HFT 56, Tentamen i högfrekvensteknik, EEM021
2017-01-14 i H-sallar. Längd: 4 timmar.

Tillåtna hjälpmedel:	Beta, Physics Handbook, valfri kalkylator, formelsamling i Elektromagnetisk fältteori av Eva Palmgren, egna anteckningar i formelsamlingen och på ett ensidigt A4 blad (dock inte lösningar till uppgifter)
Frågor uppg 1-6	Vincent Desmaris, tel ankn. 1846
Frågor uppg 7	Hand Hjelmgren, tel ankn. 0705201346
Resultatet	Anslås på kursens hemsida
Granskning	Sker på tid och plats som anges på kurshemsida
Betygsgränser	Med minst 30% av poängen för de 4 olika delarna, samt 24p för betyg 3, 36p för betyg 4 och 48p för betyg 5.
Observera	Omotiverade lösningar kan ge poängavdrag!

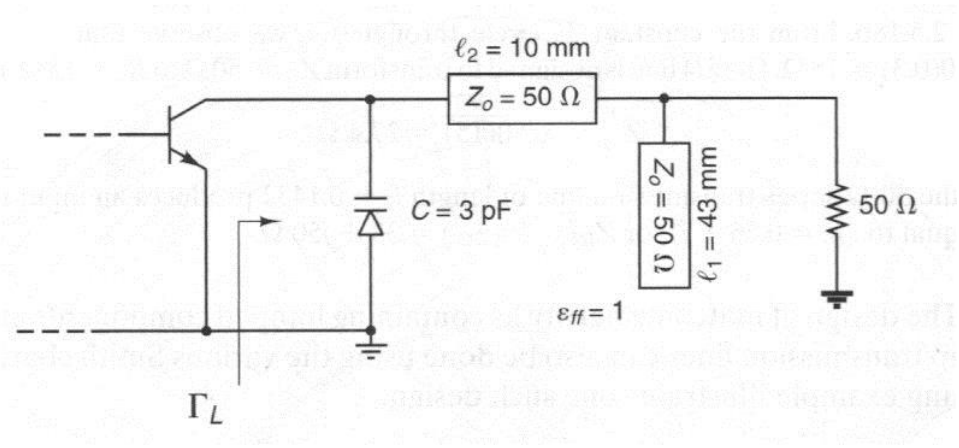
Duggadelen

Poängen på uppgift 1 kan ersättas med resultatet på första uppgiften på duggan.
Poängen på uppgift 2 kan ersättas med resultatet på andra uppgiften på duggan.
Poängen på uppgift 7 kan ersättas med resultatet på tredje uppgiften på duggan.

Transmissionsledning (10p):

<u>Uppgift 1 (10p):</u>

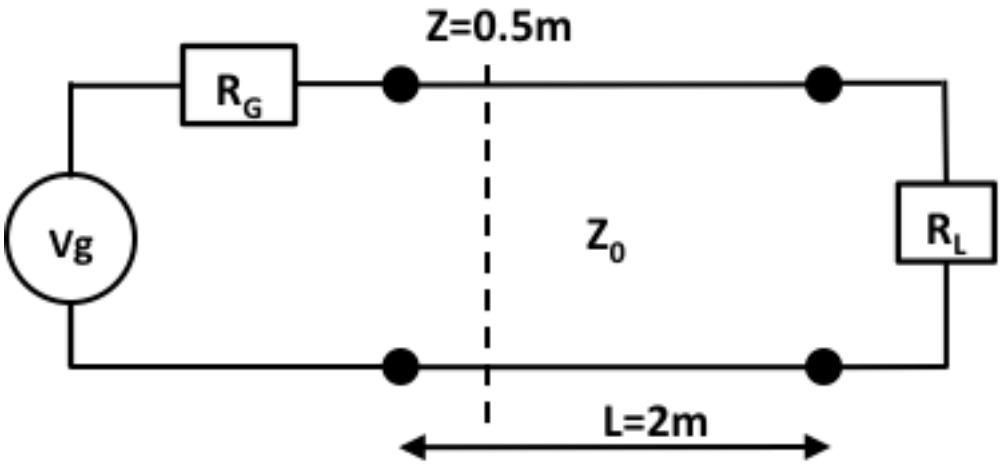
En oscillator ska designas för frekvensen 2.5 GHz. För detta används en transistor med ett utgångmatchingsnät som innehåller transmissionsledningar och en varaktordiod enligt figuren nedan. Varaktordioden biaseras på ett sådan sätt att den motsvarar (är lika med) en kondensator på 3 pF.



Beräkna, endast med hjälp av Smithdiagrammet, vilken reflektionsfaktor (Γ_L) transistorn ser på utgången?

Uppgift 2 (7p):

En 2 meter förlustfri transmissionsledning med karakteristisk impedans Z_0=50Ω med våghastighet 2c/3 ansluter en last (R_L= 200 Ω) till en ***pulsgenerator*** med intern resistans R_G=100 Ω. Generatorn slås på vid t=0 och genererar en 1ns puls med amplitud1V.



a) Rita spänningen vid z=0.5m för 0<t<40ns
b) Rita spänningen på linjen för t=20,5 ns.

Vågledare:

Uppgift 3 (7p):

En cirkulär vågledare och en rektangulär (2b>a) vågledare har samma brytfrekvens för sina respektive dominanta moder. Dessutom har de också samma brytfrekvens för sina respektive nästkommande moder.

Vad är kvoten mellan deras geometriska tvärsnitt?

Uppgift 4 (10p):

En signal utbreder sig, i z-riktningen, i en förlustfri dielektrisk fylld (ε_r=4) vågledare med tvärsnitt a=5 cm x b=3 cm. Det elektriska fältet i utbredningsriktningen ges av:

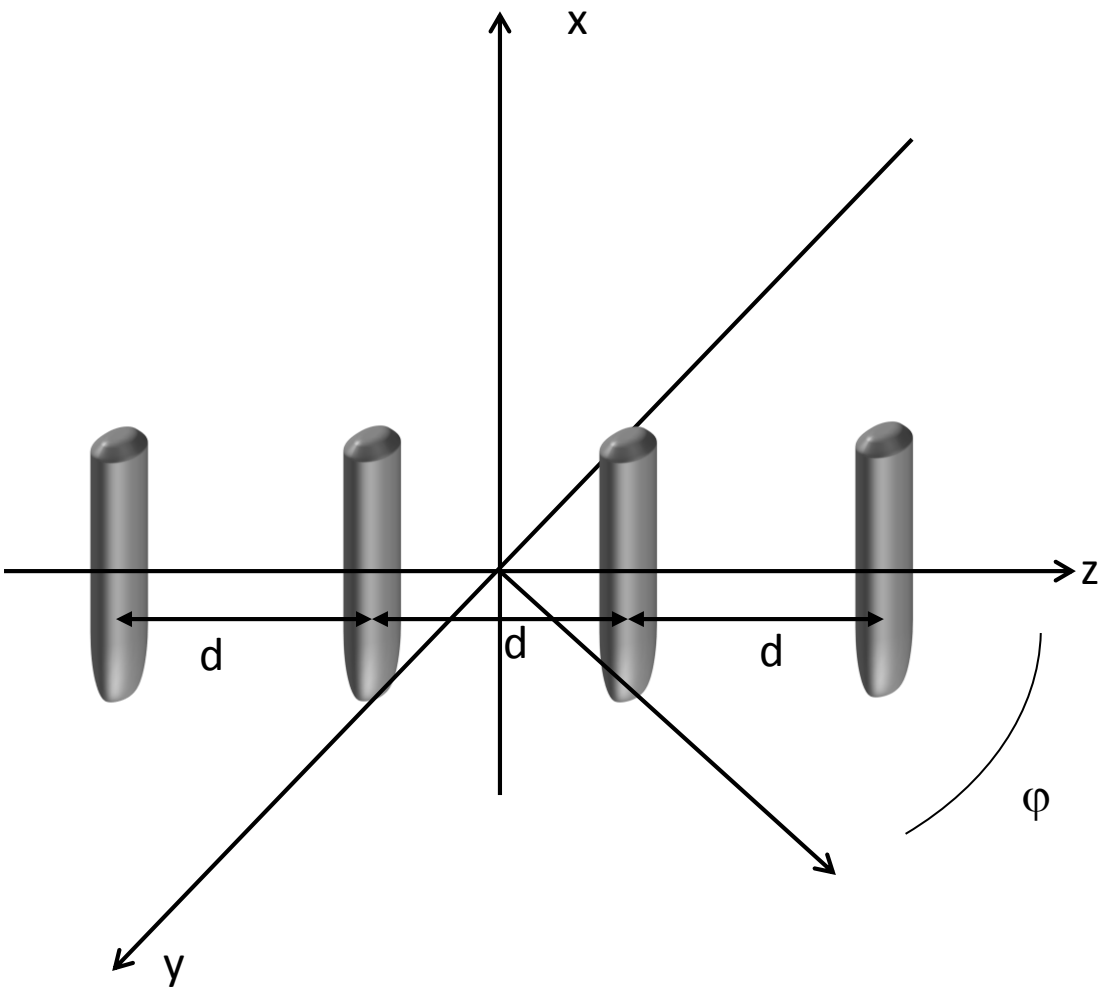
$$E_z = 2sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) sin\left(\frac{3\pi y}{b}\right) cos(\pi * 10^{11} t - \beta z) \text{ V/m}$$

a) Beräkna brytfrekvensen för moden som utbreder sig.
b) Beräkna faskonstanten.
c) Vad är grupphastigheten?
d) Vad är dämpkonstanten?

Antenner:

Uppgift 5 (10p):

En linjär gruppantenn består av 4 halvdipol antenner, linjerad längst z-axeln enligt figuren nedan. Avståndet mellan antennerna är d=λ/2.



a) Beräkna fasskillnaden mellan konsekutiva antenner för att gruppantennen skall vara en endfire gruppantenn?

b) I vilken riktning strålar gruppantennen ingen signal?

Uppgift 6 (6p):

Proxima Centauri är en den närmaste stjärnan till solen och befinner sig ungefär 4.25 ljusår från jorden. Genom att anta att stjärnan strålar ut som en svart-kropp, beräknar amatörastronom Sascha att stjärnan strålar ut $5{,}32 \cdot 10^{23}$ W vid 1 THz.
Sascha planerar att observera strålningen från stjärnan vid 1THz med hjälp av sitt teleskop utrustad med en antenn med 60 dB förstärkning och en mottagare.

Beräkna vilken är det högsta brusgolvet, som Sascha kan tolerera i mottagaren för att genomföra sina observationer av Proxima Centauri med minst 20 dB signal-till-brus förhållande.

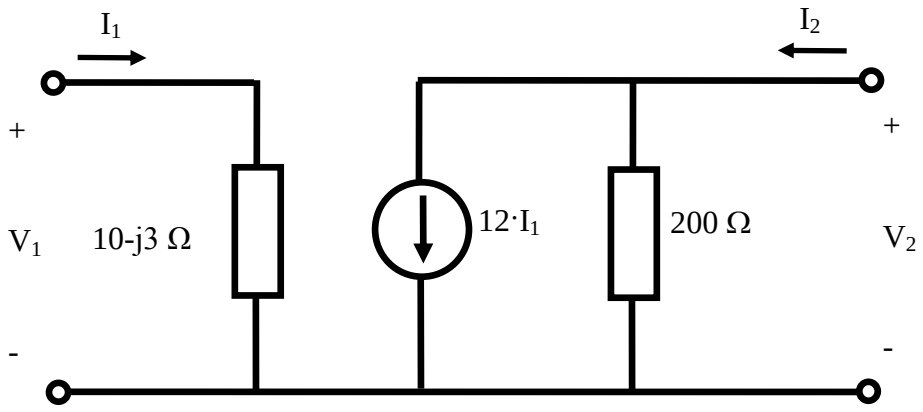
Uppgift 7 (10p):

Ett ekvivalent småsignal-schema för en bipolär transistor för en specifik arbetspunkt och frekvens visas nedan, tillsammans med definitionen av hybrid-parametrar.

a) (4p) Bestäm hybridparametrarna för tvåporten.

b) (4p) Beräkna Reflektionskoefficienten på ingången i polära koordinater om vi ansluter en 50 Ω kabel på ingången.

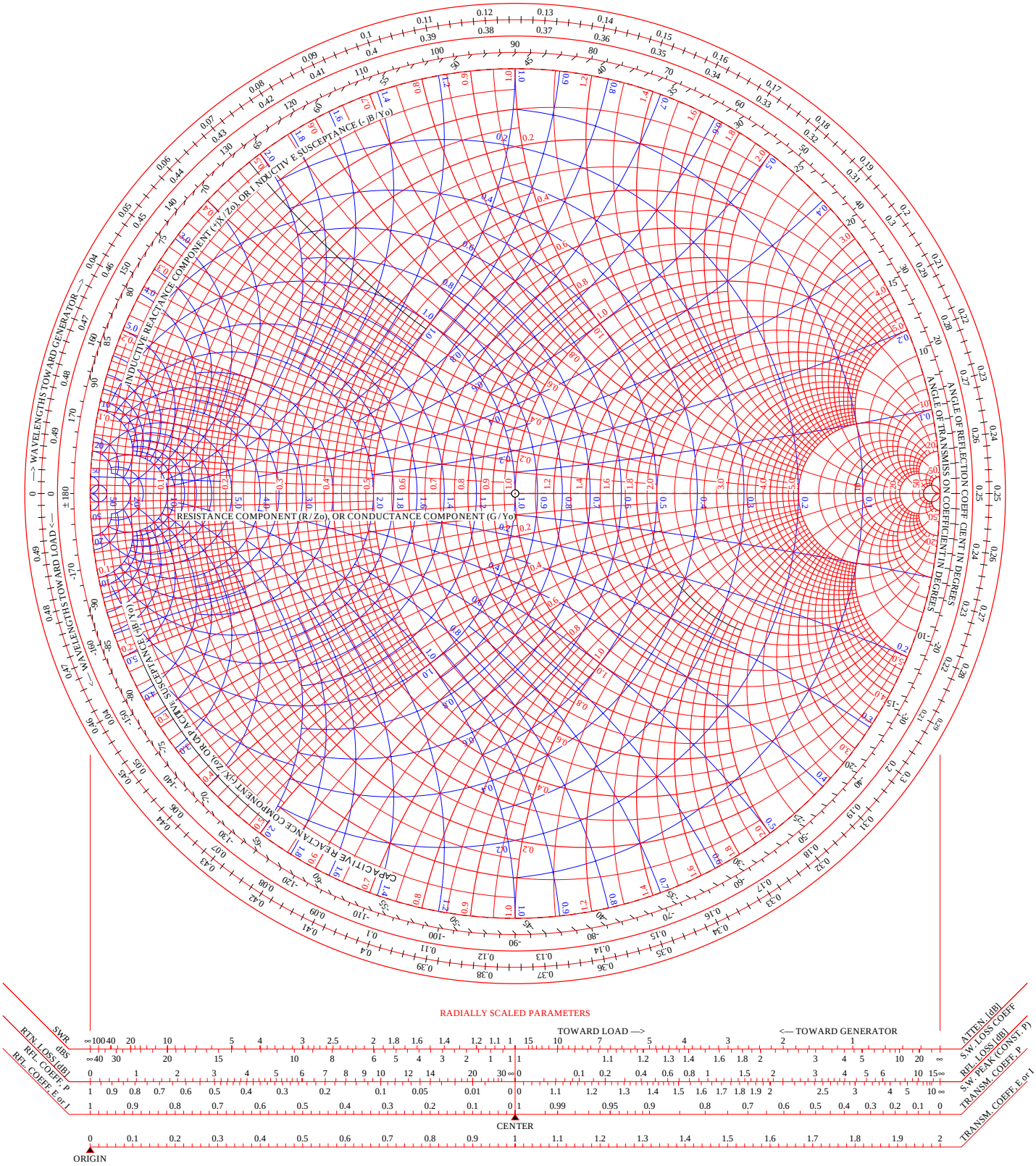
c) (2p) Beskriv kortfattat varför man måste kalibrera nätverksanalysatorn innan man påbörjar en ny mätning.



$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

NAME	TITLE	DWG. NO.
SMITH CHART FORM ZY-01-N	COLOR BY J. COLVIN, UNIVERSITY OF FLORIDA, 1997	DATE

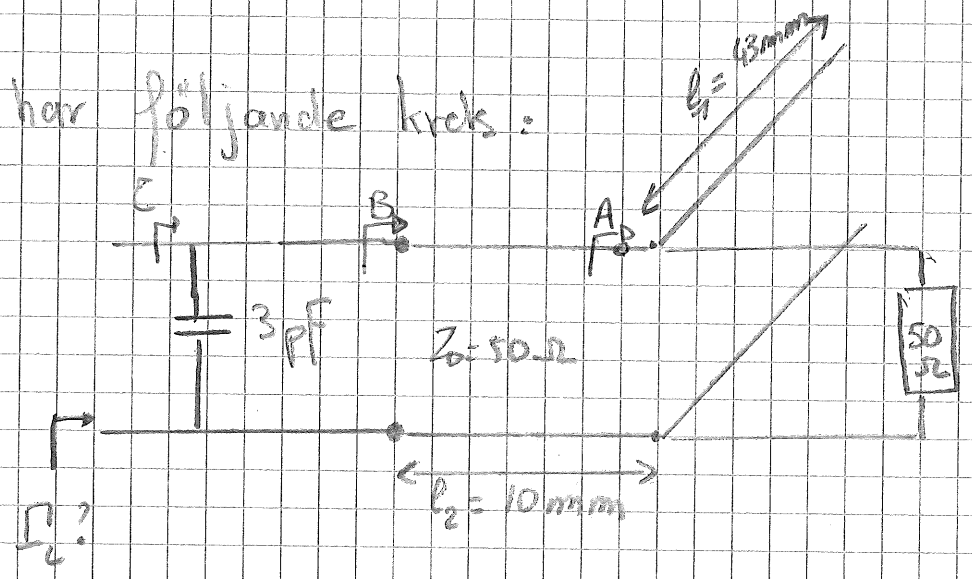
NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



RADIALLY SCALED PARAMETERS

Uppg. 1:

Vi har följande krets:



- i A ser man en 50 Ω last i parallel med stubben om man normaliserar med 50 Ω har vi

$$\bar{Y}_A = 1 + \bar{Y}_{STUBB} = 1 - j1.25$$

- i B ser man $\frac{1}{Y_A}$ som är ansluten i slutet av transmissionsledningen (parallellkopplin)
då noterar man i Smithdiagram från A, längst en konstant $|\Gamma|$ cirkel mot generatorn och läser

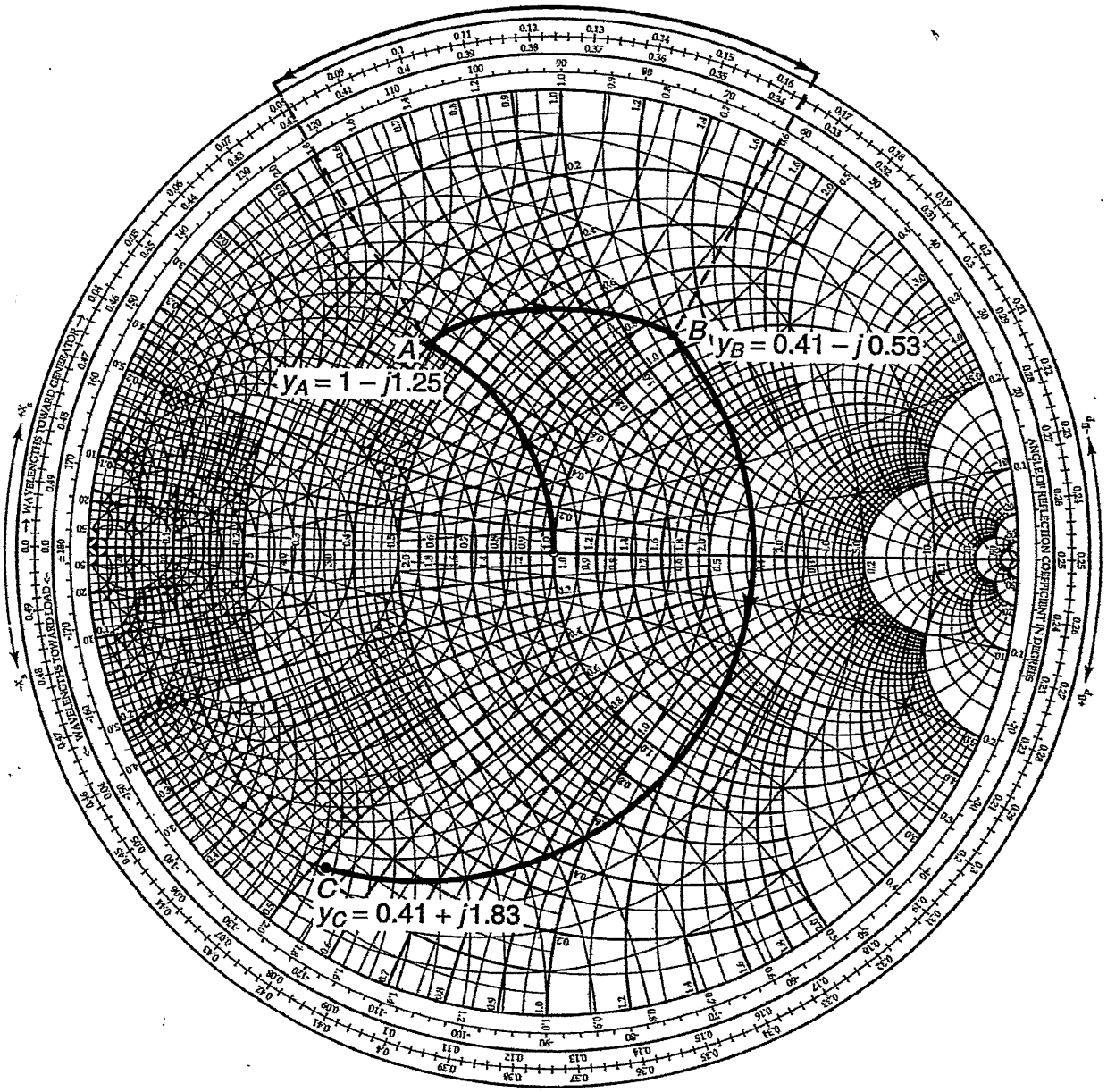
$$\bar{Y}_B = 0.41 - j0.53$$

- i C ser man $\bar{Y}_B$ i parallel med 3 pF

$$\bar{Y}_C = \bar{Y}_B + \frac{jC\omega}{Y_0} = 0.41 + j1.83$$

alltså $\Gamma_L = \frac{1 - \bar{Y}_C}{1 + \bar{Y}_C} = 0,83\, e^{-j124,1^\circ}$

$\ell_2 = 0.083\ \lambda$

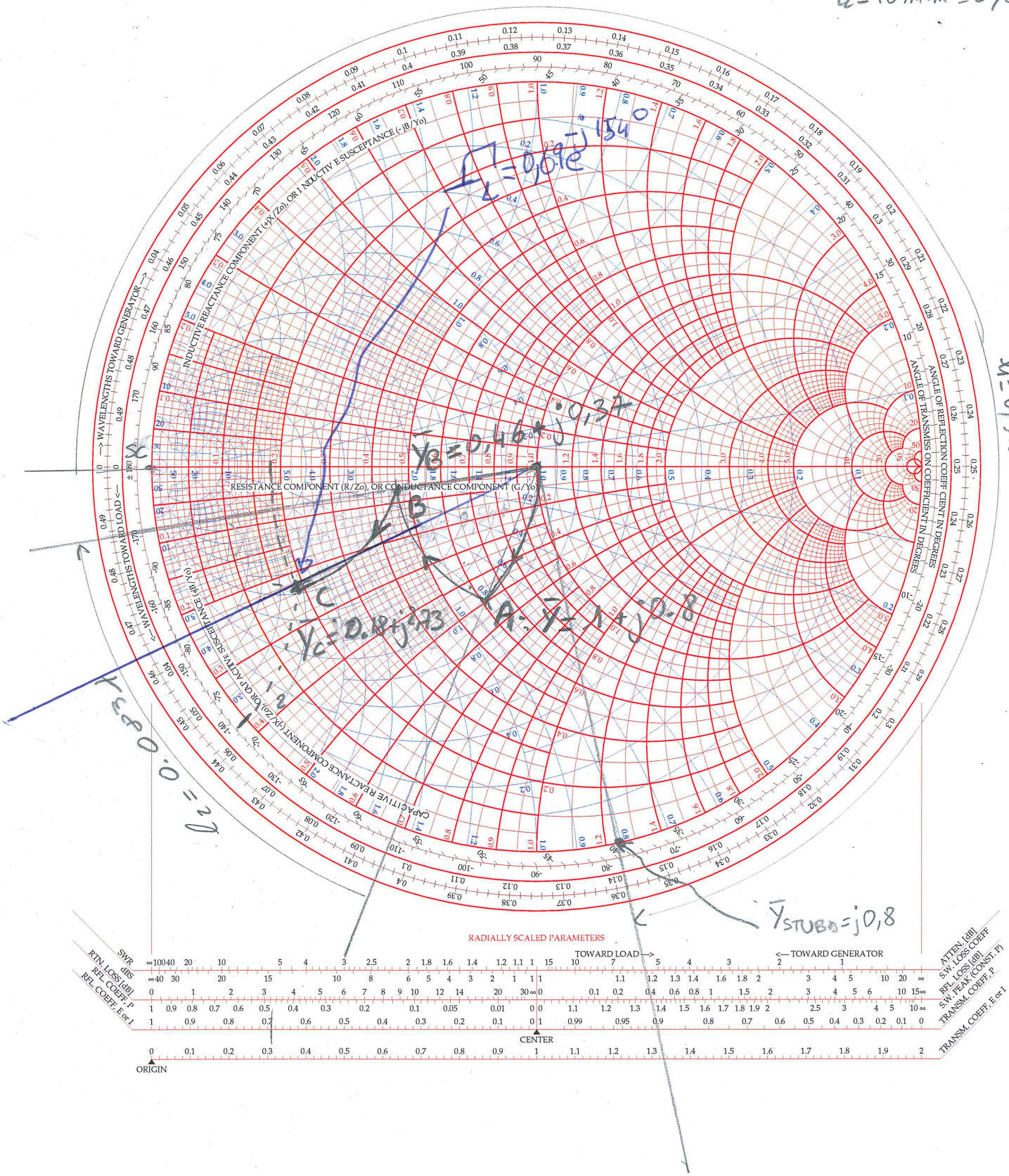


OM MAN ANTAGIT ATT STUBBEN ÄR KORTSLUTTEN

NAME	TITLE	DWG. NO.
		DATE
SMITH CHART FORM ZY-01-N	COLOR BY J. COLVIN, UNIVERSITY OF FLORIDA, 1997	

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES

$l_1 = 43\,mm = 0{,}358\lambda$
$l_2 = 10\,mm = 0{,}083\lambda$



Uppgift 2

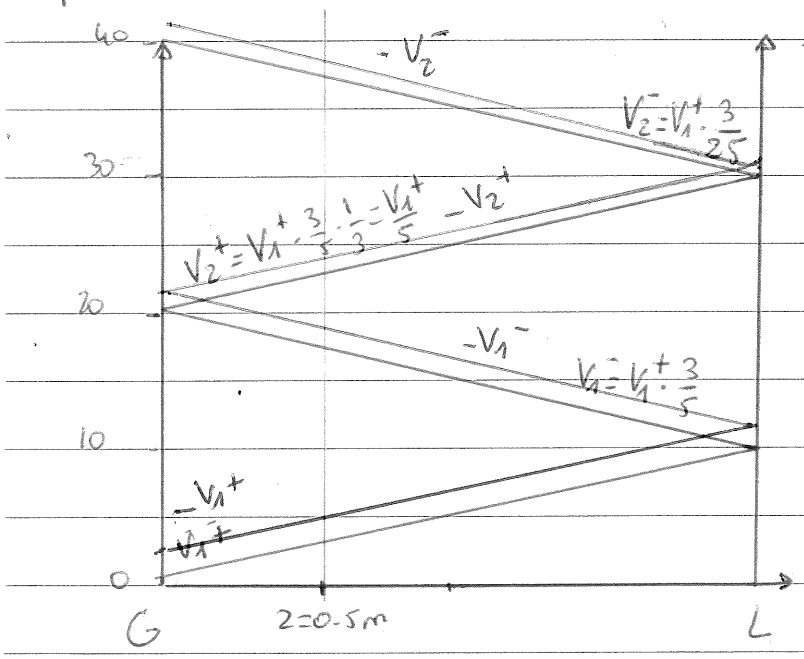
Löptiden: $t = \frac{d}{v} = \frac{2}{3 \cdot 10^8 \cdot \frac{2}{3}} = 10^{-8}\,s = 10\,ns$

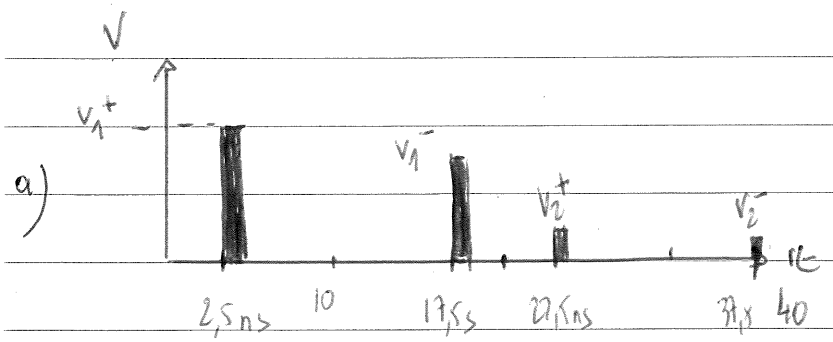
$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{150}{250} = \frac{3}{5}$$

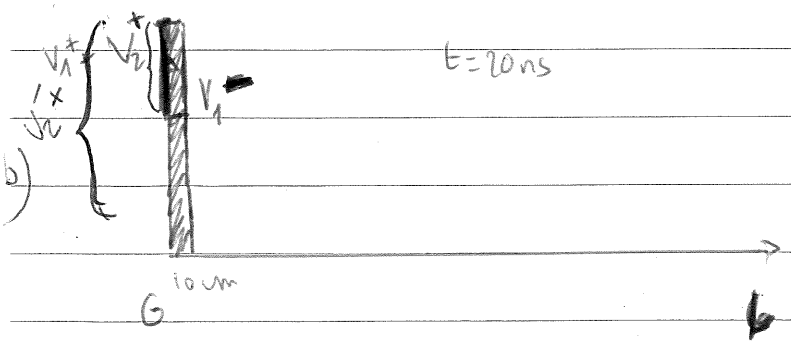
$$\Gamma_g = \frac{Z_G - Z_0}{Z_G + Z_0} = \frac{50}{150} = \frac{1}{3}$$

| Förlustfria linjer: Z_L, Z_0, Z_G reella. | → reflektionsdiagram

$$V_1^+ = \frac{V_0 \cdot Z_0}{Z_0 + Z_G} = V_0 \cdot \frac{1}{3}$$







Uppgift 3

vågledaren:	cirkulär	rektangulär
(1) dominanta moden	TE_{11}	TE_{10}
näst dominanten	TM_{01}	TE_{01} (2b > a)

(1) $$\frac{c}{2\pi} \cdot \frac{x'_{11}}{r} = \frac{c}{2} \cdot \frac{1}{a} \rightarrow \frac{r}{a} = \frac{x'_{11}}{\pi}$$

(2) $$\frac{c}{2\pi} \cdot \frac{x_{01}}{r} = \frac{c}{2} \cdot \frac{1}{b} \rightarrow \frac{r}{b} = \frac{x_{01}}{\pi}$$

$$(1) \times (2) \rightarrow \frac{r^2}{ab} = \frac{x'_{11} \cdot x_{01}}{\pi^2}$$

$$\frac{\pi r^2}{ab} = \frac{x'_{11} \cdot x_{01}}{\pi} = \frac{A_{cirkulär}}{A_{rektangulär}} = \frac{A_c}{A_r}$$

$$\frac{A_c}{A_r} = \frac{1.841 \times 2.405}{\pi} = 1,41 \; !$$

Uppgift 4

a) Vi har E_z → TM-mod.

uttrycket för $E_z \propto \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \cdot \sin\left(\frac{3\pi y}{b}\right) \rightarrow \begin{matrix} n = 1 \\ m = 3 \end{matrix}$

alltså är det TM_{13} moden som utbreder sig

brytfrekvens för TM_{13}: $f_c = \frac{c_0}{2\sqrt{\varepsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{1}{a}\right)^2 + \left(\frac{3}{b}\right)^2}$

$$\underline{f_c = 7{,}65 \text{ GHz}}$$

b) uttrycket för E_z ger $f = 50$ GHz

$$\beta = \sqrt{\left(\frac{2\pi f}{\frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r}}}\right)^2 - \left(\frac{2\pi f_c}{\frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r}}}\right)^2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \sqrt{\varepsilon_r}}{c_0} \sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2}$$

$$\underline{\beta = 2070 \text{ rad/m}}$$

c) gruppharighet $v_g = \frac{d\omega}{d\beta} = \frac{c_0^2}{v_F \cdot \varepsilon_r}$

Fasharighet $= v_F = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{\beta} = \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} \left(1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2\right)^{-\frac{1}{2}} = 1.51 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$$v_g = \frac{c_0^2}{v_F \cdot \varepsilon_r} = \frac{c_0^{\cancel{2}}}{\varepsilon_r \cdot \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} \left(1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2\right)^{-\frac{1}{2}}} = \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2}$$

$$\underline{v_g = 1.48 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$$

d) $\alpha = 0$ då det inte finns nån exponentiell avtagande av $\max|E|$ med z

Uppgift 5:

a) vi har en linjär gruppantenn med 4 element

då har vi en gruppfaktor i formen av:

$$|A(\psi)| = \frac{1}{4}\left|\frac{\sin(2\psi)}{\sin\left|\frac{\psi}{2}\right|}\right|$$

maximala gruppfaktor fås för $\psi = 0$

Vi vill ha en endfire antenn då ska maximala strålningen ske i z-riktningen. dvs för $\varphi = 0$

alltså $\psi = (kd\cos\varphi + \xi) = 0$ för $\varphi = 0$

dvs: $\frac{2\cdot\pi}{\lambda}\cdot\frac{\lambda}{2}\cdot\cos(0) + \xi = 0 \rightarrow \underline{\xi = -\pi}$

gruppantennen kommer att vara en endfire antenn om fasskillnaden ξ mellan två konsekutiva element är $-\pi$

b) gruppfaktorn blir noll (ingen strålning) om

$$\sin 2\psi = 0 \quad \underline{\underline{\text{och}}} \quad \sin\frac{\psi}{2} \neq 0$$

$\sin 2\psi = 0 \Rightarrow \sin(2\pi(\cos\varphi - 1)) = 0$

$\Rightarrow 2\pi\cos\varphi - 1 = n\pi \quad n = 0, \pm 1, \ldots$

$\Rightarrow \cos\varphi - 1 = \frac{n}{2}$

$\Rightarrow \cos\varphi = 1 + \frac{n}{2} = \frac{2+n}{2} \quad n = -4, -3, -2, -1, 0$

n	$\cos\varphi$	φ	$\sin\frac{\psi}{2}$
-4	-1	$\pm 180°$	$= 0$
-3	$-1/2$	$\pm 120°$	$\neq 0$
-2	0	$\pm 90°$	$\neq 0$
-1	$1/2$	$\pm 60°$	$\neq 0$
0	1	± 0	$= 0$

ingen strålning för $\varphi = \pm 120°, \pm 90°, \pm 60°$

Uppgift 6

- Antag att Proxima Centauri strålar lika mycket i alla riktningar: $G_T = 1$ (eller 0 dB)
- det mottagna effekt i mottagaren får av Friis ekvation:

$$P_r = \frac{P_T G_T G_R}{(4\pi R)^2} \lambda^2$$

- $P_T = 5{,}32 \cdot 10^{23}$ W
- $\lambda = 0.3$ mm
- $R = 4{,}25$ Ly
- $G_T = 0$
- $G_R = 60$ dB (eller 10^6)

$$\underline{P_r = 187 \text{ fW}}$$

För att få 20 dB signal-till-brus förhållande måste brusgolvet vara 100 gånger mindre än signalen dvs. $\underline{1{,}87 \text{ fW}}$

7)

a) Öppen ingång, $I_1 = 0$

$$\begin{cases} V_1 = h_{12} \cdot V_2 \\ I_2 = h_{22} \cdot V_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} h_{12} = \frac{V_1}{V_2} = \underline{\underline{0}} \text{ (unilateral)} \\ h_{22} = \frac{I_2}{V_2} = \frac{I_2}{200 I_2} = \underline{\underline{0.005 \text{ S}}} \end{cases}$$

kortsluten utgång, $V_2 = 0$

$$\begin{cases} V_1 = h_{11} \cdot I_1 \\ I_2 = h_{21} \cdot I_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} h_{11} = \frac{V_1}{I_1} = \underline{\underline{10 - j3 \ \Omega}} \\ h_{21} = \frac{I_2}{I_1} = \underline{\underline{12}} \end{cases}$$

b) $\Gamma_{in} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{10 - j3 - 50}{10 - j3 + 50} =$

$= \frac{-40 - j3}{60 - j3} = \frac{40.1 \angle -176^\circ}{60 \angle -3^\circ} =$

$= \underline{\underline{0.67 \angle -173^\circ}}$

c) För att räkna bort inverkan av kablar och andra feltermer, så att nätverksanalysatorn enbart presenterar S-parametrar för själva mätobjektet.