langs de rode
geleidingslijnen

Serie L of C:
Langs de blauwe
weerstandslijnen



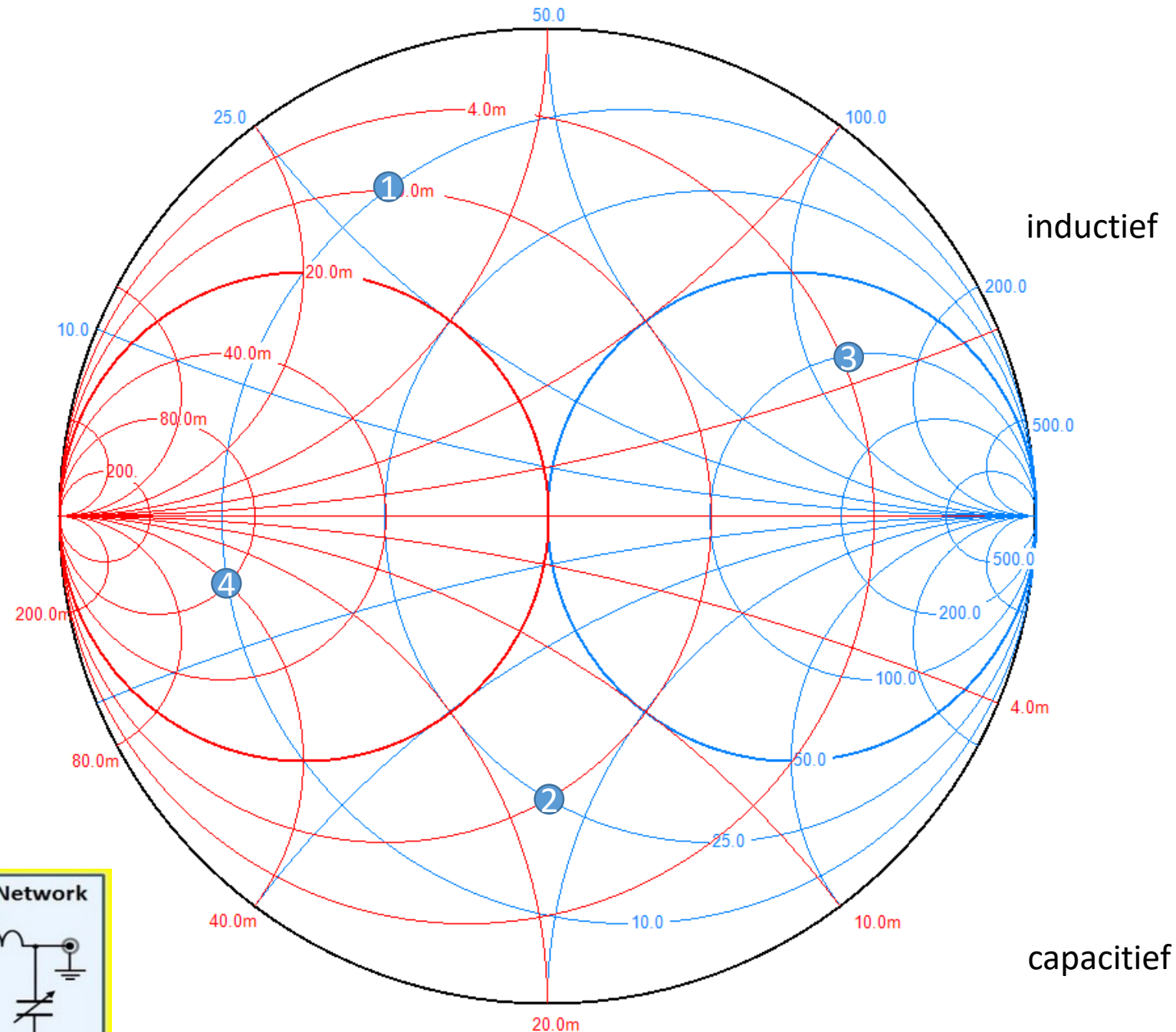
Vraag:

Hoe krijgen we punt
1 t/m 4 naar 50 ohm

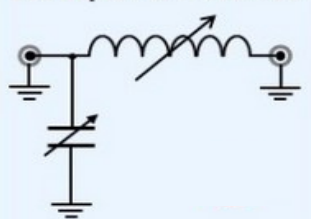
Tip 1:
Zorg dat je eerst op
een van de twee
cirkels door '1' komt.

Tip 2:
Probeer een
Low-Pass
configuratie te krijgen:
serie-L en parallel-C
of
parallel-C en serie-L

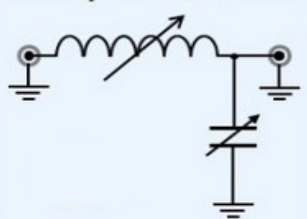
(Dit kan nl. altijd)



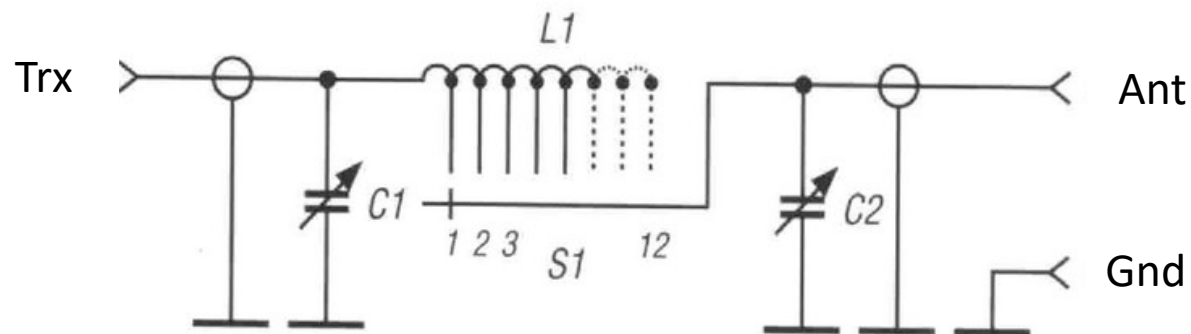
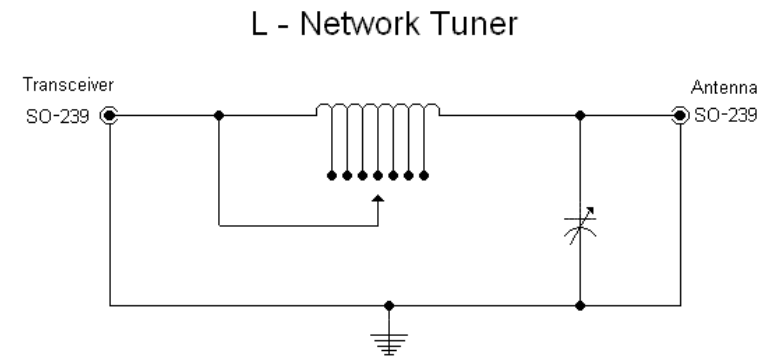
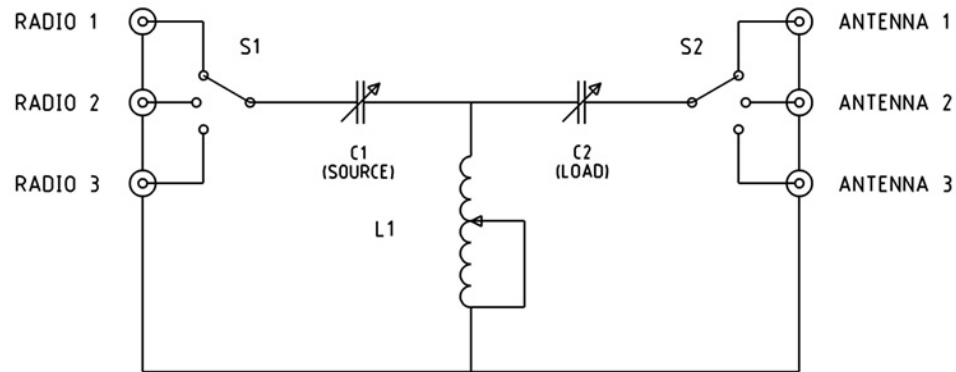
Example: L-Network



Example: L-Network



Verschillende simpele aanpasnetwerken → zgn. Tuners



Oplossing 1

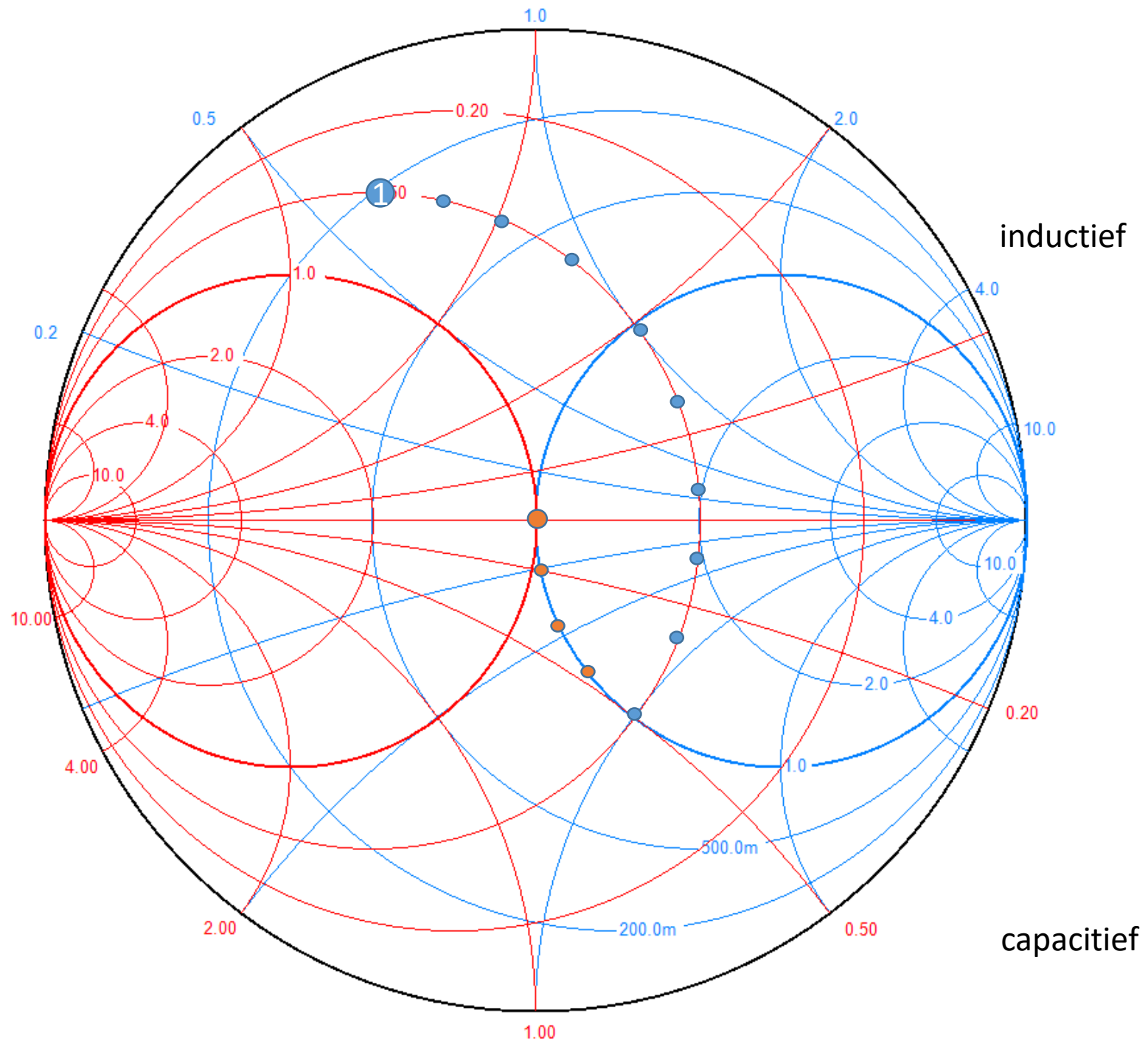
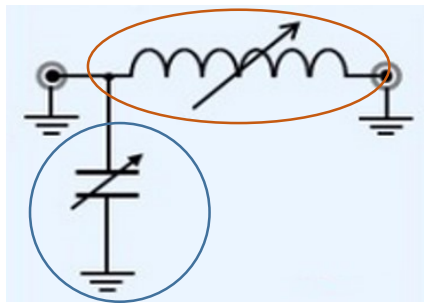
Met **L-netwerk**:

Met Parallel C

En

Serieel L

(in low-pass)



Oplossing 1

Met **PI-netwerk**:

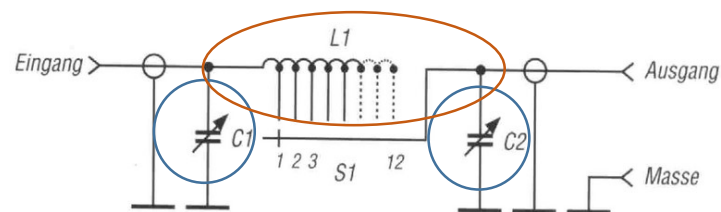
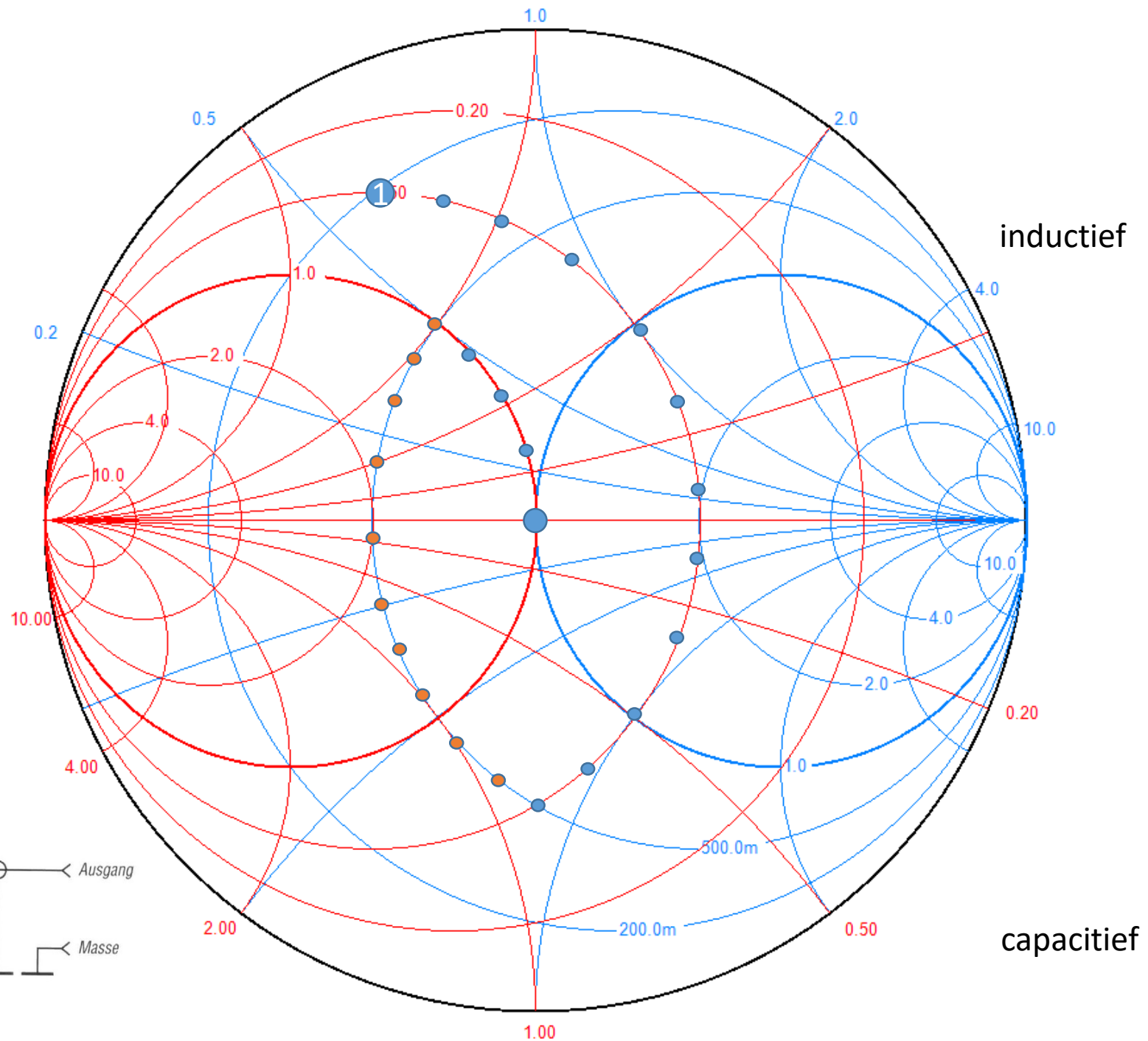
Met **Parallel C**

En

Serieel L

En

Parallel C



Oplossing 1

Met **T-netwerk**:

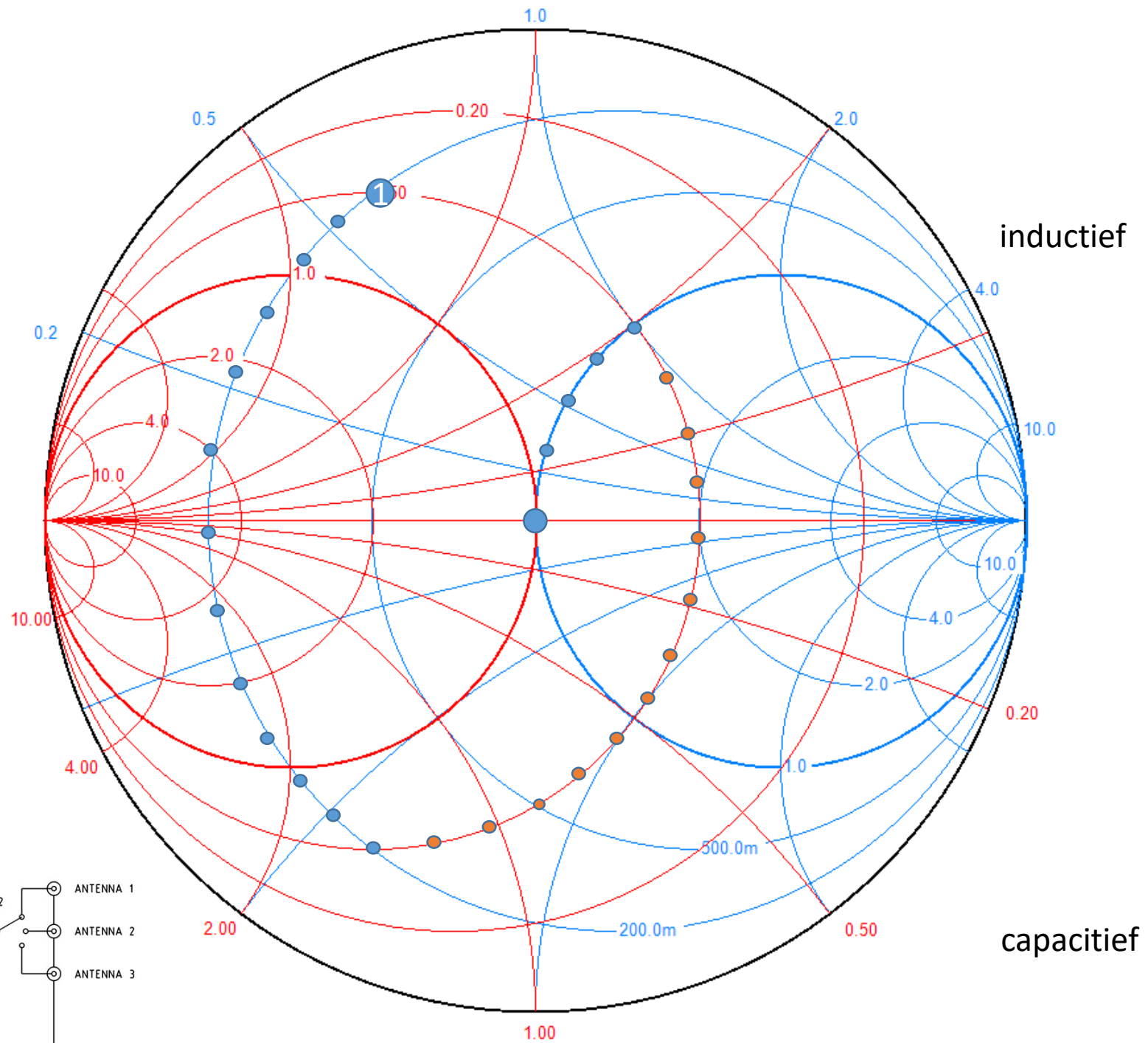
Met **Serie C**

En

Parallel L

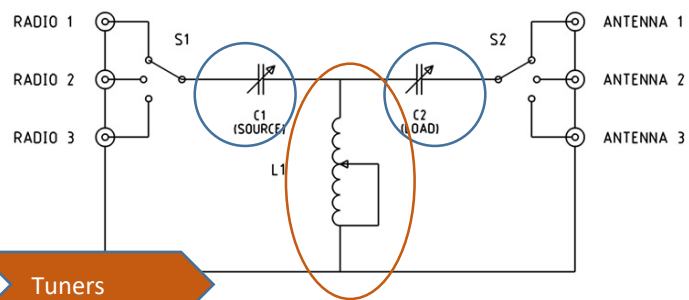
En

Serie C



inductief

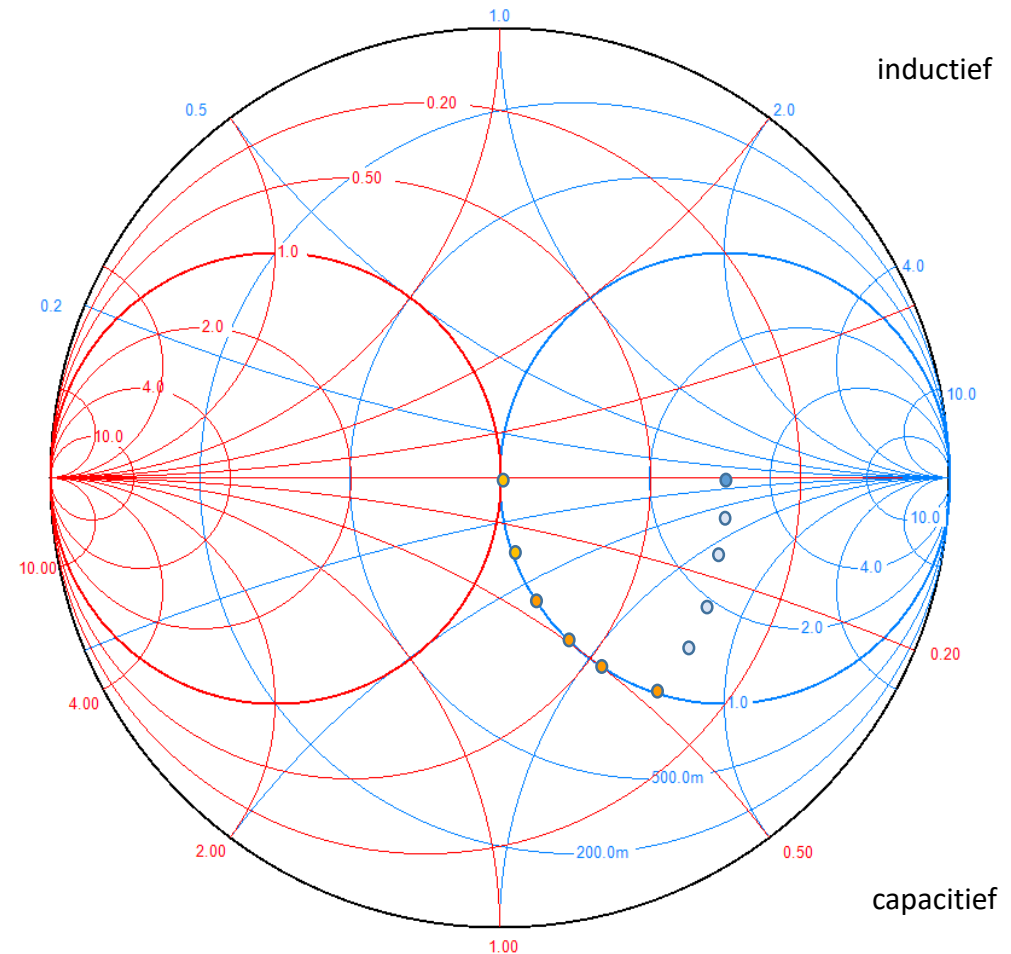
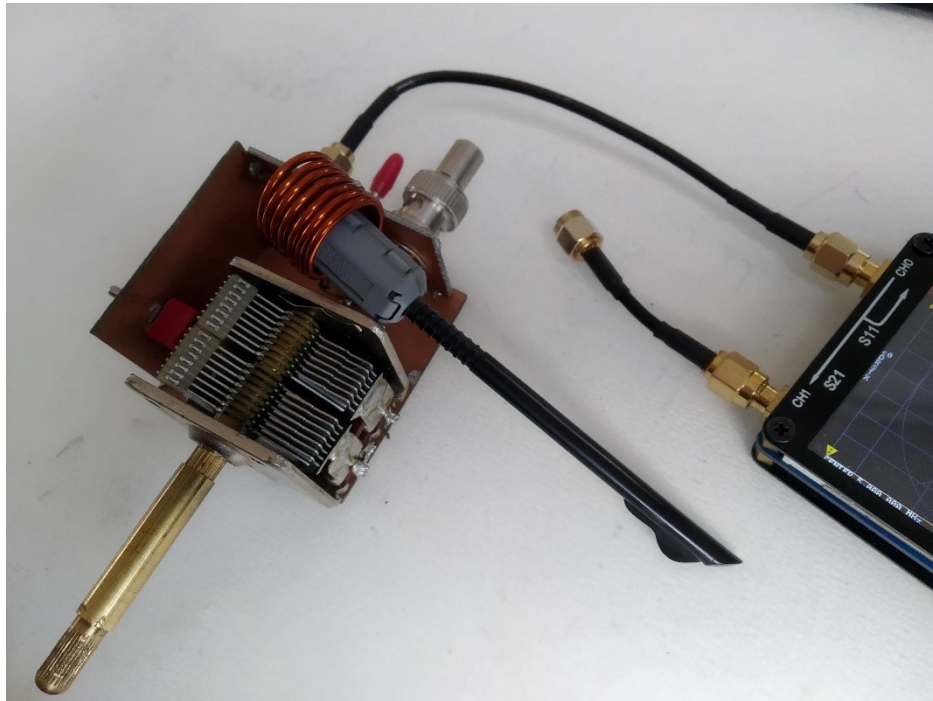
capacitief



Demo

150 ohm (SWR = 3) aanpassen naar 50 ohm (SWR = 1)

m.b.v. tuner met L-netwerk en de nanoVNA



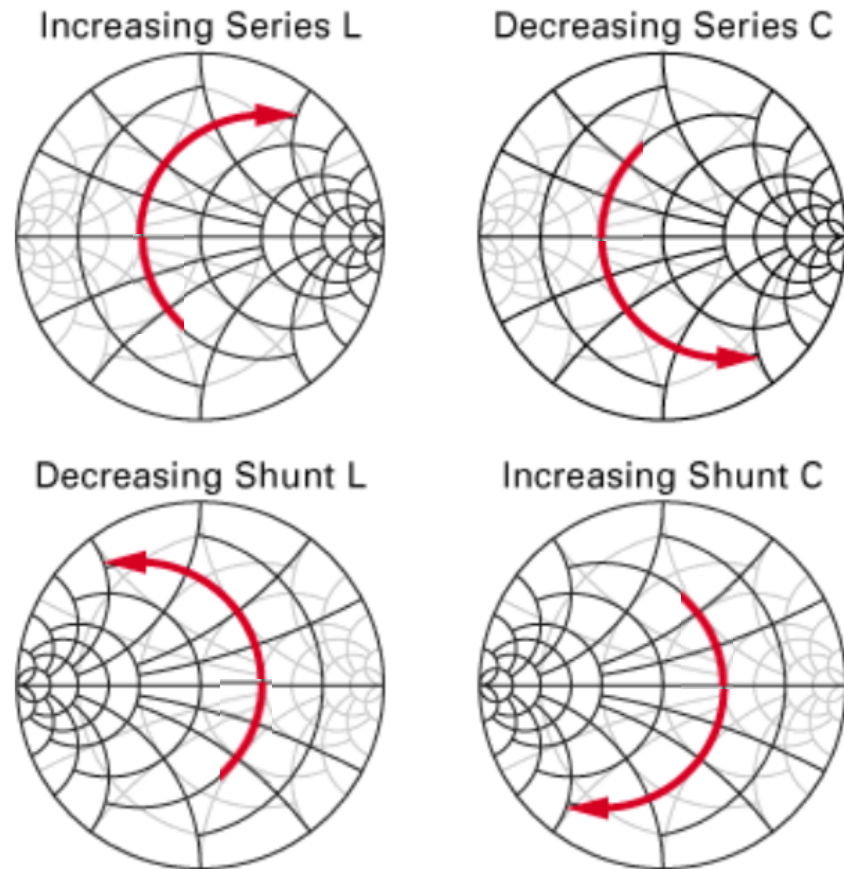
L en C– netwerk

source: certifytech.tripod.com

<http://certifytech.tripod.com/references/electronic/electronics/impedance.html> modified

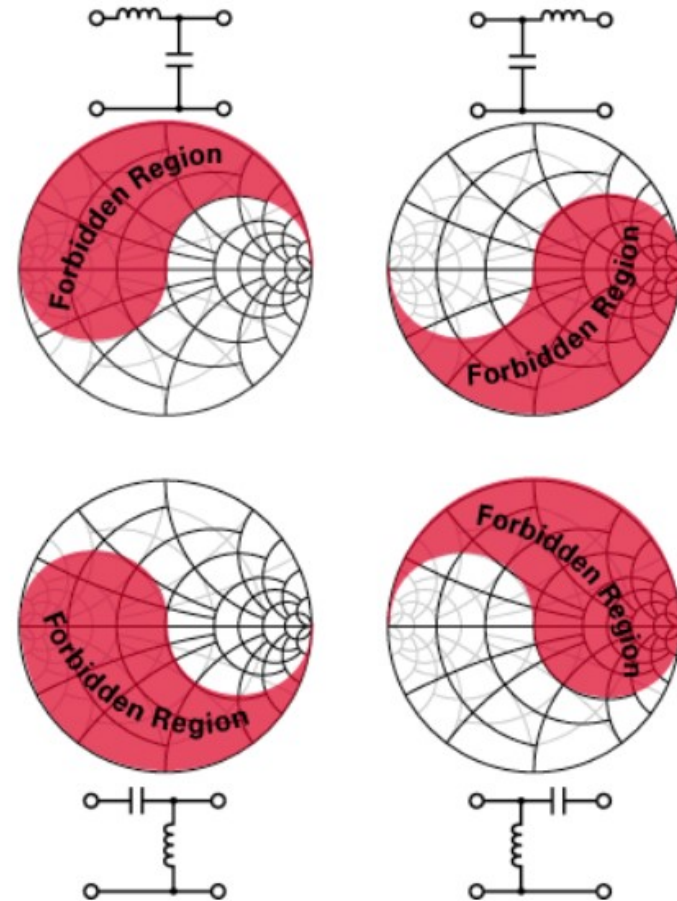
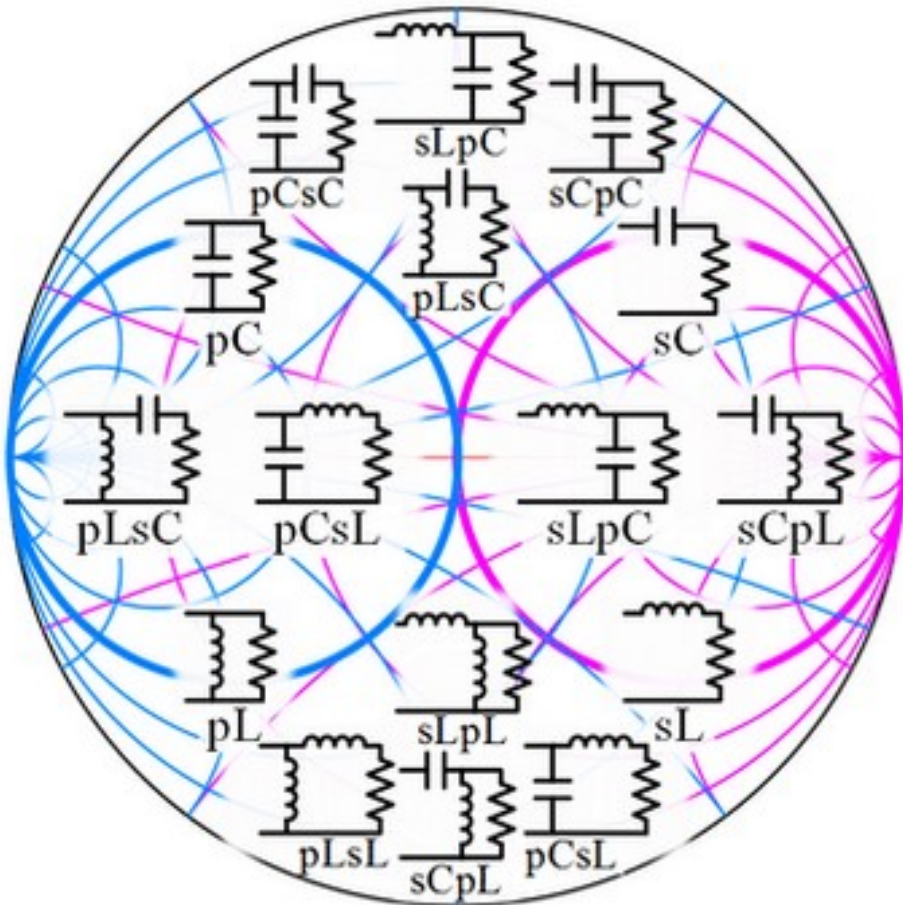
Een waar plaatje echter:

Kans op verwarring is groot
Niet makkelijk te onthouden



Matching met twee componenten

BLIJF WEG BIJ DIT SOORT PLAATJES



Sources:

https://www.researchgate.net/publication/324837507_An_Ultrasonic_Through-Metal-Wall_Power_Transfer_System_with_Regulated_DC_Output

<http://home.sandiego.edu/~ekim/e412f04/e412lab06.pdf>

Online hulpmiddelen

- Website RF mentor:

Account aanmaken op

<https://www.rfmentor.com>

Daarna Smith Chart kiezen

Dit is een goed oefenscherm om te spelen met aanpassen van impedanties.

- Smith Chart software:

- SimSmith: http://www.ae6ty.com/Smith_Charts.html
(Van SimSmith is een prachtige serie tutorials op Youtube)
- Smith: <https://www.fritz.dellsperger.net/smith.html>

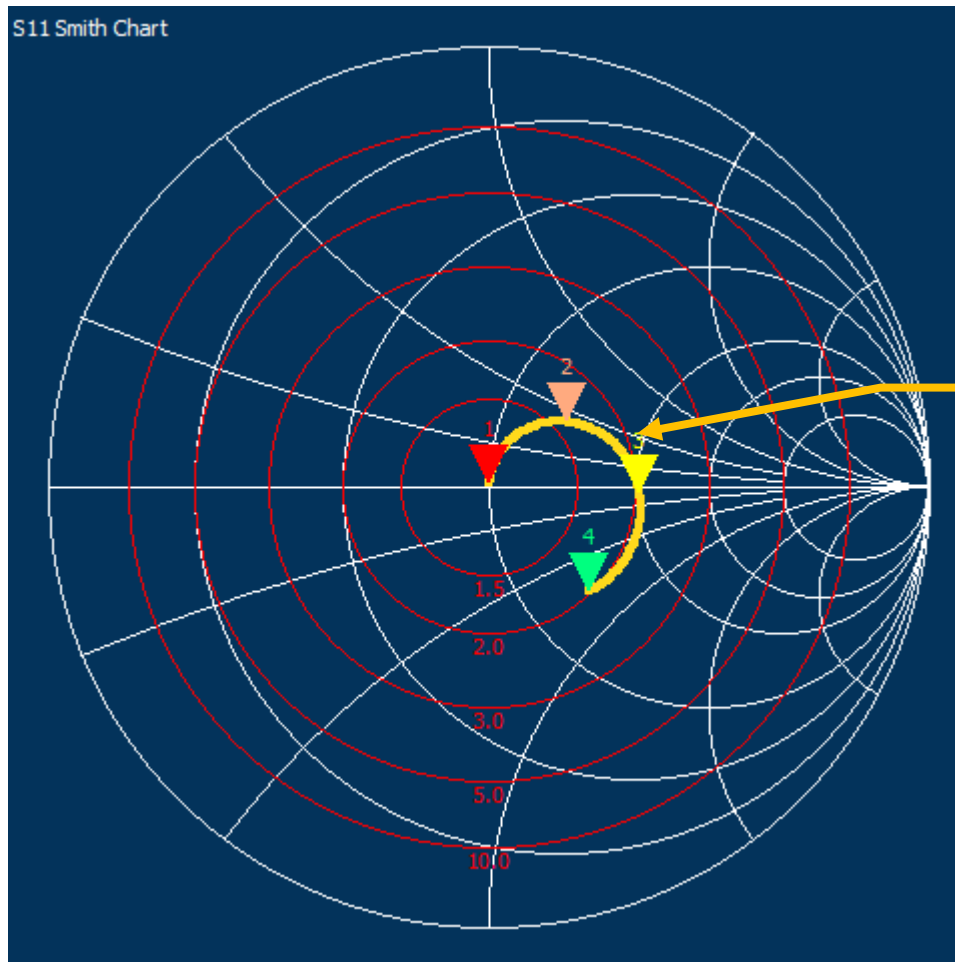
Leuke special case:

Metten van een **50 ohm** weerstand voor frequenties 1 – 150 MHz

Gevalletje van verkeerde coaxkabel aangesloten...

- geen 50 ohm maar **75 ohm** tv coax,
- Ca. 40 cm lang

marker	Freq (MHz)
1	1
2	50
3	100
4	150



- In ideale geval *cirkelvormig* door punten 50 ohm en ca 112 ohm (1/4 golf trafo)
- Lengte variatie: op verschillende frequenties heeft de kabel een andere lengte in graden.
- Iets minder een cirkel door de niet zo ideale wereld
- Geen constante SWR varieert – oscilleert door de 75 ohm kabel

OM MISVERSTANDEN TE VOORKOMEN.

- De Smith Chart is een plot van de gemeten Reflectie Coëfficiënt van een Load die is aangesloten op een transmissielijn. De Smith chart Zo is de Zo van de transmissielijn, in amateurkringen meestal 50 ohm.
- De Reflectie Coëfficiënt is de VERHOUDING tussen **de spanningen** van gereflecteerde signaal van de Load (U_{refl}) en het signaal van de zender dat naar die Load is gestuurd (U_{fwd}).
Deze wordt in formules 'Gamma' (Griekse hoofdletter Γ) genoemd en is gelijk aan U_{refl} / U_{fwd} .
De fasehoek in de chart is het gemeten fase verschil tussen de U_{refl} en U_{fwd} .
- Voor de impedantie cirkels die over de reflectie in de Smith Chart zijn getekend: dit zijn de reflectie veroorzakende impedantiewaarden $R+jX$ voor ieder reflectiepunt in de Smith Chart.

Het is nog maar even benadrukt:

De hoekverdraaiing van de reflectie coëfficiënt in de Smith Chart (verschil tussen twee spanningen) is een andere dan de hoekverdraaiing tussen spanning en stroom door gemeten $R+jX$.

SWR gerelateerde formules

Wat een feest ☺ !

$$SWR = \frac{|V_{\max}|}{|V_{\min}|} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$SWR = \frac{R_L}{R_0} \text{ or } \frac{R_0}{R_L}$$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

Where:

$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}}$$

R_0 = line impedance

R_L = load resistance

$$SWR = \frac{1 + \sqrt{P_r/P_f}}{1 - \sqrt{P_r/P_f}}.$$

satoms.com

BIJLAGE

- NanoVNA Info
- Bronnen

Meer info over metingen met de nanoVNA:
<https://www.pi4dec.nl/downloads/>

nanoVNA info

Goed nanoVNA **manual** (er zijn er meer):

Er zijn er tegenwoordig genoeg, ook als e-book.

Info over de nanoVNA: <https://groups.io/g/nanovna-users/wiki/home>

Pc-software nanovnasaver: <https://github.com/mihtjel/nanovna-saver/releases>

Voor Windows, Linux en Mac OS zie: <https://github.com/mihtjel/nanovna-saver>

STATUS juni 2020

De **nanoVNA-H** (H staat voor 'Hugen') is breed ondersteunde nanoVNA.

Laatste versie is de **nanoVNA-H4**, 4 inch schermversie (\$10 duurder dan de 2.8") met printversie H 3.4 als 'engine' in het RF deel.

Link van de producent: https://www.alibaba.com/product-detail/Original-Hugen-NanoVNA-H4-4-0_62455845943.html?spm=a2700.wholesale.deiletai6.1.14251709KuwRmi

De **nanoVNA-V2** (voorheen Gabriel-versie genoemd) is uit sinds eind februari 2020. Andere hardware layout en andere firmware. En dus ook een heel ander ontwerp. Bereik tot 3 GHz met goede kwaliteit.

Heet tegenwoordig: **S-A-A-2 NanoVNA V2** . Wordt inmiddels ook door Hugen geleverd inclusief batterij e.d.

Link van de producent: https://www.alibaba.com/product-detail/S-A-A-2-NanoVNA-V2_1600053848322.html?spm=a2700.wholesale.deiletai6.10.14251709KuwRmi

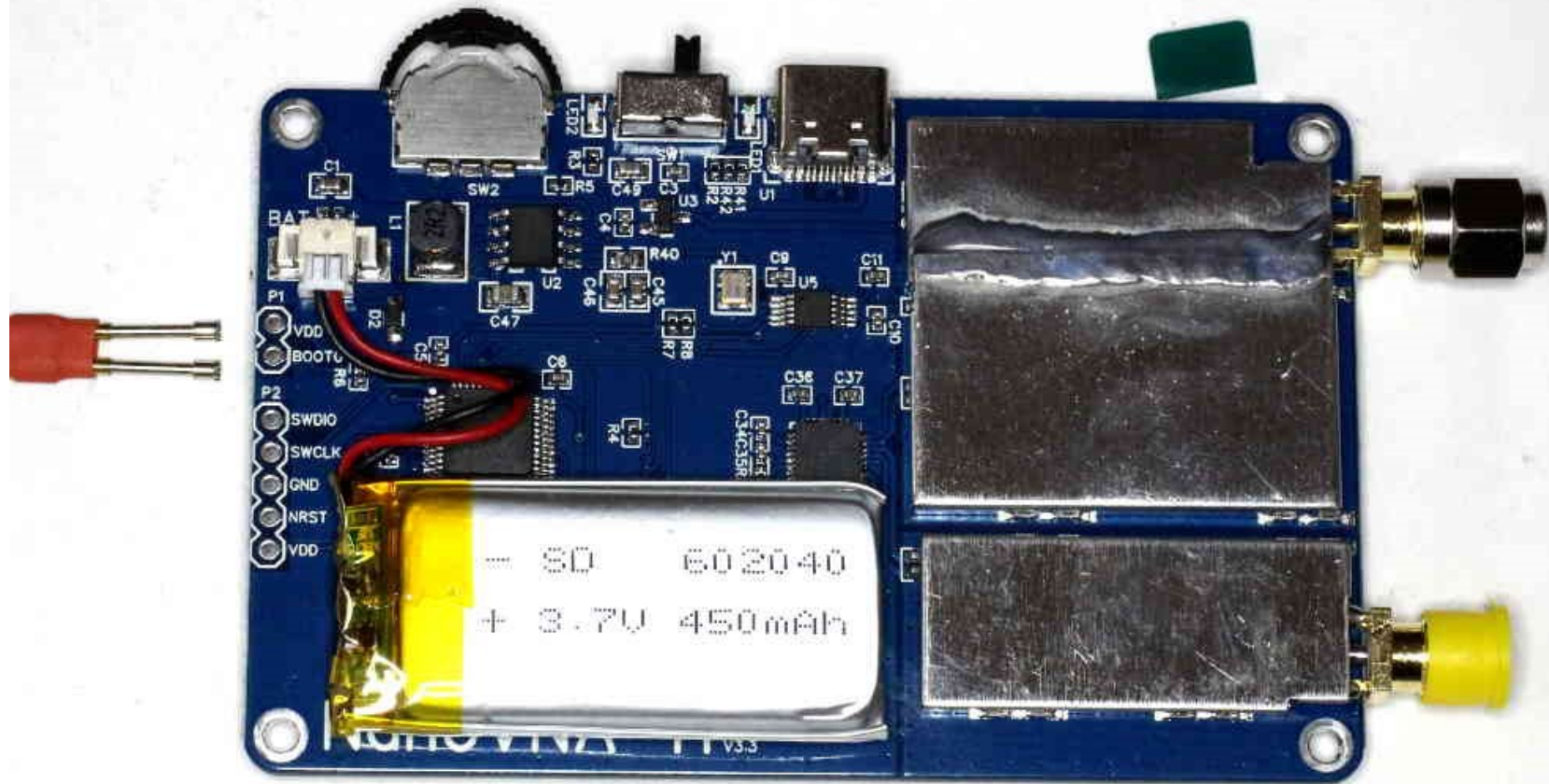
De **nanoVNA-F** is een heel andere versie van de nanoVNA (ander ontwerp van BH5ANU)

nanoVNA-H3 (Hugen) 2,8" scherm laatste printversie 3.4

Measurement frequency: 10KHz -1.5GHz

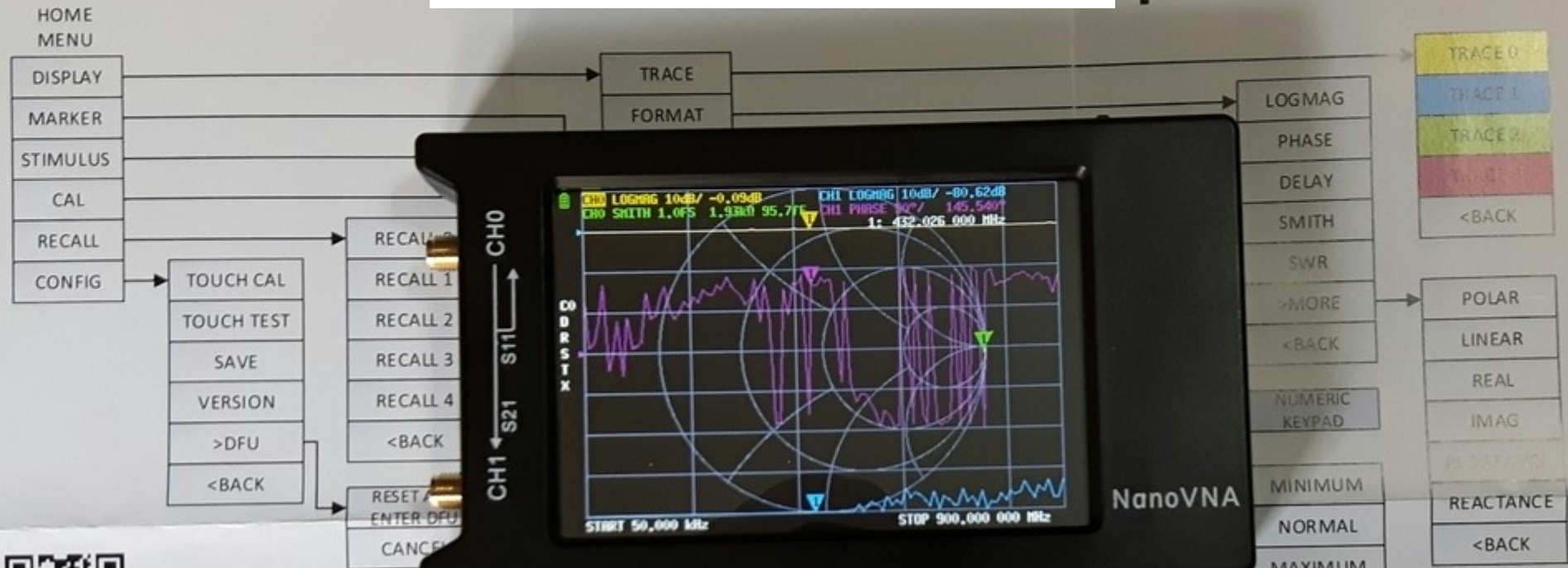
RF output: 0dbm (± 2 dbm)

Measurement range: 70dB (50kHz-300MHz), 60dB (300M-900MHz), 40dB(0.9G-1.5GHz)

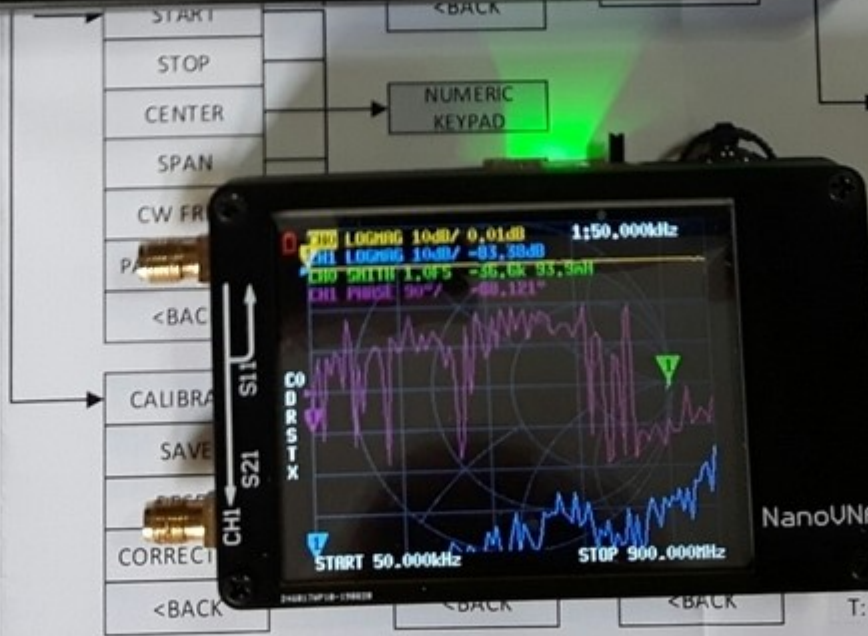
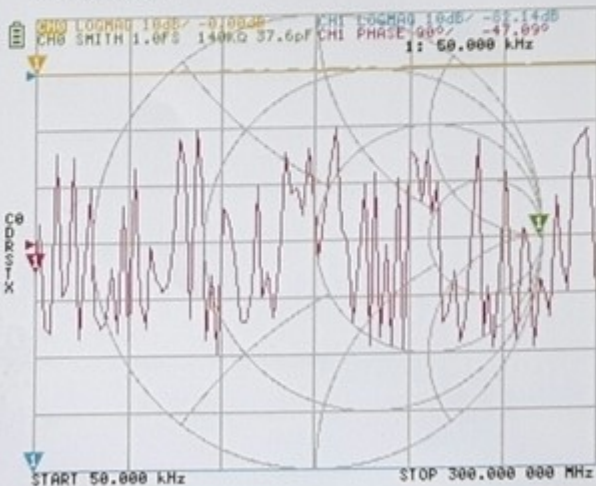


RF-deel is zelfde als 2.8" versie 3.4

NanoVNA 2.8" en 4" (Hugen)



nanovna.com

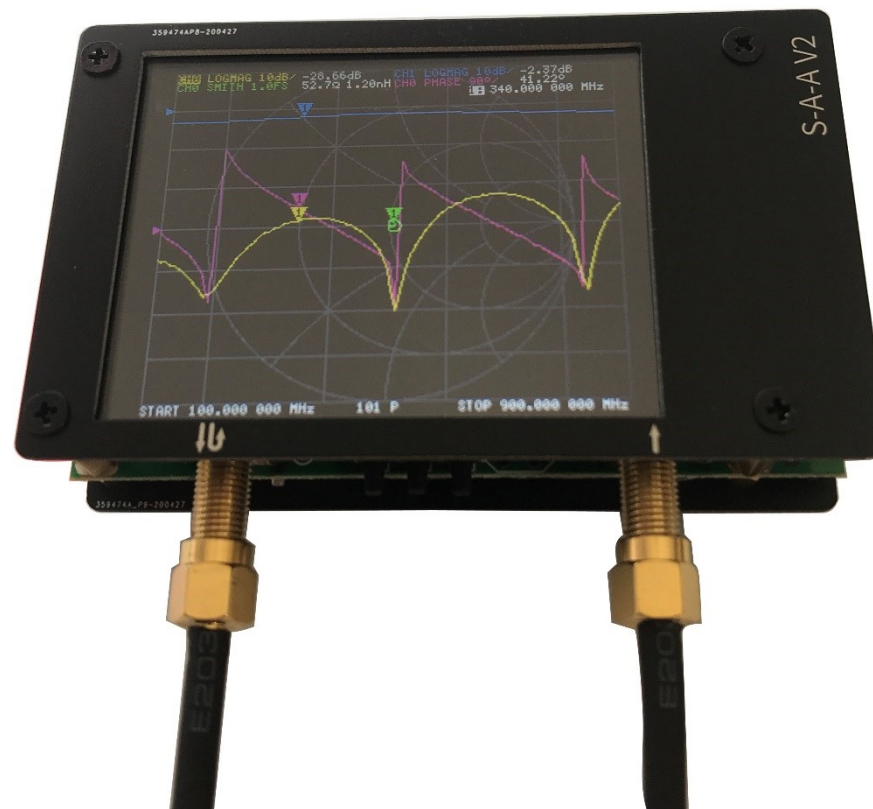


libration is available, the CAL status will be displayed. Otherwise, it is hidden. C* is in the status bar. If an unsaved calibration is applied (it appears from memory when the power is turned off), C0 to C4 indicates that the saved calibration values are applied to one of the save positions. Saved or Unsaved will change when calibration data is properly saved. The letters C0 to C4 indicate that the following error terms have been applied. D: Directivity, S: Source Match, T: Transmission Tracking and X: Isolation.

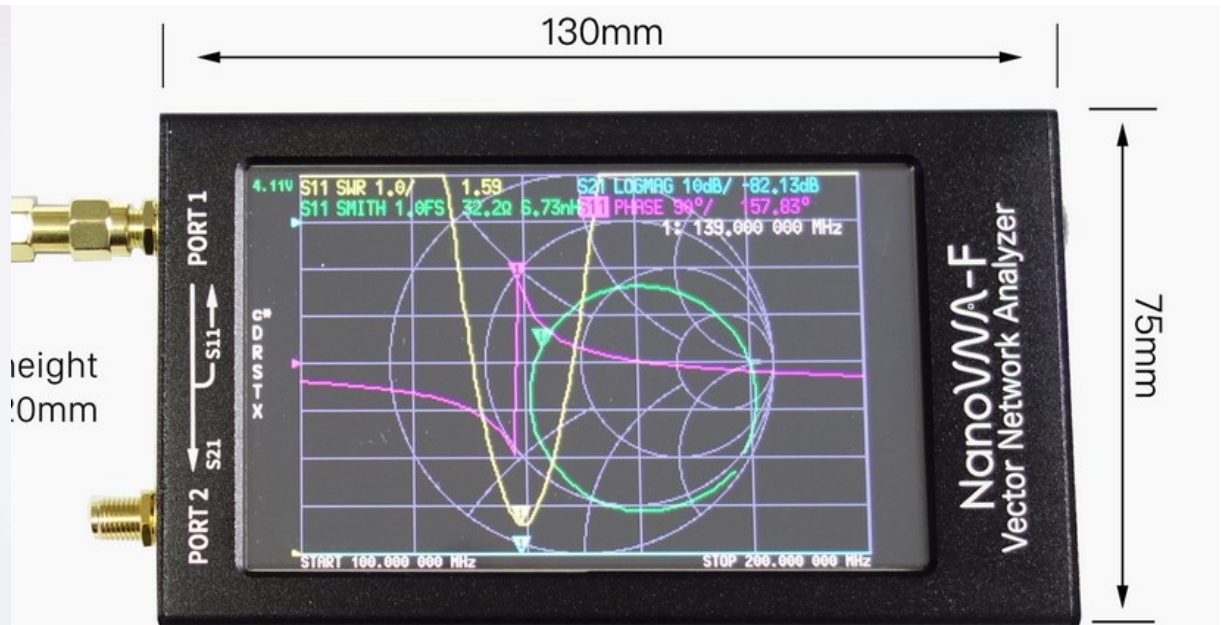
S-A-A-2 NanoVNA V2

Ook gemaakt door Hugen inmiddels

Specs: werkt tot 3GHz, heeft 2.8" scherm



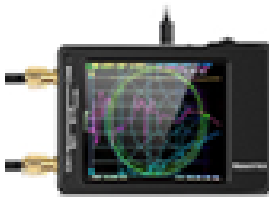
NanoVNA-F (BH5HNU)



	50k~300MHz	300~600MHz	600~1000MHz
S11 Dynamic Range	>60dB	>50dB	>40dB
S11 SWR	<1.005	<1.01	<1.02
S21 Dynamic Range	>70dB	>70dB	>60dB

FX nano



De nano 'familie'					
	Nanovna-V2, S-A-A-2	NanoVNA	NanoVNA-H	NanoVNA-H v3.4	NanoVNA-H4 v4.2
Measurement Frequency	50KHz-3000MHz	50KHz-900MHz	50KHz-900MHz	10KHz-1500MHz	10KHz-1500MHz
Touch Screen	2.8-inch, (320x240)	2.8-inch, (320x240)	2.8-inch, (320x240)	2.8-inch, (320x240)	4.0-inch, (480x320)
Power Supply	Not Incl.	400mAh	450mAh	650mAh	1500mAh
S11	50k-1500M, 50dB 1500-3000M, 40dB	50k-300M, >-60dB 300M-600M, >-50dB 600M-1G, >-40dB	50k-300M, >-60dB 300M-600M, >-50dB 600M-1G, >-40dB	50k-300M, >-60dB 300M-600M, >-50dB 600M-1G, >-40dB	50k-300M, >-60dB 300M-600M, >-50dB 600M-1G, >-40dB
VSWR	50k-300M, <1.005 300M-600M, <1.01 600M-1G, <1.02	50k-300M, <1.005 300M-600M, <1.01 600M-1G, <1.02	50k-300M, <1.005 300M-600M, <1.01 600M-1G, <1.02	50k-300M, <1.005 300M-600M, <1.01 600M-1G, <1.02	50k-300M, <1.005 300M-600M, <1.01 600M-1G, <1.02
S21	50k-1500M, 70dB 1500-3000M, 60dB	50k-300M, >-70dB 300M-600M, >-50dB 600M-900, >-40dB	50k-300M, >-70dB 300M-600M, >-50dB 600M-1G, >-40dB	50k-300M, >-70dB 300M-900M, >-60dB 900M-1.5G, >-40dB	50k-300M, >-70dB 300M-900M, >-60dB 900M-1.5G, >-40dB
Frequency Accuracy	Not Specified				<0.5ppm
RF Output	Not Specified	-13dbm (max -9dbm)	-13dbm (max -9dbm)	0dbm (±2dbm)	0dbm (±2dbm)
TDR	✓ *Latest Version	✓ *Latest Version	✓ *Latest Version	✓	✓
Screen Capture	x	✓	✓	✓	✓
Case Shell	✓ *Metal	x	✓ *ABS Plastic	✓ *ABS Plastic	✓ *ABS Plastic
Price	~\$120.00 usd	~\$40.00 usd	~\$40.00 usd	~\$50.00 usd	~\$60.00 usd

Opsteller: Herb Walker

Bronnen:

Plaatjes van de Smith Chart:

<http://certifytech.tripod.com/references/electronic/electronics/impedance.html>

https://www.researchgate.net/publication/324837507_An_Ultrasonic_Through-Metal-Wall_Power_Transfer_System_with_Regulated_DC_Output

<http://www.excelhero.com/blog/2010/08/excel-high-precision-engineering-chart-1.html>

<http://home.sandiego.edu/~ekim/e412f04/e412lab06.pdf>

Informatie:

<https://Smithchart.org>

Software, tevens plaatjes van de Smith Chart:

<https://www.fritz.dellsperger.net/smith.html> (Smith V4.1 , trial versie)

<https://github.com/mihtjel/nanovna-saver/releases> (nanovnasaver v0.2.1)