HFT 41, Tentamen i högfrekvensteknik, kurskod EEM021 2011-08-25, 08:30 i "M-salar". Längd: 4 timmar.

Tillåtna hjälpmedel:	Beta, Physics Handbook, valfri kalkylator, formelsamling i Elektromagnetisk fältteori av Eva Palmgren, egna anteckningar i formelsamlingen och på ett A4 blad (dock inte lösningar till uppgifter)
Frågor uppg 1-6	Vincent Desmaris, tel 070-732 87 12
Frågor uppg 7	Hans Hjelmgren, tel 070-520 13 46
Resultatet	Anslås på kursens hemsida
Granskning	Sker på tid och plats som anges på kurshemsida
Betygsgränser	24p för betyg 3, 36p för betyg 4 och 48p för betyg 5
Kom ihåg	**Lösningen på uppgift 7 lämnas i separat omslag**
Observera	Omotiverade lösningar kan ge poängavdrag!

Duggadelen

Poängen på uppgift 1 och 3 kan ersättas med resultatet på första resp. andra uppgiften på duggan.

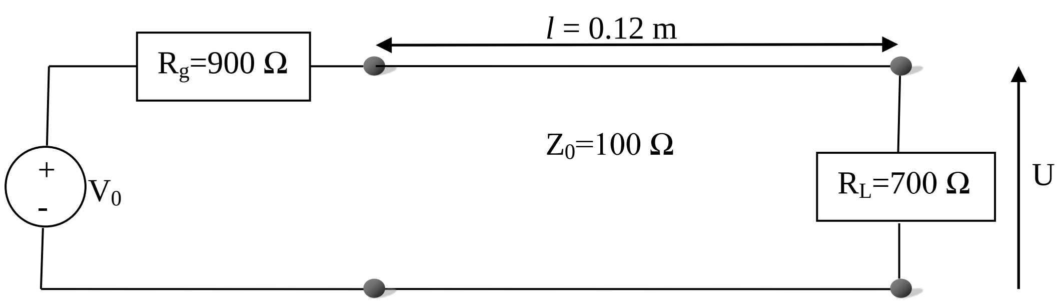
Transmissionsledningar:

Problem 1. 10p. (D)
En transmissionsledning har den karakteristiska impedansen Z0 = 100 Ω. Ståendevågförhållandet är S = 3 då ledningen är avslutad med lasten Z_L. Om vi kortsluter ledningen flyttar spänningsminimum 0.2λ närmare lasten.

- **Bestäm lastens impedans, Z_L**

Problem 2. 6p.
Generatorn i nedanstående uppkoppling avger en rektangulär puls med amplituden U_0 = 1 V och varaktigheten 200 ps, vid t=0. Den förlustfria transmissionsledningen har karakteristiska impedansen Z_0= 100 Ω, längden l = 0.12 m och fashastigheten c = 3 · 10^8 m/s. Ledningen är avslutad med en last R_L = 25 Ω. Generatorns inre impedans är Rg = 900 Ω.

- **Fr.o.m. vilken tid kommer spänningen över lasten (U) att hela tiden uppfylla följande villkor: U<5 mV.**



Vågledare:

Problem 3. 10p. (D)

I en ideal luftfylld rektangulär vågledare med sidlängderna a = 2 cm och b = 1 cm har vi vågutbredning i TM_{11}-mod vid frekvensen 20 GHz, varvid

$$E_z(x, y) = E_0 \sin(\pi x/a) \sin(\pi y/b) \quad \text{och } E_0 = 10^4 \text{ V/m}.$$

a) **Beräkna de övriga fältkomponenterna**
b) **Beräkna ytströmtätheten j_0 i vågledarväggarna**
c) **Använd j_0 för att beräkna den joulska medeleffektutvecklingen per meter i vågledarväggen om $\sigma = 58 \cdot 10^6$ S/m och $\mu = \mu 0$ i vågledarväggen**
d) **Beräkna transporterad effekt**
e) **Beräkna utbredningskonstanten $\gamma = \alpha + j\beta$ i vågledaren**

Problem 4. 7p

De tre första resonansmoden av ett luftfylld rektangulärt resonanskavitet förekommer vid 4.80 GHz, 5.83 GHz och 6.25 GHz.

- **Beräkna kavitetets måtten?**

Hint:Antag d>a>b!

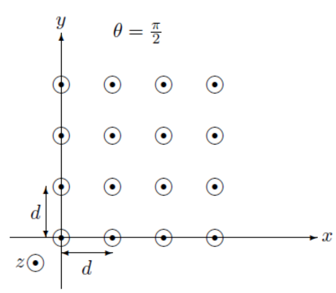
Antenner

Problem 5. 7p.

En mikrovågsantenn med direktiviteten 100 matas från en mikrovågsgenerator vid frekvensen 10 GHz. Anpassning råder mellan antenn och generator. På 30 meters avstånd från sändarantennen är en mottagarantenn placerad. Denna är anpassad och ansluten till en effektindikator. Mottagarantennen orienteras så att effektindikatorn gör så stort utslag som möjligt. Detta utslag noteras. Därefter borttas de båda antennerna och generatorn ansluts via en varierbar dämpare till effektindikatorn. Anpassning råder mellan generator och dämpare respektive mellan dämpare och effektindikator. Då dämparen var inställd på 30 dB gjorde effektindikatorn samma utslag som det ovan noterade. Generatorinställningen var under hela försöket oförändrad.

- **Beräkna mottagarantennens effektiva area**

Problem 6. 10p.



Beräkna gruppfaktorns vinkelberoende i θ =π/2-planet (alltså xy-planet) för en rektangulär gruppantenn bestående av 4x4 stycken λ=2-antenner (enligt bild) med samma amplitud och fas. Antennernas inbördes avstånd är d = λ/2, och E-fältet i en punkt på anstånd R från en λ/2-antenn ges som bekant av:

$$E_\theta = \hat{\theta} E_m F(\theta) e^{-j\beta R} \quad \textbf{där} \quad E_m = j\frac{\eta_0 I_m}{2\pi R}, \; F(\theta) = \frac{\cos(\frac{\pi}{2}\cos\theta)}{\sin\theta}$$ **och I_m är en konstant.**

Sedvanliga approximationer bör användas.

Mikrovågselektronik

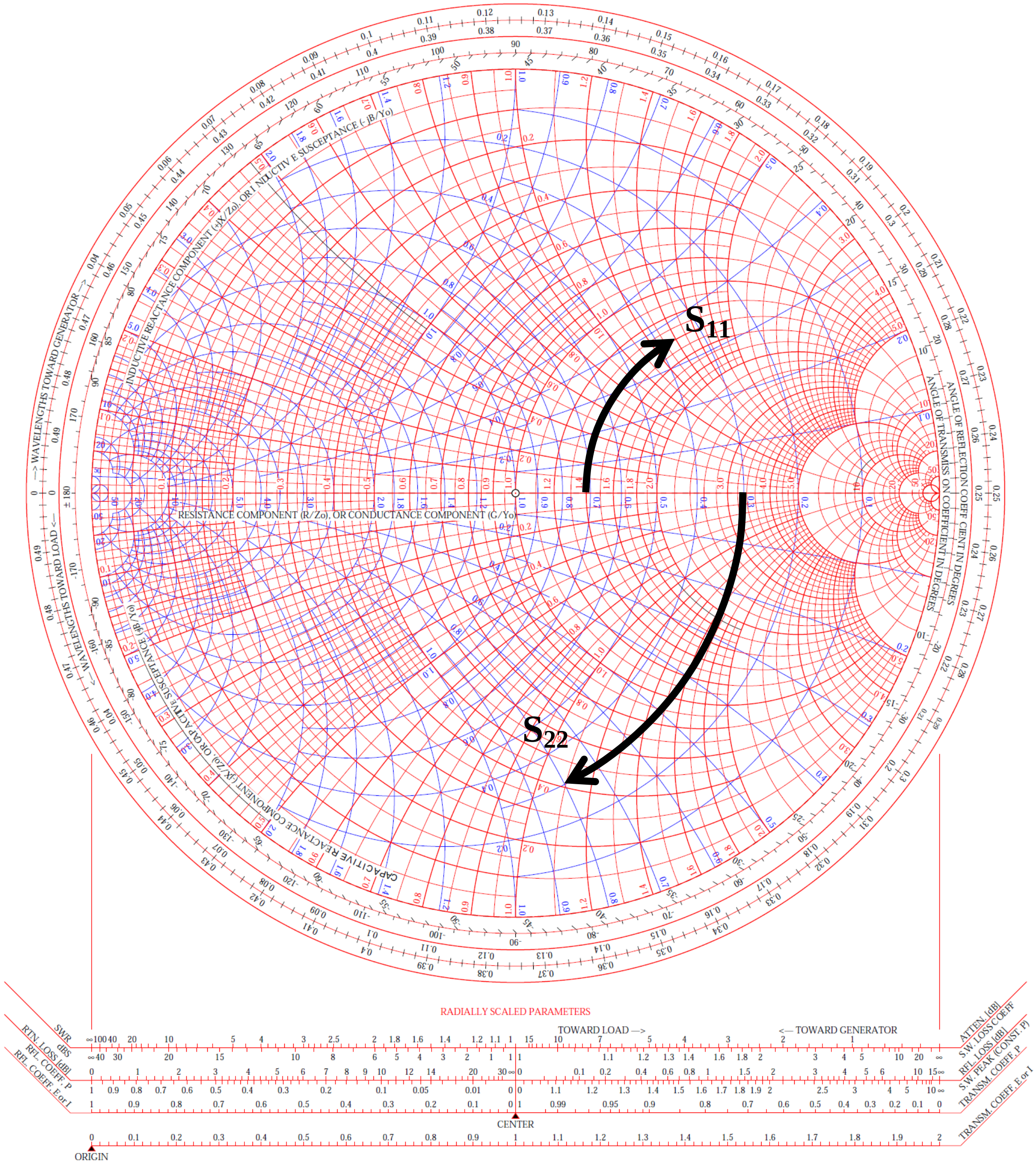
Problem 7. 10p.

Y/Z Smith-diagrammet på nästa sida visar S_{11} och S_{22} för en tvåport. Frekvensen har svepts upp till 5 GHz och systemimpedansen Z_0=50 Ω. Både S_{12} och S_{21} var försumbara för alla frekvenser.

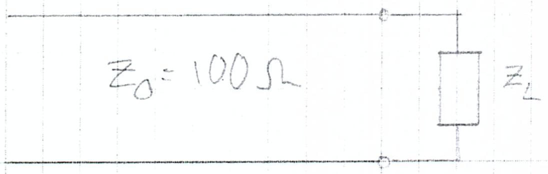
a) **(4p) Bestäm ett ekvivalent schema för tvåporten.**
b) **(4p) Avläs S_{11} och S_{22} för 5 GHz. Visa tydligt hur du läser av dem i Smithdiagrammet. Riv ut sidan och bifoga den till din lösning.**
c) **(2p) Beskriv kortfattat skillnaden mellan nätverksanalysator och spektrumanalysator.**

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

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



Anonymous code / Anonym kod	Points for question (to be filled in by teacher) / Poäng på uppgiften (fylles av läraren)	Consecutive page no. / Löpande sid nr	Question no. / Uppgift nr
EEM021-2		1	1



SWR = 3 då ledningen är avslutad med lasten

$s = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \iff s(1-|\Gamma|) = 1+|\Gamma| \iff |\Gamma| + 1 + |\Gamma|s = s$

$\iff |\Gamma|(s+1) = s-1 \iff |\Gamma| = \frac{s-1}{s+1} = \{s=3\} = \frac{3-1}{3+1} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$

$|\Gamma| = \frac{1}{2}$

Jag ritar in $|\Gamma|$-cirkeln i smithdiagrammet, se bifogat smith-diagram nästa sida

Vi hittar spänningsminimum då vi på realaxeln då $\Gamma = -|\Gamma|$

När ledningen är kortsluten så får vi reflektionen $\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = -1$, alltså i punkten P_{SC}.

Eftersom spänningsminimum har flyttat sig $0{,}2\lambda$ mot lasten vid kortslutning, så flyttar jag mig $0{,}2\lambda$ mot generator för att hitta spänningsminimum då lasten är inkopplad, P_L

Jag drar sedan en linje från P_L till origo och läser av den normerade lastimpedansen z_L då OP_L skär SWR-cirkeln

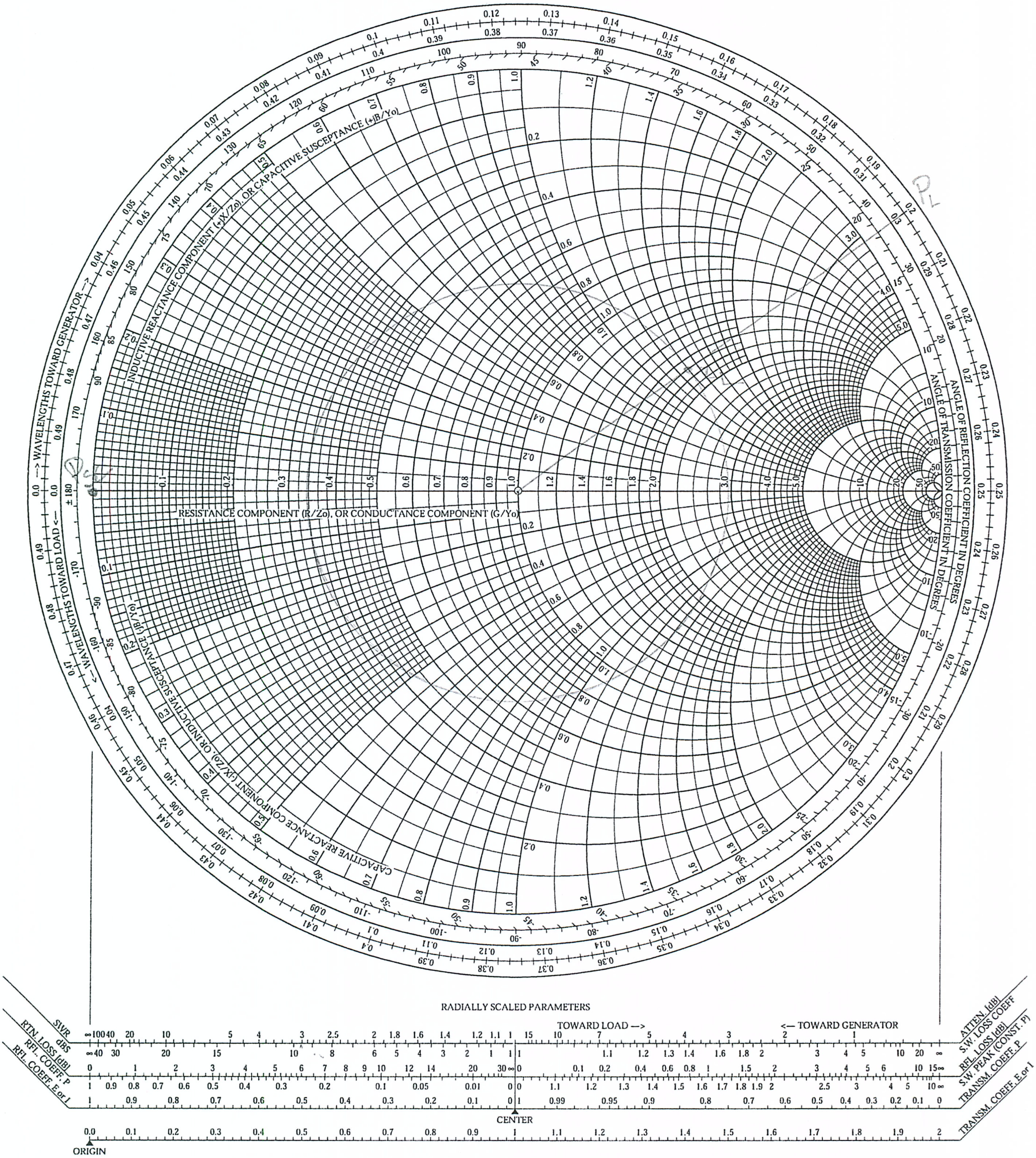
$z_L = 1{,}7 + j1{,}3 \implies Z_L = z_L \cdot Z_0 = (1{,}7 + j1{,}3) \cdot 100 = 170 + j130\,\Omega$

Svar: Lastimpedansen är $Z_L = 170 + j130$

Till uppgift 1.

The Complete Smith Chart

Black Magic Design



Problem 2.

$$\Gamma_g = \frac{900-100}{900+100} = 0.8$$ Reflektion vid generatorn

$$\Gamma_L = \frac{700-100}{700+100} = 0.75$$ Reflektion vid Lasten

$$T = \frac{0,12}{3 \cdot 10^8} = 400\,ps$$ Löptiden

Vid $t=0$ hamnar $V_1^+(z=0, t=0) = \frac{U_0 \cdot Z_0}{Z_0 + Z_g} = 100\,mV$ vid ingången

Pulsen främre flank når Lasten efter 400 ps och en reflekterad puls uppstår $V_1^-(z=l, t=T) = \Gamma_L V_1^+ = 75\,mV$ som börjar propagera mot ingången.

Både V_1^+ och V_1^- finns vid lasten för 200ps totalt 175mV.

Den reflekterade pulsen kommer fram till ingången vid $t = 2T$ och det reflekteras igen: $V_2^+(z=0, t=2T) = \Gamma_g V_1^-(0,2T) = 60\,mV$ som börjar propagera vid lasten o.s.v...

Då kan vi skriva att spänningen vid lasten för varje reflektion (n) har följande form:

$$V_n = V_n^+ + V_n^-$$

$$V_n = V_n^+ (1 + \Gamma_L)$$

$$V_n = V_1^+ \left(\Gamma_g^{n-1} \Gamma_L^{n-1} + \Gamma_g^{n-1} \Gamma_L^{n} \right)$$

$$\boxed{V_n = V_1^+ [1 + \Gamma_L] (\Gamma_g \Gamma_L)^{n-1}}$$

När blir $V_n < 5\,mV$?

$$V_n = 100 \times (1 + 0.75) \left(\frac{3}{5}\right)^{n-1}$$

$$\Rightarrow V_n < 5\,mV \qquad n > \frac{\ln\left(\frac{5}{175}\right)}{\ln\left(\frac{3}{5}\right)} - 1$$

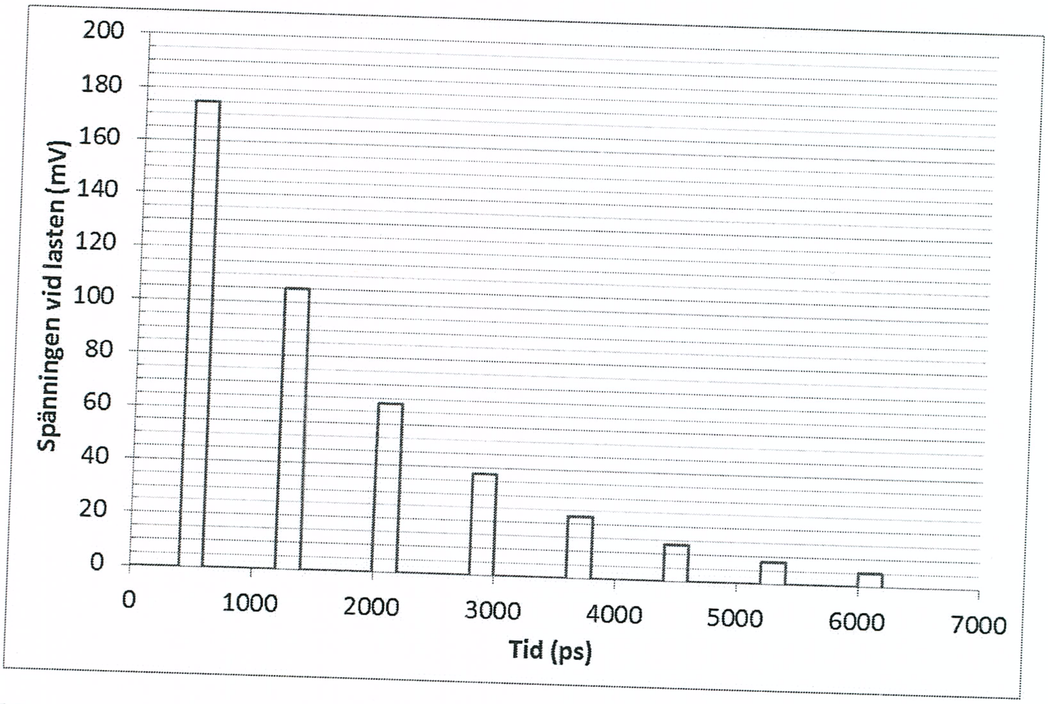
$n \approx 7.96$

Detta innebär att vid 7:e reflektionen vid lasten $V_n > 5$ mV och vid 8:e reflektionen vid lasten $V_n < 5$ mV.

Därför blir $V_n < 5$ mV när den reflekterade pulsen lämnar lasten efter 7:e reflektionen: dvs.

$$t = \underbrace{400}_{\text{första reflektion}} + \underbrace{6 \times 800}_{\text{6 andra reflektion}} + \underbrace{200}_{\text{pulslängd}} = \underline{5400 \text{ ps}}$$

Spänningen vid lasten har följande form:



Problem 3

Ideal, luftfylld vågledare
$a = 2\,cm$, $b = 1\,cm$
TM_{11} mod vid frekv. 20 GHz
$E_0 = 10^4\,V/m$

a) $E_z^0 = E_0 \sin\frac{\pi x}{a} \sin\frac{\pi y}{b}$

$H_x^0 = \frac{j\omega\varepsilon_0}{h^2}\frac{\pi}{b} E_0 \sin\frac{\pi x}{a}\cos\frac{\pi y}{b}$

$H_y^0 = -\frac{j\omega\varepsilon_0}{h^2}\frac{\pi}{a} E_0 \cos\frac{\pi x}{a}\sin\frac{\pi y}{b}$

$E_x^0 = -\frac{j\beta}{h^2}\frac{\pi}{a} E_0 \cos\frac{\pi x}{a}\sin\frac{\pi y}{b}$

$E_y^0 = -\frac{j\beta}{h^2}\frac{\pi}{b} E_0 \sin\frac{\pi x}{a}\cos\frac{\pi y}{b}$

$h^2 = \left(\frac{\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{b}\right)^2$ $\quad h = 50\pi\sqrt{5}\ \left(\frac{1}{m}\right)$ $\quad \beta = \sqrt{\left(\frac{\omega}{c}\right)^2 - h^2} = 228{,}2\ \frac{rad}{m}$

b) Ytströmtätheten i vågledarväggarna:

$j_0 = \hat{n} \times H_0$

$j_0(y) = -\hat{z}\, \frac{j\omega\varepsilon_0 \pi}{a h^2} E_0 \sin\frac{\pi y}{b}\ \left(\frac{A}{m}\right)$ vid $x = 0$ och $x = a$

$j_0(x) = -\hat{z}\, \frac{j\omega\varepsilon_0 \pi}{b h^2} E_0 \sin\frac{\pi x}{a}\ (A/m)$ vid $y = 0$ och $y = b$

c) Medeleffektutvecklingen/meter

$p = \frac{1}{\sigma\delta}\frac{|j_0|^2}{2}\ (W/m^2)$ $\quad \delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu_0\sigma}} = 9467 \cdot 10^{-6}$

$$P_e = 2\,\frac{1}{\sigma\delta}\,\frac{1}{2}\left(\frac{\omega\varepsilon_0\pi}{h^2}\right)^2 E_0^2 \left\{\frac{1}{a^2}\int_0^b \sin^2\left(\frac{\pi y}{b}\right)dy + \frac{1}{b^2}\int_0^a \sin^2\left(\frac{\pi x}{a}\right)dx\right\} =$$

$$= \frac{1}{2}\frac{1}{\sigma\delta}\left(\frac{\omega\varepsilon_0\pi}{h^2}\right)^2 E_0^2 \left\{\frac{b}{a^2} + \frac{a}{b^2}\right\}\ (W/m)$$

$P_e = 93323\ W/m$

d) Transporterad effekt

$$\hat{z}\,P_z = \int_0^a\int_0^b \frac{1}{2}\mathrm{Re}\left[E^0 \times H^{0*}\right]dx\,dy = \hat{z}\,\frac{1}{2}\frac{\beta}{h^2}\frac{\omega\varepsilon_0}{h^2}E_0^2\pi^2 =$$

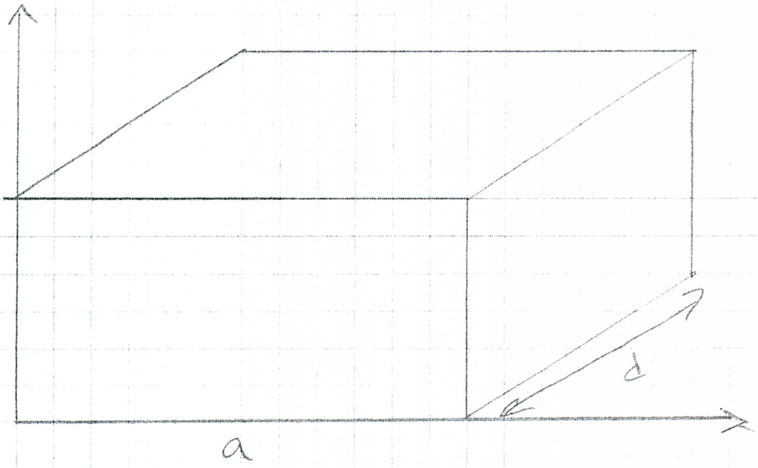
$$\left\{\frac{1}{a^2}\int_0^a\int_0^b \cos^2\frac{\pi x}{a}\sin^2\frac{\pi y}{b}\,dx\,dy + \frac{1}{b^2}\int_0^a\int_0^b \sin^2\frac{\pi x}{a}\cos^2\frac{\pi y}{b}\,dx\,dy\right\} =$$

$$= \hat{z}\,\frac{\beta\omega\varepsilon_0}{2h^4}E_0^2\pi^2\left\{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}\right\}\frac{ab}{4} = \hat{z}\,\frac{\beta\omega\varepsilon_0}{2h^2}E_0^2\frac{ab}{4} = \hat{z}\ \underline{5{,}139}\ W$$

e)

$$\alpha = \frac{1}{2}\frac{P_e}{P_z} = \frac{2\omega\varepsilon_0}{\sigma\delta\beta}\,\frac{a^3+b^3}{ab(a^2+b^2)} = 0{,}03233\ \frac{1}{m}$$

$$\boxed{\gamma = 0{,}03233 + j\,228{,}2}$$



$d > a > b$

De tre första resonansmod har resonansfrekvenserna
$f = 4{,}80$ GHz, $5{,}83$ GHz och $6{,}25$ GHz

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

De tre TM moderna som har lägst frekvens är

1) $f_{TM_{110}} = \frac{c}{2}\sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}}$ ty m och $n \neq 0$

2) $f_{TM_{111}} = \frac{c}{2}\sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{d^2}}$

$f_{TM_{112}} = \frac{c}{2}\sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{4}{d^2}}$ ty d är störst och därför blir $\frac{4}{d^2}$ mindre än $\frac{1}{a^2}$ och $\frac{1}{b^2}$

För TE_{mnp} har vi m eller $n \neq 0$ och $p \neq 0$

$f_{TE_{101}} = \frac{c}{2}\sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{d^2}}$ ty $a > b$

$f_{TE_{011}} = \frac{c}{2}\sqrt{\frac{1}{b^2} + \frac{1}{d^2}}$

$f_{TE_{111}} = \frac{c}{2}\sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2}} = f_{TM_{111}}$

forts. nästa sida

5

CHALMERS	Anonymous code / Anonym kod: EEM021-2	Points for question (to be filled in by teacher) / Poäng på uppgiften (ifylles av lärare)	Consecutive page no. / Löpande sid nr: 10 — Question no. / Uppgift nr: 4 forts

Vi ser nu att våra tre första är moder är TE_{101}, TE_{011} och TM_{110}

$f_{TE_{101}} = 4{,}80 \cdot 10^9 = \frac{c}{2}\sqrt{\frac{1}{a^2}+\frac{1}{d^2}} \Rightarrow \sqrt{\frac{1}{a^2}+\frac{1}{d^2}} = \frac{2 \cdot 4{,}8 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} = 32$

$\Rightarrow \frac{1}{a^2} + \frac{1}{d^2} = 1024 \Rightarrow \frac{1}{a^2} = 1024 - \frac{1}{d^2}$ (1)

$f_{TE_{011}} = \frac{c}{2}\sqrt{\frac{1}{b^2}+\frac{1}{d^2}} = 5{,}83 \cdot 10^9 \Rightarrow \sqrt{\frac{1}{b^2}+\frac{1}{d^2}} = 38{,}9$

$\frac{1}{b^2} + \frac{1}{d^2} = 1510{,}6$ (2)

$f_{TM_{110}} = \frac{c}{2}\sqrt{\frac{1}{a^2}+\frac{1}{b^2}} = 6{,}25 \cdot 10^9 \Rightarrow \sqrt{\frac{1}{a^2}+\frac{1}{b^2}} = 41{,}7$

$\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} = 1736{,}1$ (3)

$1024 - \frac{1}{d^2} + \frac{1}{b^2} = 1736{,}1 \Rightarrow \frac{1}{b^2} = 1736{,}1 - 1024 + \frac{1}{d^2}$

$\Rightarrow 1736{,}1 - 1024 + \frac{1}{d^2} + \frac{1}{d^2} = 1510{,}6 \Rightarrow \frac{2}{d^2} = 798{,}5$

$\Rightarrow d^2 = \frac{2}{798{,}5} \Rightarrow d = 0{,}05$

$\frac{1}{a^2} + \frac{1}{0{,}05^2} = 1024 \Rightarrow \frac{1}{a^2} = 624 \Rightarrow a^2 = \frac{1}{624} \Rightarrow a = 0{,}04$

$\frac{1}{b^2} + \frac{1}{0{,}05^2} = 1510{,}6 \Rightarrow \frac{1}{b^2} = 1110{,}6 \quad b^2 = \frac{1}{1110{,}6} \Rightarrow b = 0{,}03$

Måtten är 3 cm · 4 cm · 5 cm och vi uppfyller $d > a > b$

Svar: $b = 3$ cm $a = 4$ cm $d = 5$ cm

Uppgift 5:

$$A_{e_1} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{D1} \quad , \quad G_{D1} = 100$$

$R = 30\,m$

$$\frac{P_L}{P_{UT}} = \frac{A_{e_1} A_{e_2}}{\lambda^2 R^2} = \frac{\cancel{\lambda^2} G_D A_{e_2}}{4\pi \cancel{\lambda^2} R^2} = \frac{A_{e_2}}{4\pi \times 9} = 10^{-3}$$

$$A_{e_2} = \frac{36\pi}{10^3} = \underline{0.113\ m^2}.$$

Lösning

4×4 $\frac{\lambda}{2}$ - antenner med

$$\mathbb{E} = \hat{\theta}\, E_m\, F(\theta)\, e^{-j\beta R}$$

$$E_m = j\frac{\eta_0 I_m}{2\pi R}$$

$$F(\theta) = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right)}{\sin\theta}$$

Addera fält från varje antenn!

Approx. : Sätt $R \approx R_0$ i uttryck för E_m.
I exponentialen antar vi parallella "strålar" till R.

$$\longrightarrow \mathbb{E}_{rad1} \cong \hat{\theta}\, E_m\, F(\theta)\left\{ e^{-j\beta R_0} + e^{-j\beta(R_0 - d\cos\varphi)} + \right.$$

$$\left. + e^{-j\beta(R_0 - 2d\cos\varphi)} + e^{-j\beta(R_0 - 3d\cos\varphi)} \right\} =$$

$$= \hat{\theta}\, E_m\, F(\theta)\, e^{-j\beta R_0}\left\{ 1 + r + r^2 + r^3 \right\}$$

$$r = e^{j\beta d\cos\varphi}$$

Trick : $(1-r)\left\{1 + r + r^2 + r^3\right\} =$

$$= \left[1 + r + r^2 + r^3\right] - \left[r + r^2 + r^3 + r^4\right] = 1 - r^4$$

$$\rightsquigarrow \quad 1 + r + r^2 + r^3 = \frac{1 - r^4}{1 - r}$$

Alltså:

$$\mathbb{E}_{rad1} \equiv \hat{\theta}\, E_m\, F(\theta)\, e^{-j\beta R_0} \frac{1 - e^{j4\beta d\cos\varphi}}{1 - e^{j\beta d\cos\varphi}} =$$

$$= \hat{\theta}\, E_m\, F(\theta)\, e^{-j\beta R_0} \frac{\left(-e^{j2\beta d\cos\varphi}\right)}{\left(-e^{j\frac{\beta}{2}d\cos\varphi}\right)} \frac{\frac{e^{j2\beta d\cos\varphi} - e^{-j2\beta d\cos\varphi}}{2i}}{\frac{e^{j\frac{\beta}{2}d\cos\varphi} - e^{-j\frac{\beta}{2}d\cos\varphi}}{2i}} =$$

$$= \hat{\theta}\, E_m\, F(\theta)\, e^{-j\beta R_0}\, e^{j\frac{3}{2}\beta d\cos\varphi} \frac{\sin\left[2\beta d\cos\varphi\right]}{\sin\left[\frac{\beta}{2}d\cos\varphi\right]}$$

Rad 2: $\quad R_0 \longrightarrow R_0 - d\sin\varphi$

Rad 3: $\quad R_0 \longrightarrow R_0 - 2d\sin\varphi$

Rad 4: $\quad R_0 \longrightarrow R_0 - 3d\sin\varphi$

$$\rightsquigarrow \quad \mathbb{E}_{tot} = \mathbb{E}_{rad1}\left\{1 + s + s^2 + s^3\right\}$$

$$s \equiv e^{j\beta d\sin\varphi}$$

$$\rightsquigarrow \quad \mathbb{E}_{tot} = \mathbb{E}_{rad1} \frac{1 - s^4}{1 - s} = \ldots =$$

$$= \mathbb{E}_{rad1}\, e^{j\frac{3}{2}\beta d\sin\varphi} \frac{\sin\left[2\beta d\sin\varphi\right]}{\sin\left[\frac{\beta}{2}d\sin\varphi\right]} =$$

$$= \left\{ \beta d = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{2} = \pi \right\} =$$

$$= \hat{\theta}\, E_m\, F(\theta)\, e^{-j\beta R_0}\, e^{j\frac{3\pi}{2}[\cos\varphi + \sin\varphi]} \times$$

$$\times \quad \frac{\sin[2\pi\cos\varphi]\,\sin[2\pi\sin\varphi]}{\sin[\frac{\pi}{2}\cos\varphi]\,\sin[\frac{\pi}{2}\sin\varphi]} =$$

$$= \left\{ \theta = \frac{\pi}{2} \rightsquigarrow F(\theta = \tfrac{\pi}{2}) = \frac{\cos(\frac{\pi}{2}\cos\frac{\pi}{2})}{\sin\frac{\pi}{2}} = \right.$$

$$\left. = \frac{\cos 0}{\sin\frac{\pi}{2}} = 1 \right\} = \hat{\theta}\, E_m\, e^{-j\beta R_0}\, e^{j\frac{3\pi}{2}[\cos\varphi - \sin\varphi]} \times$$

$$\times \quad \frac{\sin[2\pi\cos\varphi]\,\sin[2\pi\sin\varphi]}{\sin[\frac{\pi}{2}\cos\varphi]\,\sin[\frac{\pi}{2}\sin\varphi]}$$

Alltså:

$$\text{Gruppfaktorn} \propto |\mathbb{E}_{tot}| \propto | \qquad |$$

Lösning uppgift 5, 2011-08-25

a) S_{11} följer en konstant resistans-cirkel $r = 1.4$, medan reaktansen går från 0 ($f=0$) upp till $x = 1.4$ för $f = 5$ GHz. Vi har en spole L i serie med en resistans R.

$$R = r \cdot Z_0 = 1.4 \times 50 = \underline{70\,\Omega}$$

$$\omega L = x \cdot Z_0 \Rightarrow L = \frac{1.4 \cdot 50}{2\pi \cdot 5 \cdot 10^9} = \underline{2.23\,nH}$$

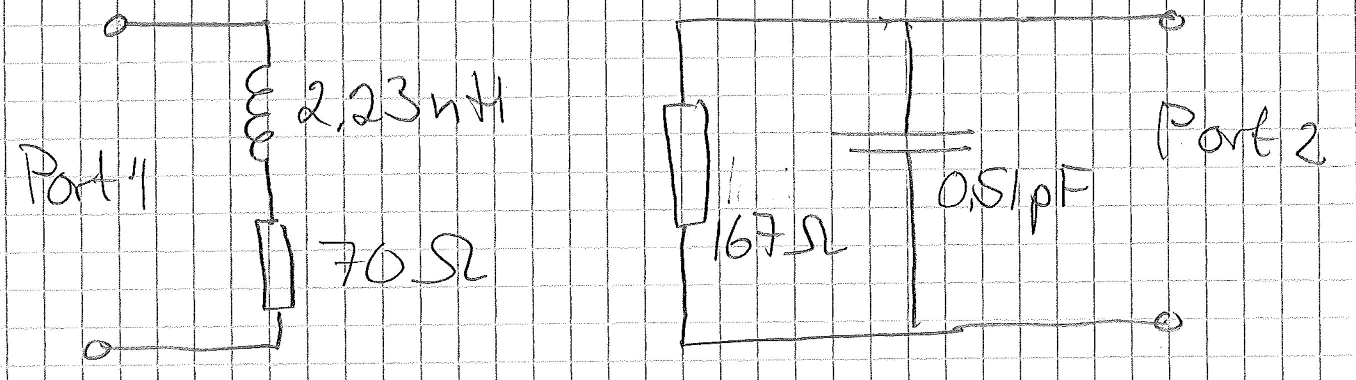
För låga frekvenser är en spole en kortslutning ($Z = R$).

S_{22} följer en konstant konduktans-cirkel $g = 0.3$, medan susceptansen varierar från 0 till $b = 0.8$ för $f = 5$ GHz. (För låga frekvenser är kondensatorn en öppen ledare, $Y = G$)

$$G = g \cdot Y_0 = \frac{g}{Z_0} = \frac{0.3}{50} = \underline{6.0\,mS}$$

$$\omega C = b \cdot Y_0 \Rightarrow C = \frac{0.8}{50 \cdot 2\pi \cdot 5 \cdot 10^9} = \underline{0.51\,pF}$$

Vi får alltså nedanstående tvåport.



b) $|S_{11}| = 0.53$

$\arg(S_{11}) = 44°$

$|S_{22}| = 0.7$

$\arg(S_{22}) = -80°$

c) En nätverksanalysator mäter s-parametrar för en krets eller komponent. Den innehåller både signalkälla och mottagare.

En spektrumanalysator mäter frekvensinnehållet (amplitud som funktion av frekvens) för en okänd signal. Den innehåller bara en mottagare.

Uppgift 5. Y/Z Smith-diagrammet nedan visar S_{11} och S_{22} för en tvåport. Frekvensen har svepts upp till 5 GHz och systemimpedansen Z_0=50 Ω. Både S_{12} och S_{21} var försumbara för alla frekvenser.

a) (4p) Bestäm ett ekvivalent schema för tvåporten.

b) (4p) Avläs S_{11} och S_{22} för 5 GHz. Visa tydligt hur du läser av dem i Smithdiagrammet. Riv ut sidan och bifoga den till din lösning.

c) (2p) Beskriv kortfattat skillnaden mellan nätverksanalysator och spektrumanalysator.