Rekenen met S1P en S2P Files

door Arie Kleingeld PA3A

S21 naar Z = R+jX en v.v. (S2Z en Z2S) t.b.v. hoge Z-waarden

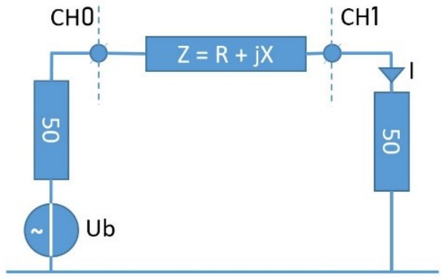
S21 naar Z = R+jX (S2Z) t.b.v. lage Z-waarden

S11 naar Z = R+jX en v.v. (S2Z en Z2S)

Zs = Rs + jXs omrekenen naar parallelschakeling Rp en jXp en v.v.

S21 naar Z = R+jX en v.v. (S2Z en Z2S) voor hoge Z-waarden

S2Z: van demping (of Gain) in de nanoVNA S21 naar Z = R + jX



Kalibratiestroom met kortsluiting: $I_0 = \frac{Ub}{100}$

Met Belasting Z: $I_Z = \frac{Ub}{100+R+jX}$ (gedempte stroom)

S21 = Re(S11) + j Im(S11) = Demping D = Dr + j Di

$Dr + j\,Di = \frac{Iz}{I0} = \frac{100}{R + 100 + jX} = \frac{100}{Rt + jX}$ (Rt = R + 100)

$$Rt + jX = \frac{100}{Dr + jDi}$$

$$Rt + jX = \frac{100(Dr - jDi)}{Dr^2 + Di^2}$$

Splits nu het reële deel en het imaginaire deel

R uitwerking	X uitwerking
$Rt = \frac{100Dr}{Dr^2 + Di^2}$ $R = \frac{100Dr}{Dr^2 + Di^2} - 100$	$X = -\frac{100Di}{Dr + Di^2}$

Z2S: van Z = R+jX terug naar S21

$$Dr + jDi = \frac{100}{Rt + jX}$$

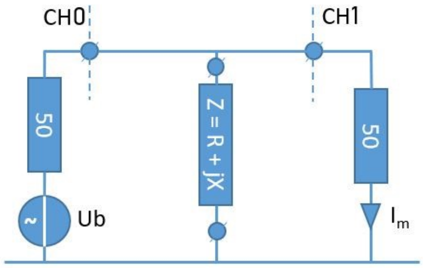
$$Dr + jDi = \frac{100Rt - 100jX}{Rt^2 + X^2}$$

Splits nu het reële deel en het imaginaire deel

Dr uitwerking = Re(S21)	X uitwerking = Im(S21)
$Dr = \frac{100Rt}{Rt^2 + X^2}$ $Dr = \frac{100(\mathrm{R} + 100)}{(R + 100)^2 + X^2}$	$Di = -\frac{100X}{Rt^2 + X^2}$ $Di = -\frac{100X}{(R + 100)^2 + X^2}$

S21 naar Z = R+jX (S2Z) voor lage Z-waarden

S2Z: van demping (of Gain) in de nanoVNA S21 naar Z = R + jX waarbij Z parallel staat met CH1.



Kalibratiestroom zonder aangesloten Z: $I_0 = \frac{Ub}{100}$

Sluiten we Z aan parallel aan CH1 dan:

$$Im = \frac{Z}{Z+50} * \frac{Ub}{50 + \left(\frac{50Z}{Z+50}\right)}$$

$$Im = Ub * \frac{Z}{100Z + 2500}$$

Demping D (= S21) = $Dr + jDi = \frac{Im}{Io}$

$$D = \left(\frac{\frac{Z}{100Z+2500}}{\frac{1}{100}}\right) = \frac{Z}{Z+25}$$

$$Dr + jDi = \frac{R + jX}{R + 25 + jX}$$

$$RDr + 25Dr + jDrX + jDiR + 25jDi - DiX - R - jX = 0 + j0$$

Reëel en Imaginair uitwerken

$R(Dr-1) - DiX + 25Dr = 0$	$j(DrX + DiR + 25Di - X) = 0$
	$X(1-Dr) = Di(Dr+25)$
$R(Dr-1) - Di^2\frac{Dr+25}{1-Dr} + 25Dr$ ←	$X = \frac{Di(Dr+25)}{1-Dr}$
$R = -\frac{Di^2(Dr+25)}{(1-Dr)^2} - \frac{25Dr}{Dr-1})$	$X = \frac{Di(Dr+25)}{1-Dr}$

S11 naar Z = R+jX en v.v. (S2Z en Z2S)

Z2S:

$$S11 = \frac{Z - Zo}{Z + Zo}$$

$$S11 = Sr + jSi = \frac{R + jX - 50}{R + jX + 50}$$

$$Sr + jSi = \frac{(R - 50) + jX}{(R + 50) + jX}$$

$$Sr + jSi = \frac{[(R + 50) - jX][(R - 50) + jX]}{(R + 50)^2 + X^2}$$

$$Sr + jSi = \frac{(R + 50)(R - 50) + X^2}{(R + 50)^2 + X^2} + \frac{100jX}{(R + 50)^2 + X^2}$$

$Sr = \frac{R^2 - 2500 + X^2}{(R + 50)^2 + X^2}$	$Si = \frac{100X}{(R + 50)^2 + X^2}$

S2Z:

$$\frac{Z}{Zo} = \frac{1 + S11}{1 - S11}$$

$$Z = 50\left(\frac{1 + Sr + jSi}{1 - Sr - jSi}\right)$$

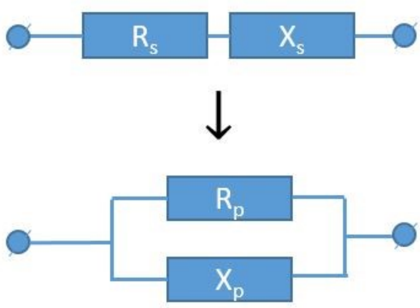
$$R + jX = 50\frac{\left((1 + Sr + jSi)(1 - Sr + jSi)\right)}{(1 - Sr)^2 + Si^2}$$

$$R + jX = 50\frac{1 - Sr + jSi - Sr^2 + Sr + jSiSr + jSi - jSiSr - Si^2}{(1 - Sr)^2 + Si^2}$$

$$R + jX = 50\left(\frac{1 - (Si^2 + Sr^2) + 2jSi}{(1 - Sr)^2 + Si^2}\right)$$

$Rs = 50\frac{1 - (Si^2 + Sr^2)}{(1 - Sr)^2 + Si^2}$	$Xs = \frac{100Si}{(1 - Sr)^2 + Si^2}$

Zs = Rs + jXs omrekenen naar parallelschakeling Rp en jXp en v.v.



$$Zs = Rs + jXs$$

$$Ys = \frac{1}{Rs + jXs}$$

$$Ys = \frac{Rs - jXs}{Rs^2 + Xs^2}$$

$$Ys = \frac{Rs}{Rs^2 + Ys^2} - \frac{jXs}{Rs^2 + Xs^2}$$

$$Yp = \frac{1}{Rp} + \frac{1}{jXp}$$

$Rp = \frac{Rs^2 + Xs^2}{Rs}$	$jXp = \frac{Rs^2 + Xs^2}{-jXs}$
$Rp = \frac{Xs^2}{Rs} + Rs$	$Xp = \frac{Rs^2}{Xs} + Xs$

$$Zp = \frac{jRpXp}{Rp + jXp}$$

$$Zp = \frac{jRpXp(Rp - jXp)}{Rp^2 + Xp^2}$$

$$Zp = \frac{RXp^2}{Rp^2 + Xp^2} + \frac{jRp^2Xp}{Rp^2 + Xp^2}$$

$$Zs = Rs + jXs$$

$Rs = \frac{RpXp^2}{Rp^2 + Xp^2}$	$Xs = \frac{Rp^2Xp}{Rp^2 + Xp^2}$

Arie Kleingeld, PA3A

september 2020