HFT 72, Tentamen i högfrekvensteknik, EEM021
2021-04-13, kl.8^{30}-12^{30}, ML14. Längd: 4 timmar.

Tillåtna hjälpmedel:	Beta, Physics Handbook, valfri kalkylator, formelsamling i Elektromagnetisk fältteori av Eva Palmgren, egna anteckningar i formelsamlingen (s.21) och på ett ensidigt A4 blad, dock inte skriva lösningar till gamla tentamensproblem eller till andra övningsexempel.
Frågor	Denis Meledin, tel. ankn. 1842
Resultatet	Anslås på omtenta hemsida.
Granskning	Sker på tid och plats som anges på omtentahemsida.
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 året duggan.
Poängen på uppgift 2 kan ersättas med resultatet på andra uppgiften på året duggan.
Poängen på uppgift 3 kan ersättas med resultatet på tredje uppgiften på året duggan.

Transmissionsledning

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

Kretsen som visas i figuren 1 nedan har två parallellkopplade stubbar, inkopplade i samma punkt på en transmissionsledning med karakteristisk impedans Z_0 = 50 Ω och dielektrisk kontant (ε_r=1). Lasten är Z_L= 75Ω. Längden av stubbarna är given för en viss våglängden λ_0., som motsvarar frekvensen f_0. Stubben med längden $L_{st2}=\lambda_0/12$ och karakteristisk impedans 50Ω är öppen. Den andra stubben den med längden L_{st1} är kortsluten, och har karakteristisk impedans 100 Ω.

a). Hitta L_{st1} för at $Z_{in}=Z_L$vid signalfrekvensen f_0.

b) vilken typ av susceptans (kapacitiv eller induktiv) medför den öppna och den kortsluten stubbarna vid f_0.

b). Med L_{st1} from a). bestämm Z_{in} och ståendevågförhållandet s vid signalfrekvensen $3f_0$.

<u>Lös med hjälp av Smithdiagrammet</u>

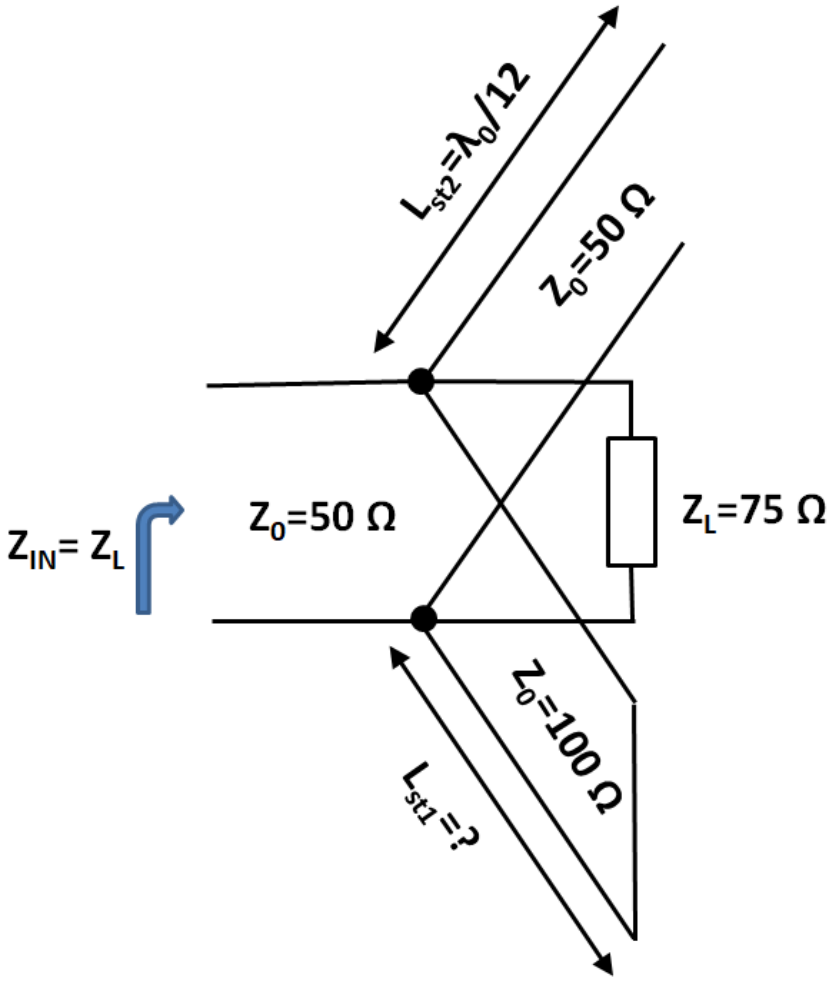


Fig.1

<u>Uppgift 2 (7p):</u>

En specialform generator med inre resistans Rg=15Ω är ansluten till en **förlustfri luftfylld** transmissionsledning med L=3.6 m och karakteristika impedansen av Z_0=60Ω, enligt figurer 3 nedan samt vågparametrar (figuren 2). Kretsen är ansluten till lasten med resistansen R_L=90Ω. Vid t=0, slås generatorn på och en signal har skickas.

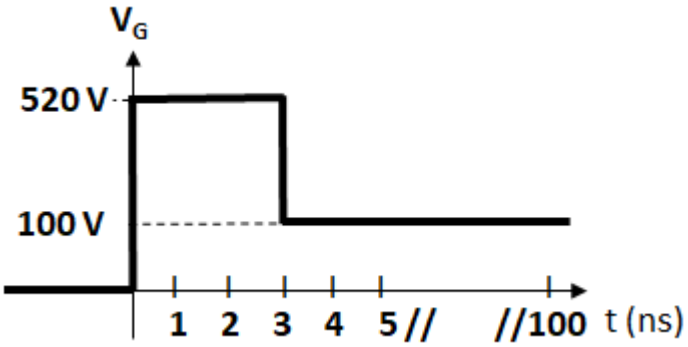


Fig.2 Signal parametrar som generator levererar (Vg)

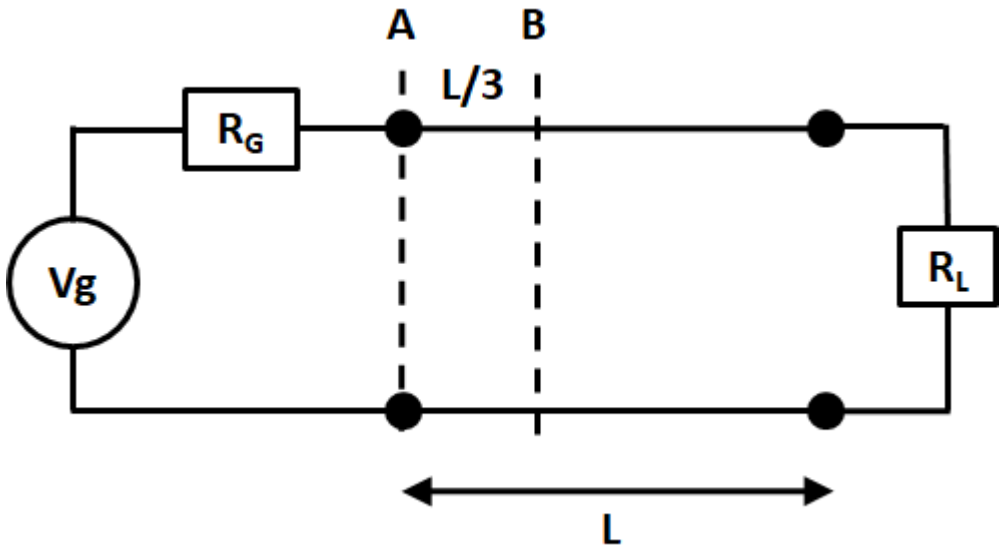


Fig.3 Kretsen

(a) Skissa reflektions diagram och spänningsvariationen för tider 0 < t <50ns, vid L/3 från linjens ingång (position B) på ledningen, om signalen består av en puls med längd τ_{puls} = 3ns och sedan står spänningen kvar på generator (figur 2)

(b) Hitta strömmensvariationen för tider 0 < t <45ns vid transmissionsledningen ingång (punkt A i figur 3)

Vågledare:

Uppgift 3 (10p):

För en viss rektangulär vågledare fylld med dielektrisk kontant (ε_r=4) gäller att brytfrekvensen är 9.00 GHz för TE_{30}-moden och 7.81 GHz för TM_{21} -moden.

a). Bestäm storleken av vågledaren;
b). Beräkna fas- och grupphastigheterna för näst dominanta moden vid signaler som utbreder sig med frekvenser 5.0 och 5.5 GHz;
c). vad är frekvensområdet där vi har singelmod utbredning med dominanta moden i vågledaren?
d). vad är randvillkor for en TE våg i vågledaren;

Uppgift 4 (7p):

En cylindrisk resonator fylld med luft har en längd **d**=6 cm. Två TE_{12n} moder som skiljer sig med 2 i indexen **n** resonerar vid 11.000 GHz och 14.856 GHz.

Beräkna* radien av *kaviteten samt vilka moder de ovanstående resonansfrekvenserna relateras till.

Antenner:

Uppgift 5 (6p):

Du har fått för uppgift att bygga ett radarsystem som kan detektera ett föremål med radartvärsnitt 20 m^2 på 500 km avstånd. Därför har du lämnat en anbudsförfrågan och endast två system offererades, som också är inom budget:

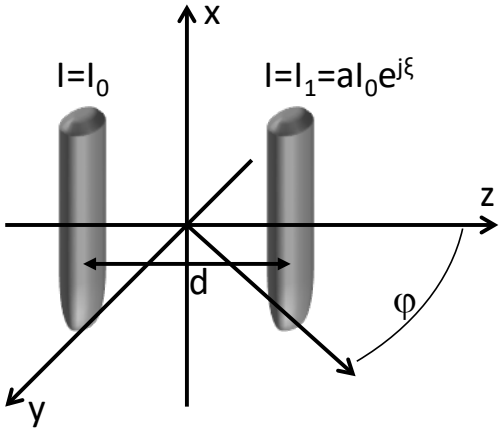
System 1:
Ett radarsystem med en 500 kW sändare, som opererar med signaler med 3 cm våglängd. Det minsta signal som mottagaren kan detektera är -90 dBm. Antennen har en effektivyta på $5m^2$.

System 2:
Ett radarsystem med en 500 kW sändare. Det minsta signal som mottagaren kan detektera är -110 dBm. Antennen har en effektivyta på $10m^2$, samt en förstärkning på 37 dB.

Vilket system skall du föreslå skaffa och varför?

Uppgift 6 (10p):

Johan mäter strålningsdiagrammet av en gruppantenn som består av 2 halvvågsdipoler med avståndet $d=\lambda/2$ mellan dem. Den första dipolen matas med strömmen I_0 medan den andra matas med strömmen I_1 ($\neq I_0$ i amplitud och fas), se figuren nedan.

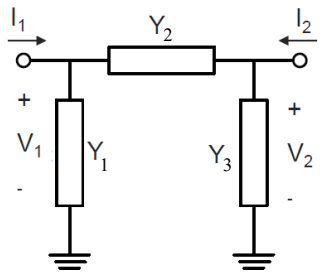


a) Johan märker att för vinkeln $\varphi=45$ grader, strålar gruppantennen i fjärfältet ett elektriskt fält, som är hälften så stor (dvs halva amplitud men samma fas), som fältet han skulle få vid samma vinkel om han endast hade en antenn: den första dipolen som matades med strömmen I_0.
Beräkna förhållandet mellan I_1 och I_o, samt fasskillnaden mellan dem.

b) Johan vill att gruppantennen skall ha en endfire egenskap och bestämmer att det lättaste vore att ***endast ändra avståndet mellan dipolerna***, jämfört med a)
Vilket avstånd mellan dipolerna krävs för att får en endfire gruppantenn?

Uppgift 7 (10p):

En elektrisk krets konfigurerar som ett PI-nät har mätts upp vid 2 GHz. Varje admittans (Y_1, Y_2, och Y_3) består av en eller två komponenter (R, L, eller C). Y-parametrarna för Pi-nätet är uppmätta till:



$$Y = \begin{bmatrix} 0.05 + j0.15 & -j0.1 \\ -j0.1 & 0 \end{bmatrix}$$

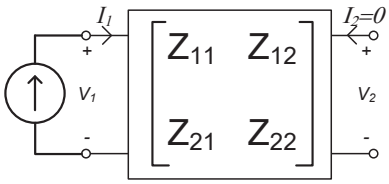
a) **Bestäm komponenterna (antal och typ) för respektive admittans (Y_1, Y_2, och Y_3) (4p)**
b) **Bestäm komponentvärdena (3p)**
c) **Bestäm ifall kretsen är reciprok, symmetrisk, samt förlustfri. Motivera. (3p)**

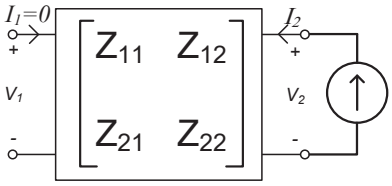
Hint: Använd Formelsamling Mikrovågselektronik bifogat

Impedansparametrar (Z)

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

- Stimulus: Ström **I** = [I_1, I_2]
- Respons: Spänning **V** = [V_1, V_2]
- Z_{11} och Z_{22} är in- och utimpedans när motsatt port är öppen
- Z_{12} och Z_{21} är transimpedanser



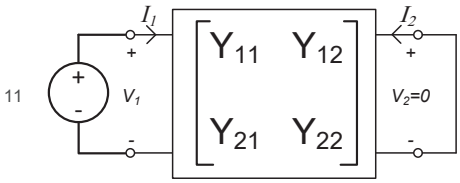


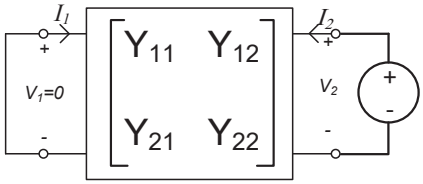
$$Z_{11} = \left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{I_2=0} \quad Z_{21} = \left.\frac{V_2}{I_1}\right|_{I_2=0} \qquad Z_{22} = \left.\frac{V_2}{I_2}\right|_{I_1=0} \quad Z_{12} = \left.\frac{V_1}{I_2}\right|_{I_1=0}$$

Admittansparametrar (Y)

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

- Stimulus: Spänning **V** = [V_1, V_2]
- Respons: Ström **I** = [I_1, I_2]
- Y_{11} och Y_{22} är in- och utadmittans när motsatt port är kortsluten
- Y_{12} och Y_{21} är transadmittanser



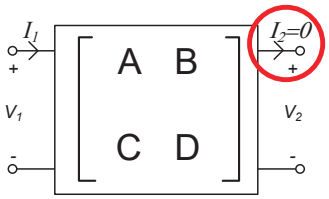


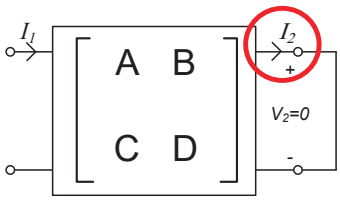
$$Y_{11} = \left.\frac{I_1}{V_1}\right|_{V_2=0} \quad Y_{21} = \left.\frac{I_2}{V_1}\right|_{V_2=0} \qquad Y_{22} = \left.\frac{I_2}{V_2}\right|_{V_1=0} \quad Y_{12} = \left.\frac{I_1}{V_2}\right|_{V_1=0}$$

Kaskadparametrar (ABCD)

- Stimulus: Tillstånd på utgången [V_2, I_2]
- Respons: Tillstånd på ingången [V_1, I_1]
- A och D motsvarar förstärkning
- B och C har dimensionerna impedans respektive admittans

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$



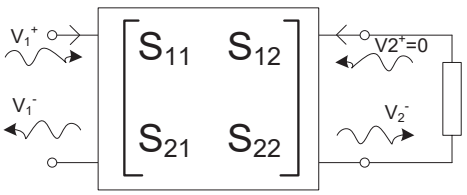


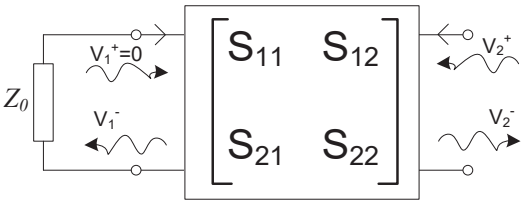
$$A = \left.\frac{V_1}{V_2}\right|_{I_2=0} \quad C = \left.\frac{I_1}{V_2}\right|_{I_2=0} \quad B = \left.\frac{V_1}{I_2}\right|_{V_2=0} \quad D = \left.\frac{I_1}{I_2}\right|_{V_2=0}$$

Spridningsparametrar (S)

- Stimulus: Inkommande vågor [V_1^+, V_2^+]
- Respons: Utgående vågor [V_1^-, V_2^-]
- S_{11} och S_{22} är in- och utgångsreflektionsfaktor
- S_{12} och S_{21} är transmission
- För en reciprok två-port så gäller $S_{12}=S_{21}$

$$\begin{bmatrix} V_1^- \\ V_2^- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1^+ \\ V_2^+ \end{bmatrix}$$

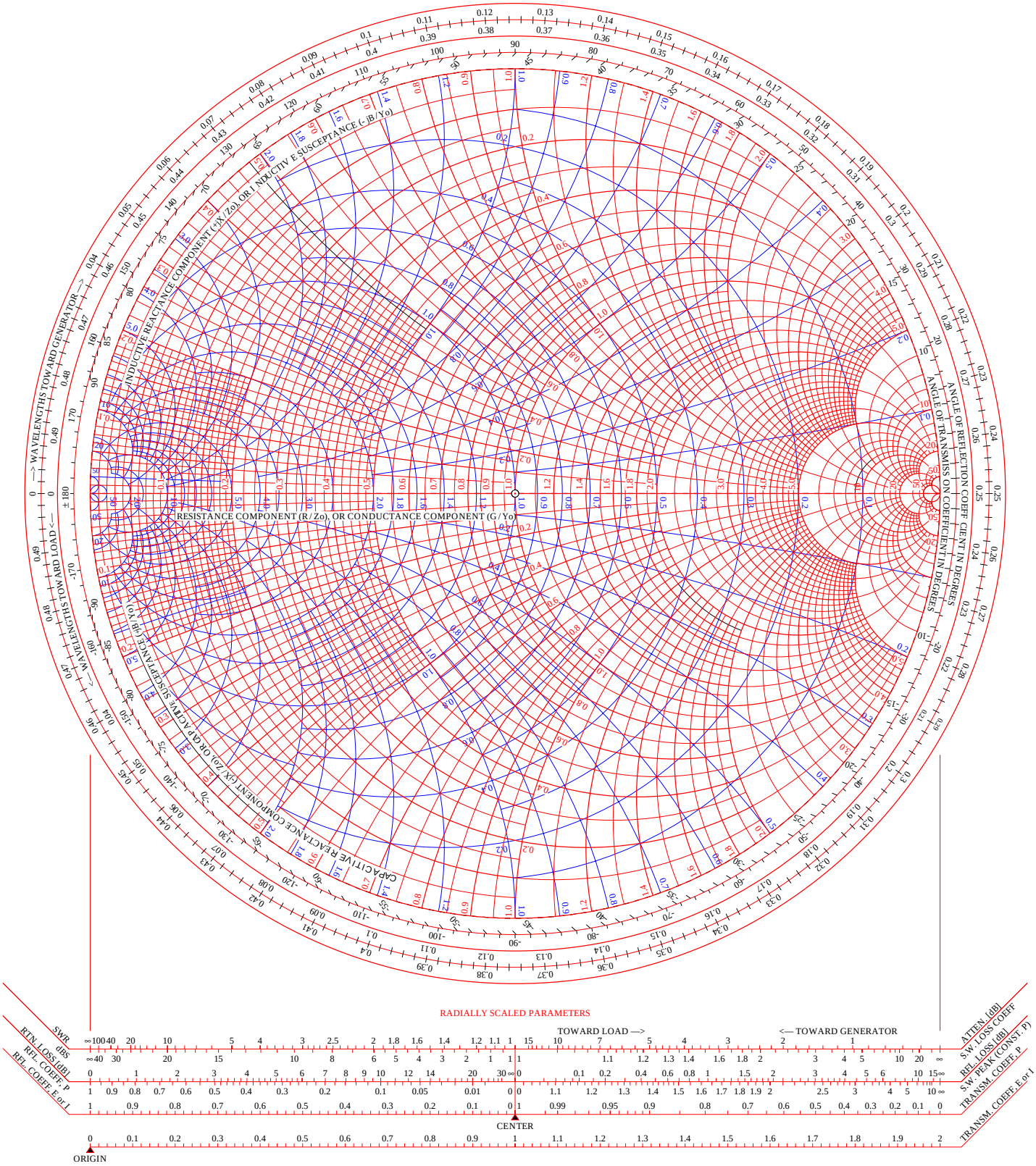




$$S_{11} = \left.\frac{V_1^-}{V_1^+}\right|_{V_2^+=0} \quad S_{21} = \left.\frac{V_2^-}{V_1^+}\right|_{V_2^+=0} \quad S_{12} = \left.\frac{V_1^-}{V_2^+}\right|_{V_1^+=0} \quad S_{22} = \left.\frac{V_2^-}{V_2^+}\right|_{V_1^+=0}$$

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

HFT 72, Tentamen i högfrekvensteknik, EEM021
2021-04-13, kl.8^{30}-12^{30}, ML14. Längd: 4 timmar.

Transmissionsledning

Uppgift 1 (10p):

Kretsen som visas i figuren 1 nedan har två parallellkopplade stubbar, inkopplade i samma punkt på en transmissionsledning med karakteristisk impedans Z_0 = 50 Ω och dielektrisk kontant (ε_r=1). Lasten är Z_L= 75Ω. Längden av stubbarna är given för en viss våglängden λ_0., som motsvarar frekvensen f_0. Stubben med längden $L_{st2}=\lambda_0/12$ och karakteristisk impedans 50Ω är öppen. Den andra stubben den med längden L_{st1} är kortsluten, och har karakteristisk impedans 100 Ω.

a). Hitta L_{st1} för at $Z_{in}=Z_L$ vid signalfrekvensen f_0.

b) vilken typ av susceptans (kapacitiv eller induktiv) medför den öppna och den kortsluten stubbarna vid f_0.

b). Med L_{st1} from a). bestämm Z_{in} och ståendevågförhållandet s vid signalfrekvensen $3f_0$.

Lös med hjälp av Smithdiagrammet

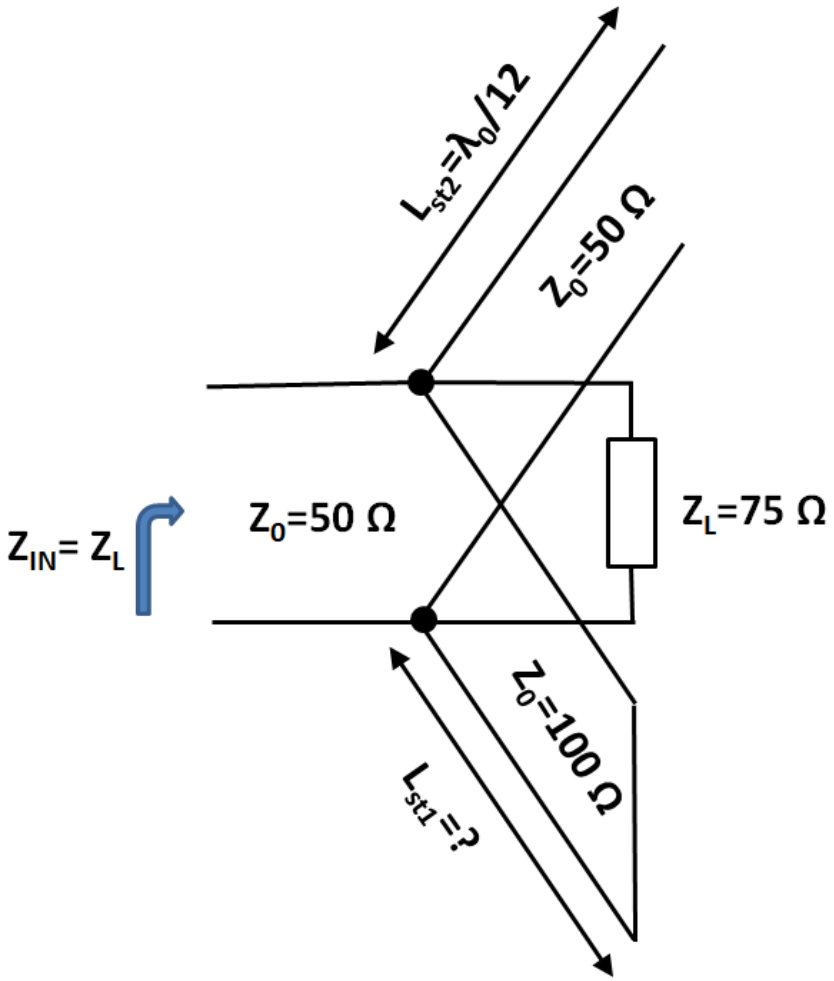
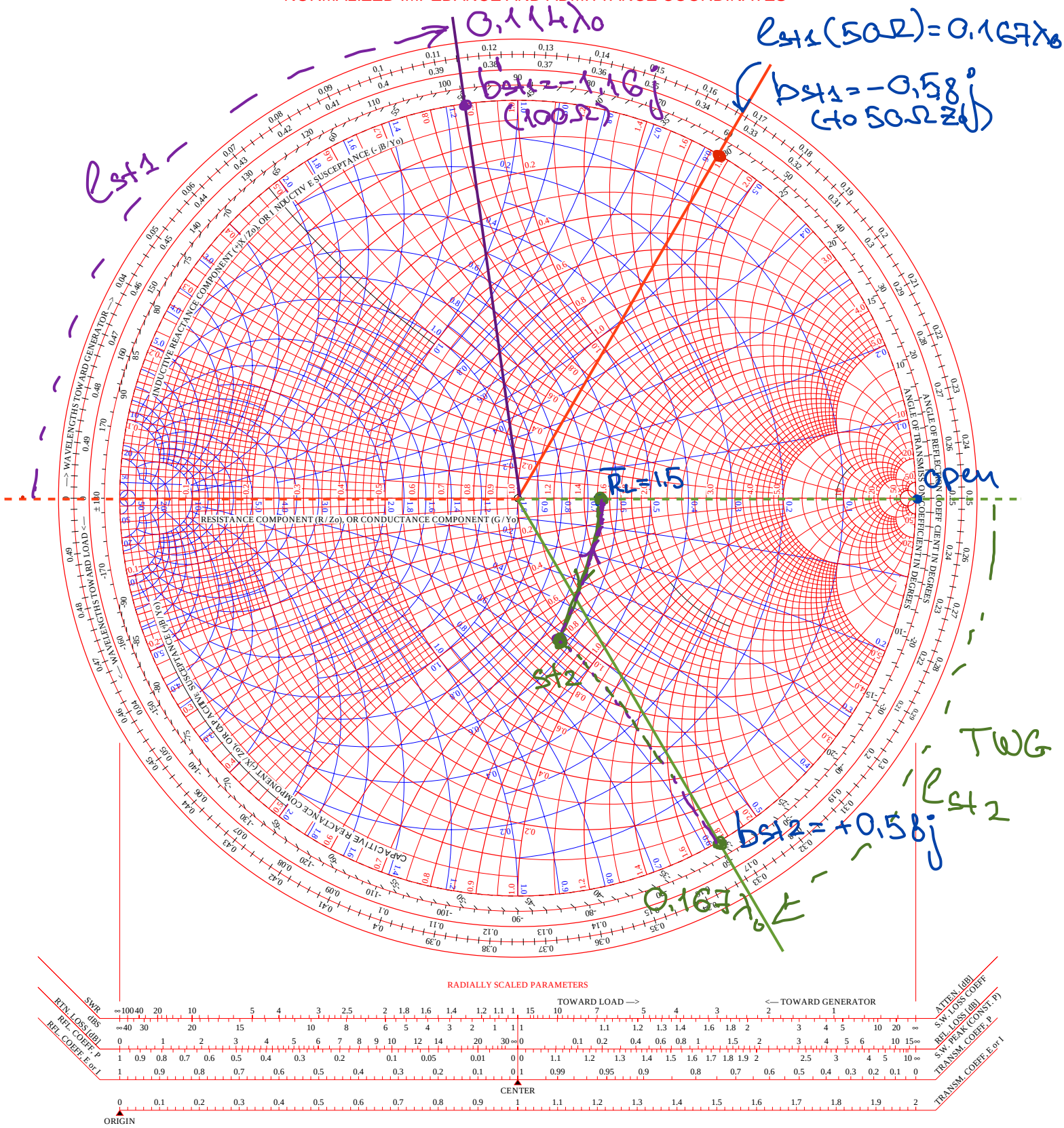


Fig.1

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

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



1.) $R_L = 75\,\Omega$ $\quad \bar{R}_L = 1{,}5$ $\quad$ I

2). $\bar{Z}_{in} = \bar{R}_L = 1{,}5$

2 parallel stubs to load

$\bar{Y}_{in} = \bar{Y}_L + \bar{Y}_{st1} + \bar{Y}_{st2} = \bar{Y}_L \rightarrow \bar{Y}_{st1} + \bar{Y}_{st2} = 0$

$l_{st2} = 1/12 \cdot \lambda_0 \rightarrow$ open stub

$l_{st2} = 0{,}25 - 0{,}83333 = 0.1667\,\lambda_0$ – TWG ↻

$\bar{Y}_{st2} = b_{st2} = +0{,}58\,j$

$\bar{Y}_{st1} = b_{st1} = -b_{st2} = -0{,}58\,j$

but $Z_0' = 100\,\Omega$ now! $\Rightarrow$ renormilize!

$Y_{st1} = -0{,}58\,j / Z_{01}$ $(50\,\Omega)$

$\bar{Y}_{st1}' = Y_{st1} \cdot Z_{02}$ $(100\,\Omega)$

$\bar{Y}_{st1}' = \frac{Z_{02}}{Z_{01}} \bar{Y}_{st1} = 2 \cdot (-0.58\,j) = -\underline{1.016}\,j$

$\bar{Y}_{st1}' \Rightarrow$ short $\Rightarrow l_{st1}' = \underline{\underline{0.114\,\lambda_0}}$ ▨

II IF $f_1 = 3f_0$, but $l_{st2} = 1/12\,\lambda_0$

$l_{st1}' = 0.114\,\lambda_0$

$\beta_0 l_{st2} = \frac{2\pi}{\lambda_0} l_{st2} = \frac{\pi}{6}$

$\beta_1 l_{st2} = \frac{2\pi}{\lambda_1} l_{st2} = 3 \cdot \beta_0 l_{st2} = \frac{\pi}{2}$ (from open)

<u>open $\rightarrow$ short</u> !

$l_{st}' = 0.114\,\lambda_0$ $(Z_0 = 100\,\Omega)$

$l_{st} = 0.167\,\lambda_0 = \frac{\lambda_0}{6}$ $(Z_0 = 50\,\Omega)$

$$\beta_0 l_{st2} = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot l_{st2} = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot \frac{\lambda_0}{6} = \frac{\pi}{3}$$

$$\beta_1 l_{st2} = \frac{2\pi}{\lambda_1} l_{st2} = 3 \cdot \beta_0 l_{st2} = \pi$$

<u>still short!</u>

<u>Result:</u> at $f = 3f_0$ $Z_{in} = \emptyset$, $R_{min} = 0$

$S = \infty$

$Z_{in} = Z_L$ @ f_0

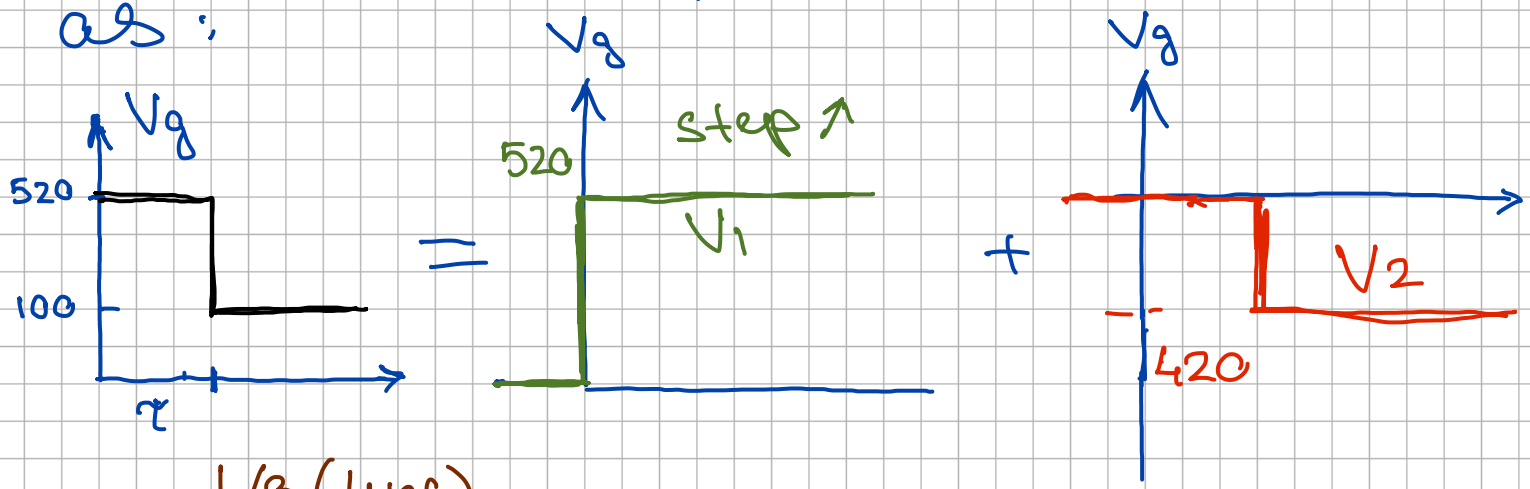
$Z_{in} = 0$ @ $3f_0$

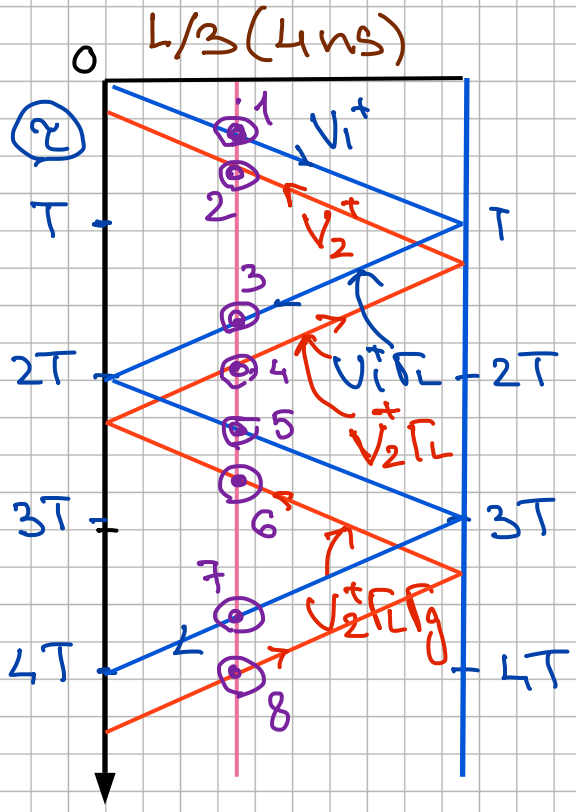
III. Stub 2 → open → add capacitance

Stub 1 - short → add inductance

Uppgift 2 :

This special form pulse can be define as :





$$T = \frac{L}{C_0} = \frac{3.6}{3 \cdot 10^8} = 12 \text{ (ns)}$$

$$t(L/3) = 4 \text{ ns}$$

$$V_1^+ = \frac{V_1}{R_g + R_0} \cdot R_0 = 416 \text{ (V)}$$

$R_g = 15\,\Omega$, $R_0 = 60\,\Omega$, $R_L = 90\,\Omega$

$$V_2^+ = \frac{V_2}{R_g + R_g} R_0 = -336 \text{ (V)}$$

$\Gamma_L = 0.2 \qquad \Gamma_g = -0.6$

I

$V(L/3, t)$

1) @ $t_1 = 4$ ns $\quad V_1 = V_1^+ = 416$ (V)

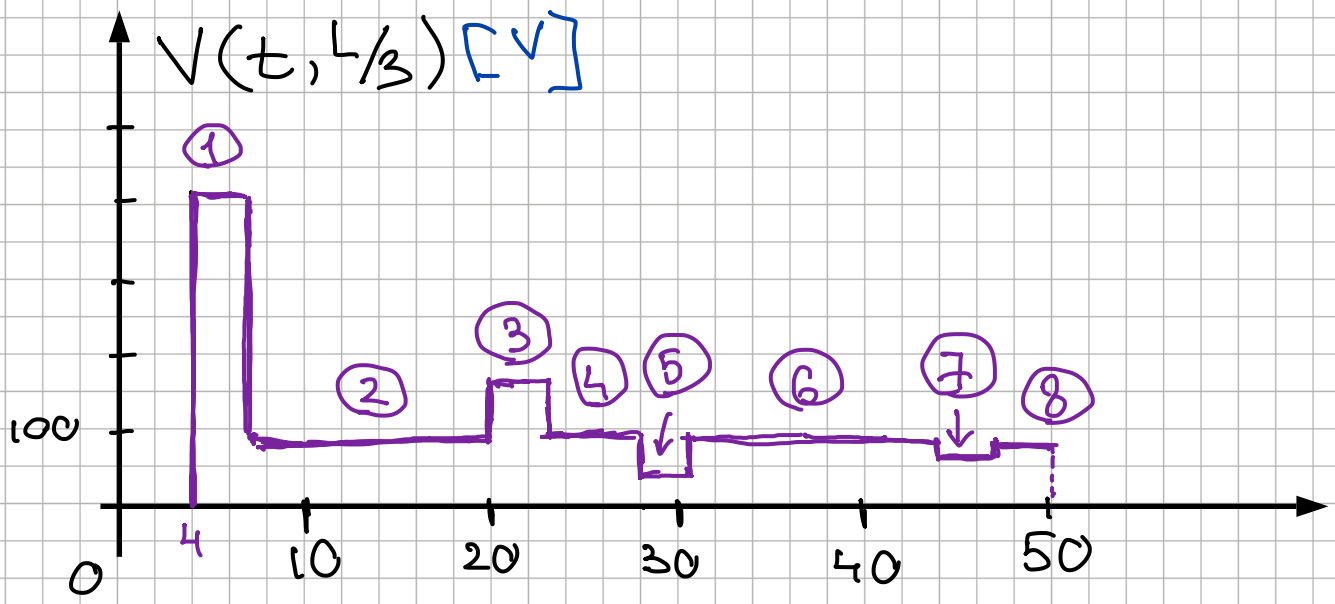
2) @ $t_2 = t_1 + \tau = 7$ ns

$V_2 = V_1 + V_2^+ = 80$ (V)

3) @ $t_3 = T + \frac{2}{3}T = 20$ ns

$V_3 = V_2 + V_1^+ \Gamma_L = 163$ (V)

4) @ $t_4 = t_3 + \tau = 23$ ns



$V_4 = V_3^- + V_2^+ \Gamma_L = 96\ (V)$

5). @ $t_5 = 2T + T/3 = 28\ ns$

$V_5 = V_4 + V_1^+ \Gamma_L \Gamma_g = 46\ (V)$

6). @ $t_6 = t_5 + \tau = 31\ ns$

$V_6 = V_5 + V_2^+ \Gamma_L \Gamma_g = 86\ (V)$

7). @ $t_7 = 3T + \frac{2T}{3} = 36 + 8 = 44\ ns$

$V_7 = V_6 + V_1^+ \Gamma_L^2 \Gamma_g = 76\ (V)$

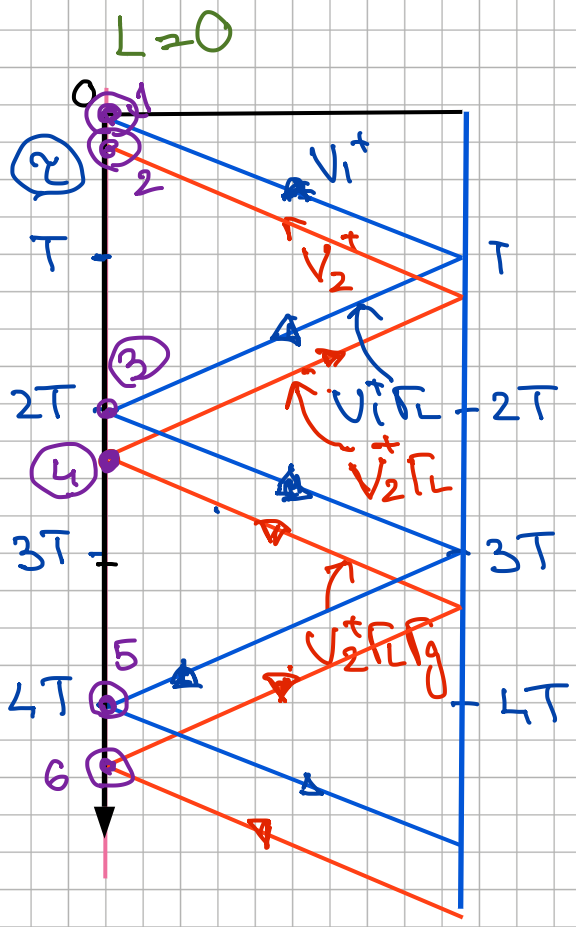
8). @ $t_8 = t_7 + \tau = 47\ ns$

$V_8 = V_7 + V_2^+ \Gamma_L^2 \Gamma_g = 84.5\ (V)$

<u>4 bounces</u> !

II $I(0,t)$

$\Gamma_I = -\Gamma_L$



1) @ $t_1 = 0$ $\quad V_1 = V_1^+ / R_0$

$I_1 = 6.93\,(A)$

2) @ $t_2 = 3\,ns$

$I_2 = (V_1^+ + V_2^+)/R_0$

$I_2 = 1.33\,A$

3) @ $t_3 = 2T = 24\,ns$

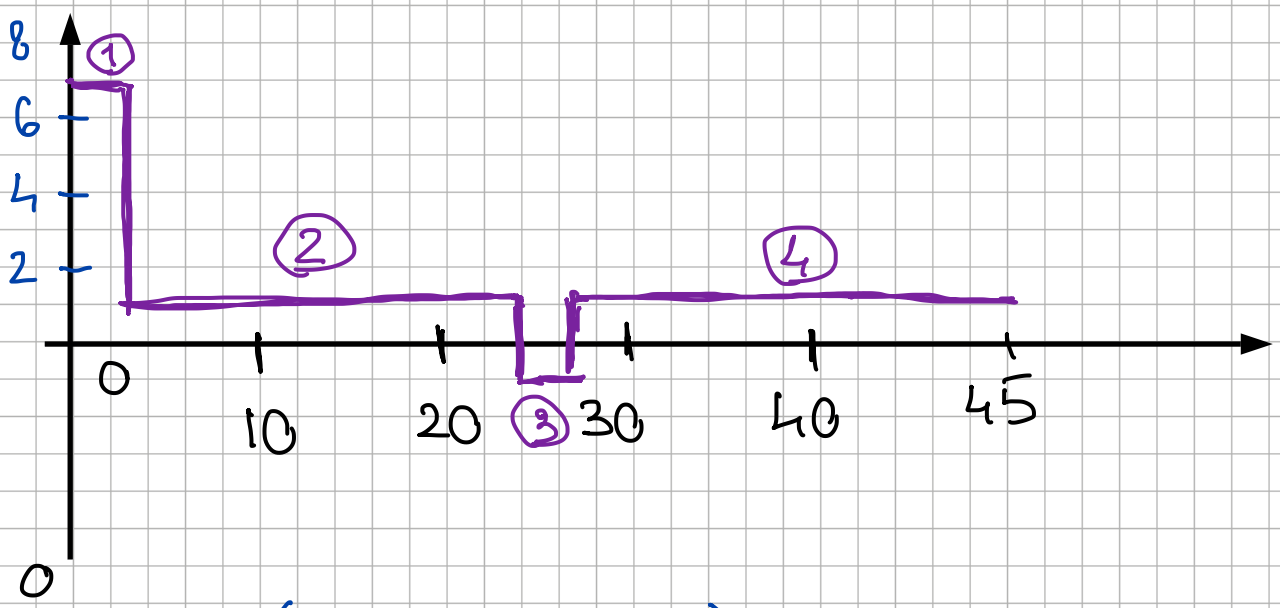
$$I_3 = I_2 - \frac{(V_1^+\Gamma_L - V_1^+\Gamma_L\Gamma_g)}{R_0}$$

$$I_3 = I_2 - \frac{V_1^+\Gamma_L}{R_0}(1-\Gamma_g)$$

$= -0.89\,(A)$

4) @ $t_4 = t_3 + \tau = 27\,ns$

$I(0,t)$



$$I_4 = I_3 - (V_2^+\Gamma_L - V_2^+\Gamma_L\Gamma_g)/R_0$$

$$I_4 = I_3 - \frac{V_2^+\Gamma_L}{R_0}(1-\Gamma_g) = 0.91\,(A)$$

5) $t_5 = 4T = 48\,ns > 45\,ns$!

2 pulses !

Vågledare:

Uppgift 3 (10p):

Lösning:

a). $fc_{TE3,0} = \frac{c_0}{2\pi\sqrt{\varepsilon_r}} h_{3,0} = \frac{c_0}{2\pi\sqrt{\varepsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{3\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{0\pi}{b}\right)^2} = \frac{c_0}{2\pi\sqrt{\varepsilon_r}} \left(\frac{3\pi}{a}\right) = 1.5 \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r} a}$

$a = 1.5 \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r} fc_{TE3,0}}$=25 (mm)

$fc_{TM2,1} = \frac{c_0}{2\pi\sqrt{e_r}} h_{2,1} = \frac{c_0}{2\pi\sqrt{e_r}} \sqrt{\left(\frac{2\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{1\pi}{b}\right)^2} = \frac{c_0}{2\sqrt{e_r}} \sqrt{\frac{4}{a^2} + \frac{1}{b^2}}$

$fc_{TM2,1}^2 = \frac{c_0^2}{4\varepsilon_r} \left(\frac{4}{a^2} + \frac{1}{b^2}\right)$;

$b = \left(\frac{4\varepsilon_r fc_{TM2,1}^2}{c_0^2} - \frac{4}{a^2}\right)^{-1/2}$ =15 (mm)

b). näst dominant mode är $TE_{0,1}$ med

$$fc_{TE0,1} = \frac{c_0}{2\pi\sqrt{\varepsilon_r}} h_{0,1} = \frac{c_0}{2\sqrt{\varepsilon_r} b} = 5\ (GHz)$$

$$\sqrt{1 - (f_c/f)^2} = \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} \frac{1}{\sqrt{1 - (f_c/f)^2}}$$

$$v_g = \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} \sqrt{1 - (f_c/f)^2}$$

Om signalen frekvens är f=5 GHz:
$\upsilon_{ph}=\infty$; $\upsilon_g=0$;
Om signalen frekvens är f=5.5 GHz:
$\upsilon_{ph}=1.2c_0$; $\upsilon_g=0.208c_0$;

c.) dominanta moden är TE1,0 med

$$fc_{TE1,0} = \frac{c_0}{2\pi\sqrt{\varepsilon_r}} h_{0,1} = \frac{c_0}{2\sqrt{\varepsilon_r} a} = 3\ (GHz)$$

singelmod utbredning villkor är: 3 GHz<f<5 GHz

d.) for TE wave, $E_z=0$
@ x=0,a; $E_y=0$ $(\partial H_z/\partial x)=0$ – x directions
@ y=0,b; $E_x=0$ $(\partial H_z/\partial y)=0$ – y direction

Uppgift 4 (7p):

Lösning:

$$f_{0_{TE1,2,n}} = \frac{c_0}{2\pi\sqrt{\varepsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{x'_{1,2}}{a}\right)^2 + \left(\frac{\pi n}{d}\right)^2} = \frac{c_0}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{x'_{1,2}}{a}\right)^2 + \left(\frac{\pi n}{d}\right)^2}$$

$$f_{0_{TE1,2,n+2}} = \frac{c_0}{2\pi\sqrt{\varepsilon_r}}\sqrt{\left(\frac{x'_{1,2}}{a}\right)^2 + \left(\frac{\pi(n+2)}{d}\right)^2} = \frac{c_0}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{x'_{1,2}}{a}\right)^2 + \left(\frac{\pi(n+2)}{d}\right)^2}$$

$x'_{1,2}$=5.331

$$\left(\frac{2f_{0_{TE1,2,n}}}{c_0}\right)^2 = \left(\frac{x'_{1,2}}{\pi a}\right)^2 + \left(\frac{n}{d}\right)^2 = A$$
$$\left(\frac{2f_{0_{TE1,2,n+2}}}{c_0}\right)^2 = \left(\frac{x'_{1,2}}{\pi a}\right)^2 + \left(\frac{(n+2)}{d}\right)^2 = B$$

$$A - B = \left(\frac{(n+2)}{d}\right)^2 - \left(\frac{n}{d}\right)^2 = \left(\frac{(4n+4)}{d^2}\right)$$
$$n = \frac{d^2(A-B)}{4} - 1 = 3$$

$$\left(\frac{x'_{1,2}}{a}\right)^2 + \left(\frac{\pi n}{d}\right)^2 = A\pi^2$$

$$a = \frac{{x'_{1,2}}^2}{\left(A\pi^2 - \left(\frac{\pi n}{d}\right)^2\right)} = 31.6\ (mm)$$

Antenner:

<u>Uppgift 5 (6p):</u>

Lösning

Vi räknar på det maximala avståndet, som radarn skulle kunna detektera ett föremål med radartvärsnitt 20 m^2

<u>System 1:</u>
Vi kan använda oss av radarekvation i sin standard form med effektivytan av antennen:

$$P_r = \frac{P_t \cdot A^2 \cdot \sigma}{4\pi\lambda^2 R^4} \Longrightarrow R_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_t \cdot A^2 \cdot \sigma}{4\pi\lambda^2 P_{rmin}}} \Longrightarrow R_{max} = \sqrt[4]{\frac{500000 \cdot 5^2 \cdot 20}{4\pi \cdot (0.03)^2 \cdot \left(10^{-3} * 10^{\frac{-90}{10}}\right)}}$$

$$\Longrightarrow R_{max} = 385\ km$$

<u>System 2:</u>
Frekvensen, som systemet använder in är angivet, men vi kan modifiera radarekvationen genom att använda förhållandet mellan effektivyta och förstärkning:

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot A$$

Vilket leder till en annan möjlig yttryck för radarekvationen:

$$P_r = \frac{P_t \cdot A^2 \cdot \sigma}{4\pi\lambda^2 R^4} \Longrightarrow P_r = \frac{P_t \cdot A \cdot \sigma}{4\pi R^4} \cdot \frac{A}{\lambda^2} \Longrightarrow P_r = \frac{P_t \cdot A \cdot \sigma}{4\pi R^4} \cdot \frac{G}{4\pi}$$

I detta fal får vi:

$$R_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_t \cdot G \cdot A \cdot \sigma}{(4\pi)^2 P_{rmin}}} \Longrightarrow R_{max} = \sqrt[4]{\frac{500000 \cdot 10^{\frac{37}{10}} \cdot 10 \cdot 20}{(4\pi)^2 \cdot \left(10^{-3} * 10^{\frac{-110}{10}}\right)}} \Longrightarrow R_{max} = 750\ km$$

Alltså endast system 2 uppfyller kraven att detektera en 20m^2 föremål på 500 km avstånd.

<u>Uppgift 6 (10p):</u>

Lösning

a)
Låt $I_1 = aI_0 e^{j\xi}$
Första dipolen strålar i fjärfältet en fält : $E_0 = A \cdot I_0 e^{j\theta}$
Andra dipolen strålar i fjärfältet en fält : $E_1 = A \cdot a \cdot I_0 e^{j\theta} e^{j\xi} e^{j\beta d \cdot \cos(\varphi)}$
Ur uppgiften får vi: $vid\ \varphi = \frac{\pi}{4}$: $E_0 + E_1 = \frac{E_0}{2}\ \ dvs\ E_1 = -\frac{E_0}{2}$

$$dvs: \begin{cases} |E_1| = \left|\frac{E_0}{2}\right| \\ \angle E_1 = \pi + \angle\frac{E_0}{2} \end{cases} => \begin{cases} |A \cdot a \cdot I_0| = \frac{|A \cdot I_0|}{2} \\ \xi + \beta d \cdot \cos(45°) = \pi \end{cases} => \begin{cases} a = \frac{1}{2} \\ \xi + \frac{2\pi}{\lambda}\frac{\lambda}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \pi \end{cases} => \begin{cases} a = \frac{1}{2} \\ \xi = \pi\frac{2-\sqrt{2}}{2} \end{cases}$$

b)
För att ha en endfire antenn, skall det maximala fältet strålas vid $\varphi = 0$.
Detta innebär att E_0 och E_1 är i fas för $\varphi = 0$
Detta leder till $\xi + \beta d \cdot \cos(0°) = 0\ eller\ 2\pi$

$$\begin{cases} \xi + \beta d \cdot \cos(0°) = 0 \\ eller \\ \xi + \beta d \cdot \cos(0°) = 2\pi \end{cases} => \begin{cases} \pi\frac{2-\sqrt{2}}{2} + \frac{2\pi}{\lambda} d \cdot 1 = 0 \\ eller \\ \pi\frac{2-\sqrt{2}}{2} + \frac{2\pi}{\lambda} d \cdot 1 = 2\pi \end{cases} => \begin{cases} d = -\frac{\lambda}{4}(2-\sqrt{2})\ \ :\ Omöjligt! \\ eller \\ d = \frac{\lambda}{4}(2+\sqrt{2})\ \ :\ ok! \end{cases}$$

Mikrovågsteknik

<u>Uppgift 7 (10p):</u>

Lösning

a) Admittanserna (Y_1, Y_2, och Y_3) ges direkt av Y-parametrarna enligt följande:

$$Y_1 = Y_{11} + Y_{12} = 0.05 + j0.05$$
$$Y_2 = -Y_{12} = j0.1$$
$$Y_3 = Y_{22} + Y_{12} = -j0.1$$

Y_1 består av en resistans (R1) parallellt med en kondensator (C1)
Y_2 består av en kondensator (C2)

Y_3 består av spole (C3)

4p

b) Komponentvärdena ges av:

$$R_1 = \frac{1}{real(Y_1)} = 20$$
$$C_1 = \frac{imag(Y_1)}{\omega} = 4pF$$
$$C_2 = \frac{imag(Y_2)}{\omega} = 8pF$$
$$L_3 = \frac{1}{imag(Y_3)\omega} = 0.8nH$$

3p

c) Kretsen är reciprok då $Y_{12} = Y_{21}$
Kretsen är inte symmetrisk då $Y_{11} \neq Y_{22}$
Kretsen är inte förlustfri då **[Y]** ej rent imaginär

3p