HFT 69, Tentamen i högfrekvensteknik, EEM021
2021-01-11 em . Hemtenta. Längd: 4 timmar.

Tillåtna hjälpmedel:	Allahjälpmedel utan levande rådgivare tillåts..
Frågor	Vincent Desmaris. 1846
Resultatet	Anslås på kursens hemsida
Granskning	Sker på tid och plats som anges på kurshemsidan
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!

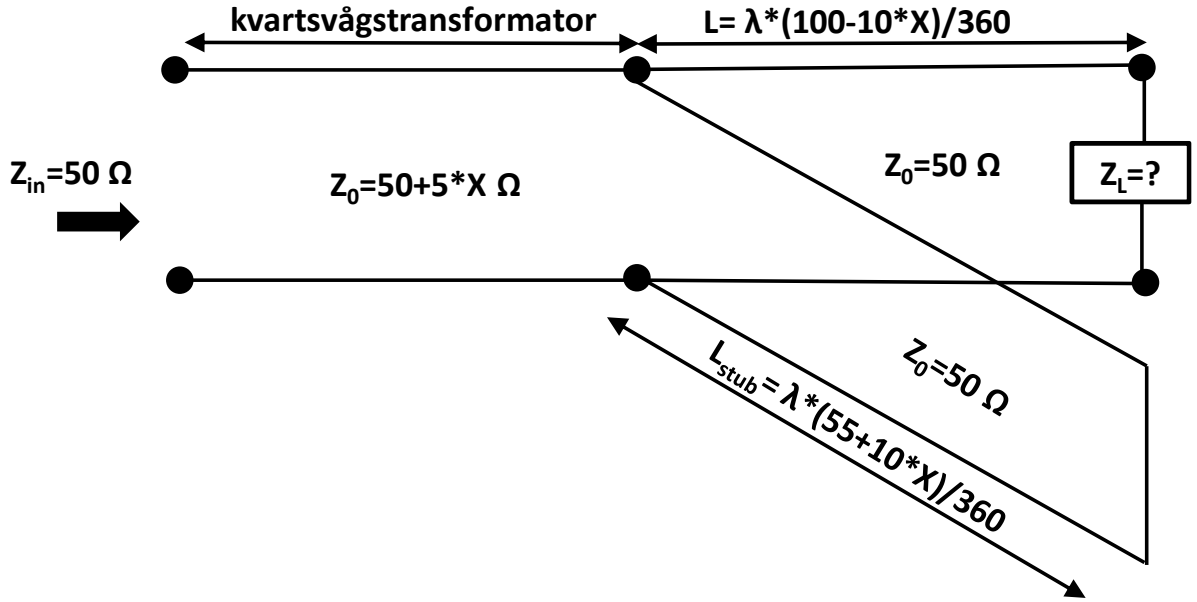
Duggadelen

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 3 kan ersättas med resultatet på tredje uppgiften på duggan.

Transmissionsledning

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

Du mäter en inimpedans på 50 Ohm för följande kretsen vid 1 GHz. Alla transmissionsledningar och stubbar är förlustfria och deras karakteristiska impedans samt längder är indikerade på figuren nedan där **λ** är våglängden för signalen vid 1 GHz i de olika transmissionsledningar. Dessutom är ***X*** är den sista siffran i ditt personnummer.

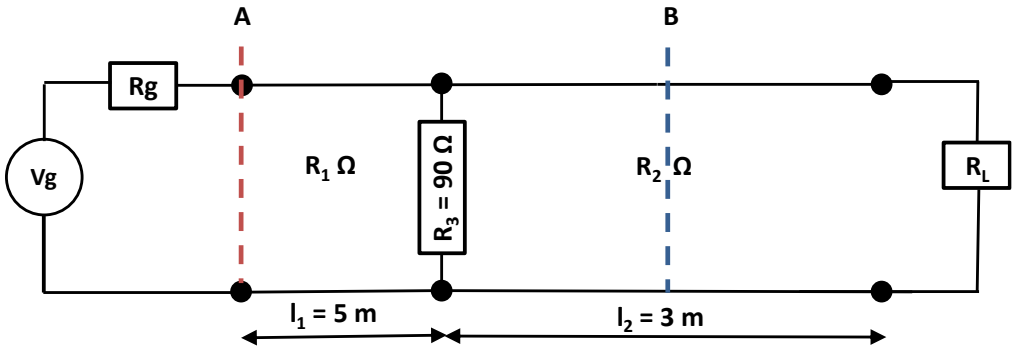


<u>Endast med Smithdiagrammet</u>,

a) beräkna lastens impedans
b) beräkna reflektionsfaktorn (beloppet och fas) vid lasten.

Uppgift 2 (7p):

Två förlustfria transmissionsledningar gjorda av telfon med relativ dielektrisk konstant 2.25 med karakteristiska impedanser R_1, R_2 tillsammans med en resistor R_3 *(=90 Ω)* kopplar ihop en **pulsgenerator** som med inre resistans R_g och en resistiv last R_L, enligt figuren nedan. Vid t=0, slås generatorn på och genererar **en enda 5ns puls** med amplitud 150 V.
R_1 **(i Ohm)** är lika med XXZZ/100 där XXZZ är de sista 4 siffror i ditt personnummer.
R_2 **(i Ohm)** är lika med ZZ där ZZ är de 2 sista siffror i ditt personnummer.
R_L **(i Ohm)** är lika med 10*DD, där DD är dagen du föddes d.vs de femte och sjätte siffrorna i ditt personnummer.
R_g **(i Ohm)** är lika med Abs(R_L-R_1).



a) ***Beräkna amplituden av spänningen på de 4 första spänningspulser vid ingången av den första linjen (d.v.s punkt A).***
b) ***Om man byter lasten R_L mot en ny med resistans R_2, beräkna amplituden av spänningen i mitten av den andra linjen (d.v..s punkt B) för 0ns<t<100ns***

Vågledare:

Uppgift 3 (10p):

En viss mikrovågsugnstillverkare påstår sig sälja ugnen med den minsta möjliga volymen för att tillaga en hamburgare med diameter 10 cm (orienterat i godtycklig riktning). Arbetsfrekvensen är 1.2 GHz för den speciella ugnen.

a) ***Vilka dimensioner ska ugnen ha för att få en resonans vid eller under 1.2 GHz***
b) ***Hamburgaren har dimensionen 8x8x1 cm samt komplex permitivitet $\varepsilon = \varepsilon_0$ (A-j0.1), vilket innebär att dess konduktivitet är σ=0.1 ε_0 ω. Anta att ugnen i övrigt är (väggar och dielektrikat) helt förlustfri. Om vi placerar hamburgaren i mitten av ugnen, och antar att E fältet är konstant över hamburgarens volym, vad blir Q-värdet?***

A=1+X där X är sista siffran i ditt personnummer.

Uppgift 4 (7p):

En signal med frekvens ***f*** utbreder sig i en luftfylld rektangulär vågledare med dimension (a>b). Brytfrekvenserna för den dominanta och näst dominanta moden i vågledaren är f_1, resp. f_2. Intensiteten av elektriska fälten för signalen halveras när signalen utbrett sig 30 m i vågledaren

a) ***Beräkna dimensionerna på vågledaren.***
b) ***Vad är avståndet mellan två elektrisk fält maxima för signalen som utbreder sig i vågledaren***
c) ***Beräkna elektriska ledningsförmåga av materialet som vågledarensväggar av gjorda av.***

Frekvensen ***f*** **(i MHz)** är lika med **1500+XXXX**. där XXXX är de 4 sista siffrorna i ditt personnummer.
Frekvensen f_1 **(i MHz)** är lika med **1000+XXXX**. där XXXX är de 4 sista siffrorna i ditt personnummer.
Frekvensen f_2 **(i MHz)** är lika med **1700+ XXXX**. där XXXX är de 4 sista siffrorna i ditt personnummer

Antenner:

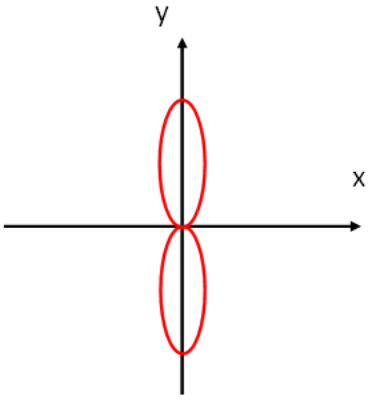
Uppgift 5 (6p):

Denis vill plocka av parkeringsradarn från sin bil som fungerar vid 8 GHz (speciell bil) och installera den på sin båt för att använda den som en sonar för att detektera fiskar när han åker ut på sin nästa fisketur.

Kan Denis lätt omvandla sin parkeringsradar till en sonar? Vad måste han ta hänsyn till för att genomföra sin plan? Utveckla era svar.

Uppgift 6 (10p):

a) **Designa en gruppantenn som har följande strålningsdiagram i x-y planen och en lobbredd mindre än (6+XX)/4 grader, där XX är de sista 2 siffrorna i ditt personnummer**.



b) ***Vad är antennens direktivitet?***

Mikrovågsteknik

Uppgift 7 (10p):

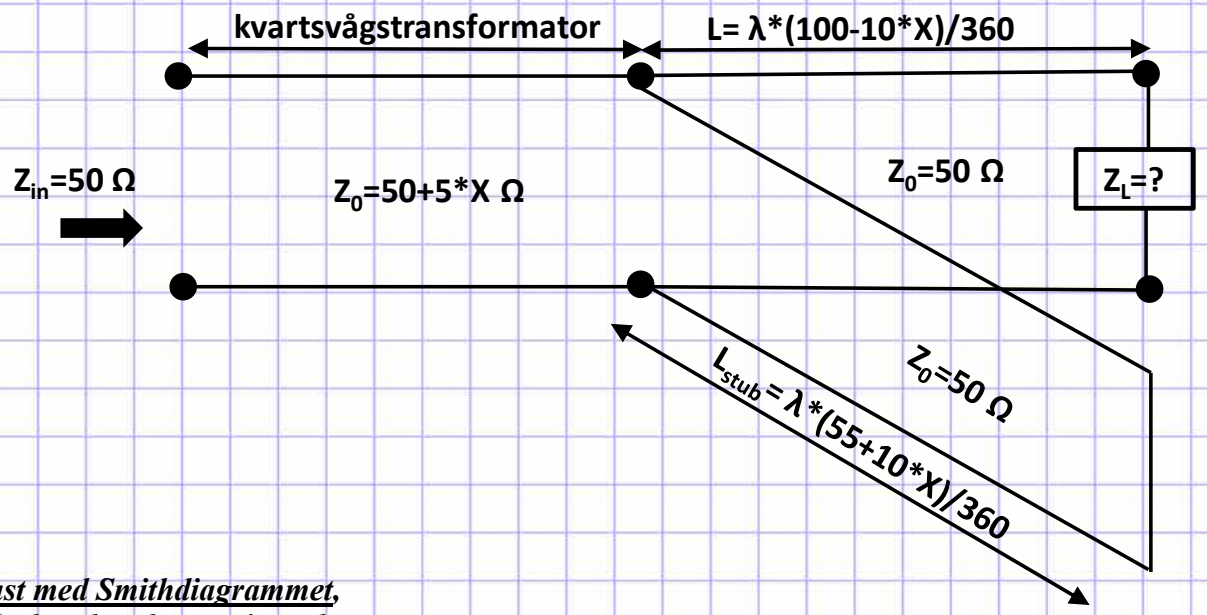
En förstärkare skall designas med hjälp av en FET transistor vid 5 GHz. Maximal förstärkning önskas, och S-parametrarna för den valda transistorn är följande där **Θ** är den ***månad du är född i multiplicerat med 10***:

$$S = \begin{bmatrix} 0.85\angle(120° + \Theta°) & 0.01\angle 0° \\ 4\angle 135° & 0.6\angle -40° \end{bmatrix}$$

a) ***Finns det risk för oönskad självsvängning med vald transistor? Motivera. (2p)***
b) ***Bestäm transistorns maximala förstärkning. (1p)***
c) ***Bestäm Γ_S och Γ_L för konjugatanpassning. Antag unilateral transistor. (1p)***
d) ***Konstruera förlustfria anpassningsnät för in- respektive utgång med diskreta komponenter (L-nät) för maximal förstärkning. Använd bifogat Z/Y-Smithdiagram. Markera tydligt alla förflyttningar och avläsningar i Smithdiagrammet och bifoga det till din lösning. (6p)***

Uppgift 1 (10p):

Du mäter en inimpedans på 50 Ohm för följande kretsen vid 1 GHz. Alla transmissionsledningar och stubbar är förlustfria och deras karakteristiska impedans samt längder är indikerade på figuren nedan där **λ** är våglängden för signalen vid 1 GHz i de olika transmissionsledningar. Dessutom är ***X*** är den sista siffran i ditt personnummer.



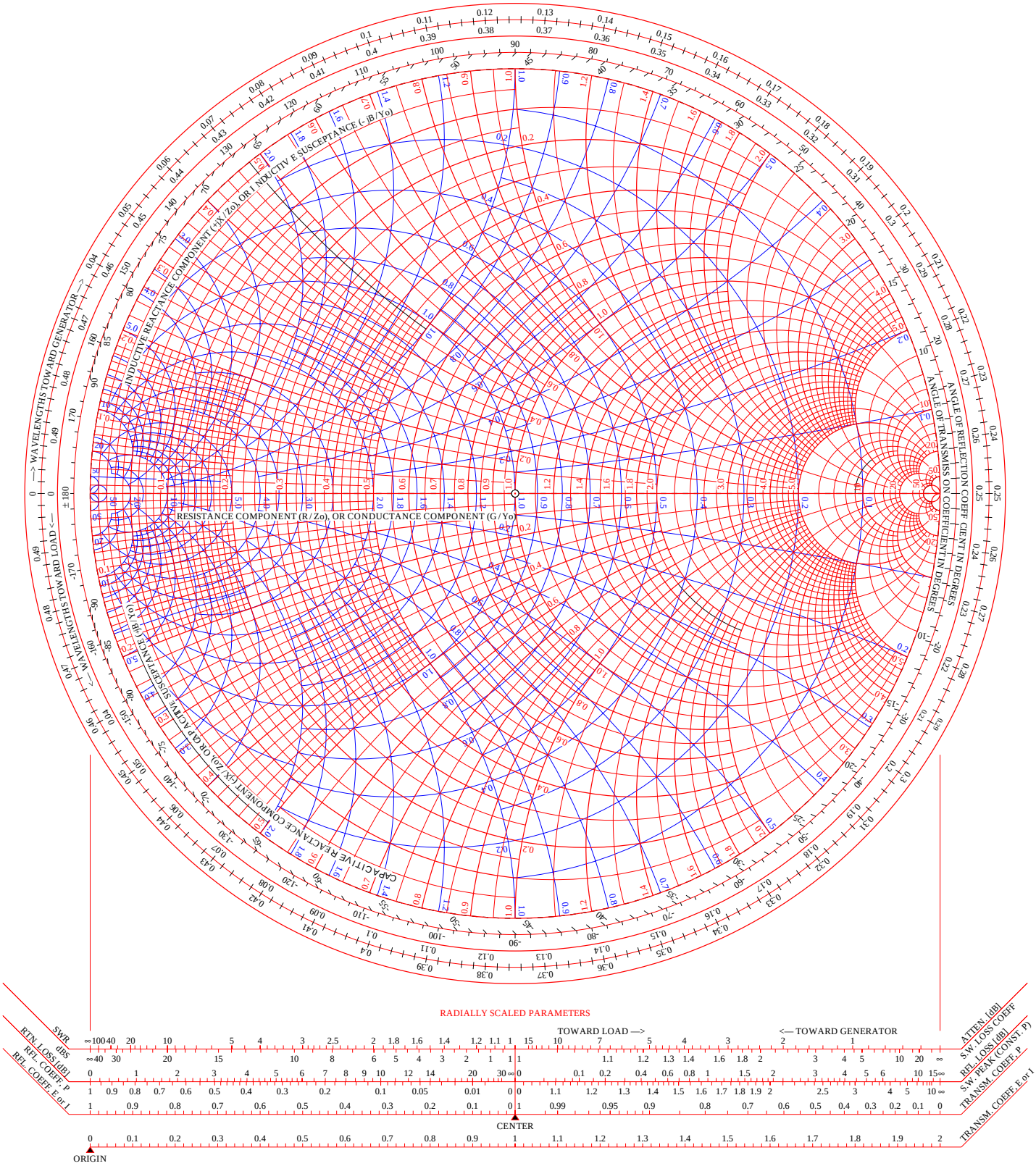
Endast med Smithdiagrammet,

a) beräkna lastens impedans

b) beräkna reflektionsfaktorn (beloppet och fas) vid lasten.

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

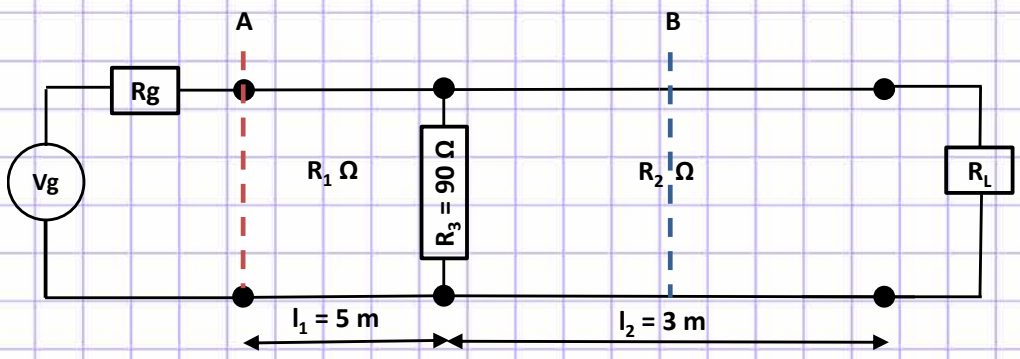
NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



RADIALLY SCALED PARAMETERS

Uppgift 2 (7p):

Två förlustfria transmissionsledningar gjorda av telfon med relativ dielektrisk konstant 2.25 med karakteristiska impedanser R_1, R_2 tillsammans med en resistor R_3 *(=90 Ω)* kopplar ihop en **pulsgenerator** som med inre resistans R_g och en resistiv last R_L, enligt figuren nedan. Vid t=0, slås generatorn på och genererar **en enda 5ns puls** med amplitud 150 V.
R_1 **(i Ohm)** är lika med XXZZ/100 där XXZZ är de sista 4 siffror i ditt personnummer.
R_2 **(i Ohm)** är lika med ZZ där ZZ är de 2 sista siffror i ditt personnummer.
R_L **(i Ohm)** är lika med 10*DD, där DD är dagen du föddes d.vs de femte och sjätte siffrorna i ditt personnummer.
R_g **(i Ohm)** är lika med Abs(R_L-R_1).



a) ***Beräkna amplituden av spänningen på de 4 första spänningspulser vid ingången av den första linjen (d.v.s punkt A).***
b) ***Om man byter lasten R_L mot en ny med resistans R_2, beräkna amplituden av spänningen i mitten av den andra linjen (d.v..s punkt B) för 0ns<t<100ns***

(B) $\Gamma_L = 0$ $(R_2 = R_L)$

$T_{AB} = T_{AC} + T_{CL}/2 = 32.5 (ns)$

$L = 5 + 3/2 = 6.5\ m$

$V(L, T) = ?$ $T < 100\ ns$

(1) $T = T_{AB} = 32.5\ ns)$

$V(B, 32.5\ ns) = V_2^+$

reset @ 37.5 ns

(2) $R_L = 0 \rightarrow V_2^- = 0$

no reflection from load at all, only from C

$T = 3 \cdot T_{AC} + T_{CB} = 82.5\ ns$

$[A \rightarrow C, C \rightarrow A, A \rightarrow C, C \rightarrow B]$

$V(B, 82.5\ ns) = V_1^+ \cdot \Gamma_{R3R2} \cdot \Gamma_g \cdot$

$\cdot (1 + \Gamma_{R3R2})$

reset @ 55 ns

Uppgift 3

3) **GIVET:** $D = 0{,}1\,m$ (hamburgaren)

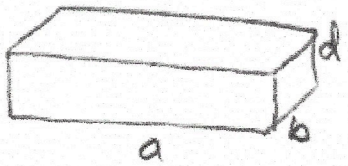
$f = 1{,}2\,GHz$

Antar rektangulär mikrovågsugn.

SÖKT:

a) Resonans vid 1,2 GHz och så liten som möjligt.

$$f_{mnp} = \frac{c}{2}\sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 + \left(\frac{p}{d}\right)^2}$$



TM_{110} gör oberoende av höjden d, och då kan man göra den hur platt man vill. Dessutom bäst att låta $a = b$ (visas lämpligen att detta är ett minimum)

$$f_{110} = \frac{c}{2}\sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}} = \frac{c\sqrt{2}}{2a} = \frac{c}{\sqrt{2}\,a} \Rightarrow a = \frac{c}{\sqrt{2}\,f} = \underline{\underline{17{,}7\,cm}}$$

b) Hamburgaren $8 \times 8 \times 1$ cm

$\varepsilon_h = \varepsilon_0(4 - j0{,}1) \Rightarrow \sigma_h = 0{,}1\,\varepsilon_0\,\omega$

Ovrigt är förlustfritt.

Placerar burgaren i mitten & antar att E-fältet är konstant över hamburgens volym, vad blir Q?

Ledning: $Q = \dfrac{\omega W_T}{P_h}$

$$P_h = \frac{1}{2}\int \sigma_h |E|^2 dv$$

Räcker att ta fram fälten för E, då $W_E = W_M$ vid resonans:

$$TM \Rightarrow E_z^0 = E_0 \sin\left(\frac{\pi}{a}x\right)\sin\left(\frac{\pi}{b}y\right)\underbrace{\cos\left(0\cdot\frac{\pi}{d}z\right)}_{=1}$$

$E_x^0 = 0$ ty $\beta = 0$

$E_y^0 = 0$ ty $\beta = 0$

Lagrad Energi, W_T

$$W_T = 2\cdot\frac{1}{4}\int_V \varepsilon\cdot|\mathbb{E}|^2 dV = \frac{\varepsilon}{2}\int_0^a\int_0^b\int_0^d |E_z|^2 dx\,dy\,dz =$$

$$= \frac{\varepsilon d}{2}\int_0^a\int_0^b E_0^2\cdot\sin^2\left(\frac{\pi}{a}x\right)\sin^2\left(\frac{\pi}{b}y\right)dx\,dy = \frac{\varepsilon d}{2}E_0^2\,\frac{a}{2}\,\frac{b}{2} = \underline{\underline{\frac{\varepsilon E_0^2}{8}abd}}$$

Förluster i Hamburgaren

$$P_h = \frac{1}{2}\int_V \sigma_h |\mathbb{E}|^2 dV = \left\{\begin{array}{l} E \approx \text{konstant, antar t.ex.} \\ \text{halva maxfältet: } \frac{E_0}{2}\end{array}\right\} =$$

$$= \frac{1}{2}\sigma_h\cdot\frac{E_0^2}{4}\cdot V \quad \text{där} \quad V = 0{,}08\cdot 0{,}08\cdot 0{,}01 = 6{,}4\cdot 10^{-5}\ m^3$$

$$\Rightarrow Q = \frac{\omega W_T}{P_h} = \frac{\omega}{8}\cdot\frac{\varepsilon_0 E_0^2 abd}{\sigma_h\cdot E_0^2\cdot V}\cdot 8 = \frac{\varepsilon_0\omega abd}{0{,}1\varepsilon_0\omega V} = \frac{10abd}{V} = \underline{\underline{\frac{10a^2d}{V}}}$$

Med $d = 0{,}1$ $\quad \underline{\underline{Q \approx 490}}$

Om TE_{101} istället: $a = d = 17{,}7$ cm. ($b = 10$ cm)

$$H_z = H_0\cos\left(\frac{\pi}{a}x\right)\cos\left(0\cdot\frac{\pi}{b}y\right)\sin\left(\frac{\pi}{d}z\right) = H_0\cos\left(\frac{\pi}{a}x\right)\sin\left(\frac{\pi}{d}z\right) \quad ; E_z^0 = 0$$

$$E_x^0 = 0 \qquad \left(\frac{\partial H_z}{\partial y} = 0\right) \qquad ; h_{10} = \frac{\pi}{a}$$

$$E_y^0 = j\frac{\omega\mu}{h_{10}^2}\frac{\partial H_z}{\partial x} = j\frac{\omega\mu a^2}{\pi^2}\cdot H_0\left(-\frac{\pi}{a}\right)\sin\left(\frac{\pi}{a}x\right)\sin\left(\frac{\pi}{d}z\right) =$$

$$= -j\frac{\omega\mu a}{\pi}H_0\sin\left(\frac{\pi}{a}x\right)\sin\left(\frac{\pi}{d}z\right)$$

Lagrad energi, W_T

$$W_T = 2\cdot\frac{1}{4}\int_V \varepsilon\cdot|\mathbb{E}|^2 dV = \frac{\varepsilon}{2}\int_V |E_y^0|^2 dV =$$

$$= \frac{\varepsilon}{2}\int_0^a\int_0^b\int_0^d \frac{\omega^2\mu^2a^2H_0^2}{\pi^2}\cdot\sin^2\left(\frac{\pi}{a}x\right)\sin^2\left(\frac{\pi}{d}z\right)dx\,dy\,dz =$$

$$= \frac{\varepsilon\omega^2\mu^2a^2H_0^2\cdot b}{2\cdot\pi^2}\cdot\frac{a}{2}\cdot\frac{d}{2} = \underline{\underline{\frac{\varepsilon\omega^2\mu^2a^2H_0^2abd}{8\pi^2}}}$$

$$P_h = \frac{1}{2}\sigma_h\int_V |\mathbb{E}|^2 dV = \left\{\text{P.S.S. ovan}\right\} = \frac{1}{2}\sigma_h\cdot\frac{H_0^2}{4}\cdot\frac{\omega^2\mu^2a^2}{\pi^2}\cdot V = \frac{\sigma_h H_0^2 V}{8}\cdot\frac{\omega^2\mu^2a^2}{\pi^2}$$

$$Q = \frac{\omega W_T}{P_h} = \frac{\omega\cdot\varepsilon\cdot\omega^2\mu^2a^2\cancel{H_0^2}abd}{\cancel{8\pi^2}}\cdot\frac{\cancel{8\pi^2}}{\sigma_h\cdot\cancel{H_0^2}\cdot V\cdot\omega^2\mu^2a^2} =$$

$$= \frac{\varepsilon\omega abd}{\sigma_h V} = \frac{\varepsilon\omega abd}{0{,}1\omega\varepsilon V} = \frac{10abd}{V} \approx \underline{\underline{490}}$$

(Om $a = d$ & $b = 10$ cm)

Lagrad Energi, W_T

$$W_T = 2\cdot\frac{1}{4}\int_V \varepsilon\cdot|\mathbb{E}|^2 dV = \frac{\varepsilon}{2}\int_0^a\int_0^b\int_0^d |E_z|^2 dx\,dy\,dz =$$

$$= \frac{\varepsilon d}{2}\int_0^a\int_0^b E_0^2\cdot\sin^2\left(\frac{\pi}{a}x\right)\sin^2\left(\frac{\pi}{b}y\right)dx\,dy = \frac{\varepsilon d}{2}E_0^2\frac{a}{2}\frac{b}{2} = \underline{\underline{\frac{\varepsilon E_0^2}{8}abd}}$$

Förluster i Hamburgaren

$$P_h = \frac{1}{2}\int_V \sigma_h |\mathbb{E}|^2 dV = \left\{\begin{array}{l} E \approx \text{konstant, antar t. ex.} \\ \text{halva max fältet: } \frac{E_0}{2}\end{array}\right\} =$$

$$= \frac{1}{2}\sigma_h\cdot\frac{E_0^2}{4}\cdot V \quad \text{där} \quad V = 0{,}08\cdot 0{,}08\cdot 0{,}01 = 6{,}4\cdot 10^{-5}\ m^3$$

$$\Rightarrow Q = \frac{\omega W_T}{P_h} = \frac{\omega}{8}\cdot\frac{\varepsilon_0 E_0^2 abd}{\sigma_h\cdot E_0^2\cdot V}\cdot 8 = \frac{\varepsilon_0\omega abd}{0{,}1\varepsilon_0\omega V} = \frac{10abd}{V} = \underline{\underline{\frac{10a^2d}{V}}}$$

Med $d = 0{,}1$ $\quad \underline{\underline{Q \approx 490}}$

Om TE_{101} istället; $a = d = 17{,}7$ cm. ($b = 10$ cm)

$$H_z = H_0\cos\left(\frac{\pi}{a}x\right)\cos\left(0\cdot\frac{\pi}{b}y\right)\sin\left(\frac{\pi}{d}z\right) = H_0\cos\left(\frac{\pi}{a}x\right)\sin\left(\frac{\pi}{d}z\right) \quad ; E_z^0 = 0$$

$$E_x^0 = 0 \qquad \left(\frac{\partial H_z}{\partial y} = 0\right) \qquad ; h_{10} = \frac{\pi}{a}$$

$$E_y^0 = j\frac{\omega\mu}{h_{10}^2}\frac{\partial H_z}{\partial x} = j\frac{\omega\mu a^2}{\pi^2}\cdot H_0\left(-\frac{\pi}{a}\right)\sin\left(\frac{\pi}{a}x\right)\sin\left(\frac{\pi}{d}z\right) =$$

$$= -j\frac{\omega\mu a}{\pi}H_0\sin\left(\frac{\pi}{a}x\right)\sin\left(\frac{\pi}{d}z\right)$$

Lagrad energi, W_T

$$W_T = 2\cdot\frac{1}{4}\int_V \varepsilon\cdot|\mathbb{E}|^2 dV = \frac{\varepsilon}{2}\int_V |E_y^0|^2 dV =$$

$$= \frac{\varepsilon}{2}\int_0^a\int_0^b\int_0^d \frac{\omega^2\mu^2a^2H_0^2}{\pi^2}\cdot\sin^2\left(\frac{\pi}{a}x\right)\sin^2\left(\frac{\pi}{d}z\right)dx\,dy\,dz =$$

$$= \frac{\varepsilon\omega^2\mu^2a^2H_0^2\cdot b}{2\pi^2}\cdot\frac{a}{2}\cdot\frac{d}{2} = \underline{\underline{\frac{\varepsilon\omega^2\mu^2a^2H_0^2abd}{8\pi^2}}}$$

$$P_h = \frac{1}{2}\sigma_h\int_V |\mathbb{E}|^2 dV = \left\{\text{p.s.s. ovan}\right\} = \frac{1}{2}\sigma_h\cdot\frac{H_0^2}{4}\cdot\frac{\omega^2\mu^2a^2}{\pi^2}\cdot V = \frac{\sigma_h H_0^2 V}{8}\cdot\frac{\omega^2\mu^2a^2}{\pi^2}$$

$$Q = \frac{\omega W_T}{P_h} = \frac{\omega\cdot\varepsilon\cdot\omega^2\mu^2a^2\cancel{H_0^2}abd}{\cancel{8}\pi^2}\cdot\frac{\cancel{8\pi^2}}{\sigma_h\cdot\cancel{H_0^2}\cdot V\cdot\omega^2\mu^2a^2} =$$

$$= \frac{\varepsilon\omega abd}{\sigma_h V} = \frac{\varepsilon\omega abd}{0{,}1\omega\varepsilon V} = \frac{10abd}{V} \approx \underline{\underline{490}}$$

(Om $a = d$ & $b = 10$ cm)

Uppgift 4

Antar personnr slutar med 3917. dvs. XXXX = 3917

a)

- Dominanta moden i en rektangulär vågledare är TE_{10}

- Näst-dominanta moden är antingen TE_{20} eller TE_{01}. Eftersom $f_2 \neq 2 \cdot f_1$ måste den näst dominanta moden vara TE_{01}

$$f_2 = f_{cTE_{01}} = \frac{c}{2b} \Rightarrow b = \frac{c}{2 \cdot f_2} = 2{,}67 \text{ cm} \checkmark$$

$$f_1 = f_{cTE_{10}} = \frac{c}{2a} \Rightarrow a = \frac{c}{2 f_1} = 3{,}05 \text{ cm}. \checkmark$$

b)

Fälten utbreder sig vid frekvensen $f_1 < f < f_2$ alltså måste fälten utbreda sig enligt TE_{10} moden.

$$\beta_{TE_{10}} = \sqrt{k^2 - h_{TE_{10}}^2} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot f}{c}\right)^2 - \left(\frac{2\pi \cdot f_1}{c}\right)^2}$$

Avståndet mellan två fältmaxima fås för

$$\lambda_g = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{c}{\sqrt{f^2 - f_1^2}} = 13{,}19 \text{ m}. \checkmark$$

c) dämpningskonstanten för TE_{10} moden i en rektangulärvågledare ges, enligt OH för 2023VL02 (OH#12)

$$\alpha = \frac{R_s\left(1 + \frac{2b}{a}\left(\frac{f_1}{f}\right)^2\right)}{\eta b\sqrt{1-\left(\frac{f_1}{f}\right)^2}} \qquad (1)$$

Amplituden av fälten halveras efter 30 mm alltså:

$$e^{-\alpha \cdot 30} = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{\ln 2}{30} = 0{,}023 \text{ Np/m.}$$

genom att använda eq 1 får man

$$R_s = \frac{\alpha \cdot \eta \cdot b \cdot \sqrt{1-\left(\frac{f_1}{f_c}\right)^2}}{1 + \frac{2b}{a}\left(\frac{f_1}{f}\right)^2} = 0{,}039\ \Omega/\square \ \checkmark$$

$$R_s = \frac{1}{\sigma \cdot \delta}$$ där δ är trängningsdjupet

$$R_s = \sqrt{\frac{2\pi \cdot f \cdot \mu}{2\sigma}} \Rightarrow \sigma = \frac{\pi \cdot f \cdot \mu_0}{R_s^2} = 1{,}34 \cdot 10^{-7} \text{ S/m} \ \checkmark$$

Uppgift 5) $f = 8\,GHz$ $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{\text{hastighet i medium}}{f}$

Denis måste ta hänsyn till egenskaper hos vatten. Inträngningsdjupet $\delta = 1/\alpha$ beskriver hur fort vågen tappar effekt i mediumet. Vatten vid ~10 GHz & $T = 0°C$ har relativa permitiviten ~60.
Detta ger $\lambda = \frac{c_0}{f\sqrt{\varepsilon_r}} = 5\,mm$

$$\alpha = \omega\sqrt{\frac{\varepsilon'}{2}}\sqrt{\sqrt{1+(\sigma/\omega\varepsilon)^2}-1}$$

$\sigma \approx 1000\,\mu S/cm$ vid $T = 25$ och relativt låg jonkoncentration.

$$\Rightarrow \alpha \approx 7.7\cdot 10^{-4}\,m$$

Vid $7.7\cdot 10^{-4}\,m$ har alltså vågen tappat 3dB av effekten. Låt säga att denis vill se fisk på 10m djup $R = 10m$
Radar ekv. $\frac{P_R}{P_t} = \frac{\sigma_{radar}\lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} G_D^2$

σ radar kan antas vara lågt för en fisk ~ $\frac{1}{100}\,m^2$
För att kompensera för förlusterna i vattnet kan denis antingen öka uteffekten eller använda en antenn med god rikt förstärkning.
Vid god riktförstärkning försvinner dock fördelen med radarn då den måste riktas mycket specifikt för att detektera en fisk.
Lösningen är inte praktisk framförallt p.g.a inträngningsdjupet i vatten.

Scanned with CamScanner

Uppgift 6:

a) sid-lobb fri strålningsdiagram

Det kan fixas med en binomialgruppantenn med avstånder $d < \frac{\lambda}{2}$ mellan antennerna

lobbredden: $\Delta = \frac{6+34}{4} = 10°$.

En binomial antenn är en broadside antenn alltså den strålar maximalt i riktning vinkelrätt mot riktningen där antennerna är linjerade:

Alltså alla antenner ska vara linjerade längst x-axen och om man använder haldipoler, skall de riktas längst z-axen.

En Broadside antenn strålar maximal för $\varphi = 90°$ och har en gruppfaktor som lyder: $\left(\cos\frac{\psi}{2}\right)^{N-1}$ där $\psi = \beta \cdot d \cos\varphi$ ($\delta = 0$ för en binomial antenn).

Lobbredden för gruppantennen bestäms av vinklarna φ för vilka:

$$\cos\left(\frac{\beta d}{2} \cdot \cos\varphi\right)^{N-1} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Vi antar en avstånd mellan dipolerna av $d = \frac{\lambda}{4}$

$$\Rightarrow \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\lambda}{4} \cdot \cos\varphi\right)^{N-1} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{4} \cdot \cos\varphi\right)^{N-1} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

I detta exampel har vi $\Delta = 10° \Rightarrow \left(\cos\left(\frac{\pi}{4} \cdot \cos(85°)\right)\right)^{N-1} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$$\Rightarrow N = 1 + \frac{-\ln(\sqrt{2})}{\ln\left(\cos\left(\frac{\pi}{4} \cdot \cos(85°)\right)\right)} \approx 14{,}9 \text{ elementer}$$

b) Dockhuvudet är den maximala värde av riktförstärkningen

alltså: $D = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{2}{\int_0^{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{4} \cdot \cos\varphi\right)^{2N-2} \sin\varphi \, d\varphi}$

variabelbyte:

$$\left.\begin{aligned} u &= \frac{\pi}{4}\cos\varphi \rightarrow du = -\frac{\pi}{4}\sin\varphi \\ p &= 2N-2 \end{aligned}\right\} \quad D = \frac{\frac{\pi}{2}}{\int_{-\frac{\pi}{4}}^{+\frac{\pi}{4}} [\cos u]^p \, du} \approx 10.8\,V$$

Uppgift 7

Lösningsförslag ges för **Θ=80°**

a) Genom att testa ifall transistorn är ovillkorligen stabil så kan oönskad självsvägning undvikas. Två olika test finns, och nedan anges K. K ska vara större än 1 för ovillkorlig stabilitet, samtidigt som beloppet av determinanten ska vara mindre än 1.

$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2|S_{12}S_{21}|} = 1.8$$
$$|\Delta| = |S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}| = 0.5$$

Villkoret är uppfyllt, och transistorn är alltså ovillkorligen stabil.

2p

b) Transistorn är ovillkorligen stabil och den maximala förstärkningen ges då av:

$$G_{\max} = \frac{|S_{21}|}{|S_{12}|}\left(K - \sqrt{K^2 - 1}\right) = 123 = 20.9dB$$

1p

c) För en unilateral transistor (S_{12}=0) så kan ingång och utgång hanteras oberoende av varandra. Konjugatanpassningen ges därmed av:

$$\Gamma_S = \Gamma_{in}^* = S_{11}^* = 0.85\angle 160°$$
$$\Gamma_L = \Gamma_{ut}^* = S_{22}^* = 0.6\angle 40°$$

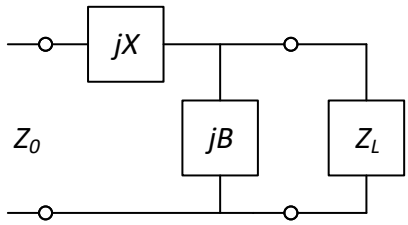
1p

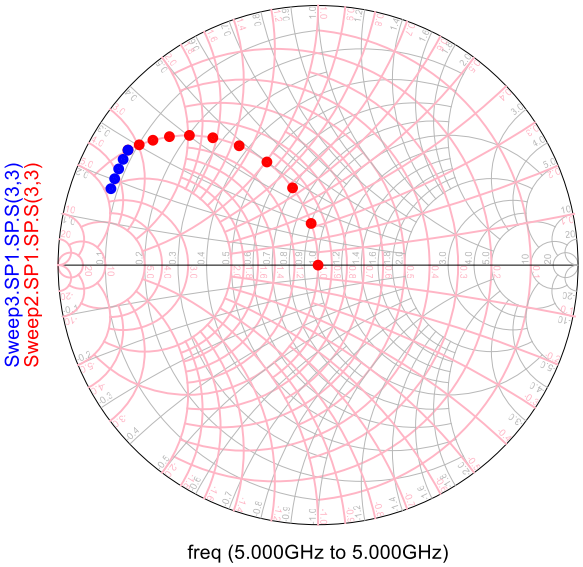
d) Först hanteras ingångssidan och sedan utgången.

Anpassningsnät för ingång

$$\Gamma_S = 0.85\angle 160°$$

Reflektionskoefficienten är innanför g=1 cirkeln, och därför väljs en L-näts topologi enligt nedan





I denna lösningen så väljer jag först att lägga till en induktans (jB) parallellt med lasten (50ohm), och sedan en kondensator (jX) i serie.
Följ konstant konduktanscirkeln (g=1) till skärningspunkten med den konstanta resistanscirkel där Γ_S ligger. Detta ger:
b = -j3.3 – 0 = -j3.3
B = b/50 = -0.066

Följ sedan konstant r-cirkel till Γ_S. Vilket ger:
x = j0.18 – j0.28 = -j0.1
X = x*50 = 5

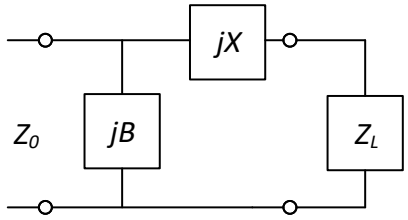
Komponentvärdena vid 5 GHz ges av:

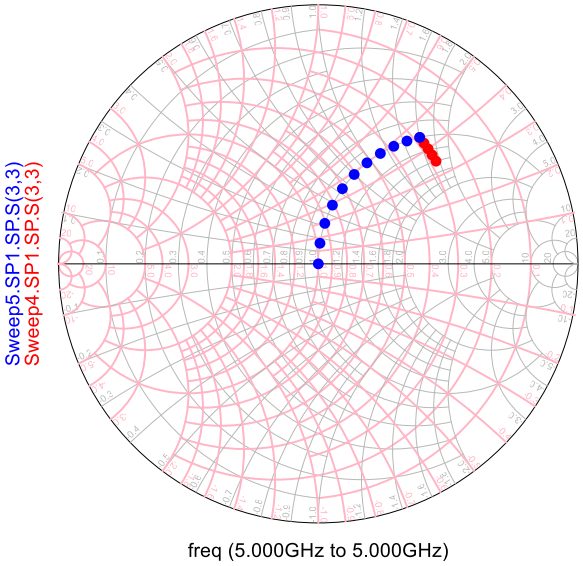
$$L = -\frac{j}{\omega B} = 0.48\,nH$$
$$C = -\frac{j}{\omega X} = 6.4\,pF$$

Anpassningsnät för utgång

$$\Gamma_L = 0.6\angle 40°$$

Reflektionskoefficienten är innanför r=1 cirkeln, och därför väljs en L-näts topologi enligt nedan





I denna lösningen så väljer jag först att lägga till en induktans (jB) i serie med lasten (50ohm), och sedan en kondensator (jX) parallellt.

Följ konstant resistanscirkel (r=1) till skärningspunkten med den konstanta konduktanscirkel där Γ_L ligger. Detta ger:
x = j1.6 – 0 = 1.6
X = x*50 = j80

Följ sedan konstant g-cirkel till Γ_L. Vilket ger:
b = -j0.35 – (-j0.45) = j0.1
B = b/50 = 0.002

Komponentvärdena vid 5 GHz ges av:

$$L = j\omega X = 2.55\,nH$$
$$C = j\omega B = 0.06\,pF$$

6p