HFT 74, Tentamen i högfrekvensteknik, EEM021
2023-01-09, kl.14-18, SB-L208. Längd: 4 timmar.

Tillåtna hjälpmedel:	Beta, Physics Handbook, valfri kalkylator, formelsamling i Elektromagnetisk fältteori av Eva Palmberg, 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 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 3 kan ersättas med resultatet på tredje uppgiften på duggan.

Transmissionsledning

Uppgift 1 (10p):

En resistor (**R_L**) på **30 Ω** är kopplad till en **1.4147pF** kondensator (**C_2**) enligt figuren 1 nedan. Kretsen är kopplad till en förlustfri transmissionsledning (TRL) med karakteristisk impedans **Z_0=50 Ω** som fylld med isolationsmaterial med dielektrisk konstant **ε_r=4** och har längden **Lx**. Signalfrekvensen är **3 GHz**. Kretsen är anpassad till 50 Ω med hjälp av en anpassningskrets (inrutad i blått i Fig. 1) som innehåller några komponenter: en **series** öppenstubb med karakteristisk impedans **Z_0=50Ω**, samt en **1.3263 nH** spole (**L_1**), en **1.061 pF** kondensator (**C_1**) och en kvartvågstransformator (QV-TR) . Kvartsvågstransformatorn är gjord av en förlustfri koax kabeln fylld med luft.

Bestäm:

a.) **Den fysiska kortaste längden L_x av TRL (mm) .**

b.) **Stubbens längd L_{st} (mm),**

c.) **Karakteristiska impedansen Z_x (Ω)**

Lös endast med Smithdiagrammet

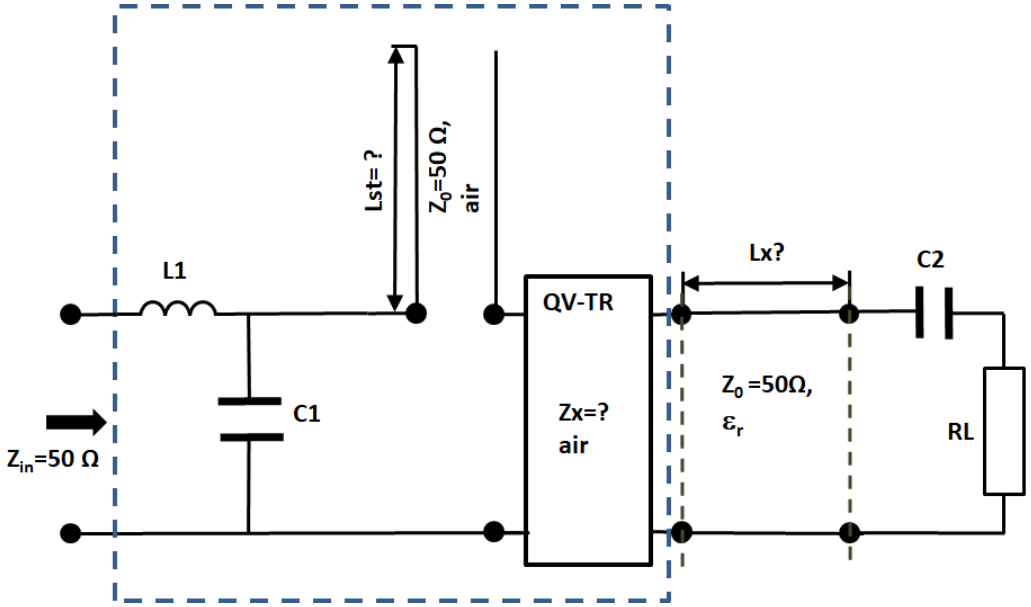


Fig.1 Kretsen

Uppgift 2 (7p):

En **förlustfri** luftfylld transmissionsledning (TRL) med karakteristik impedans $\mathbf{Z_1=50\ \Omega}$ längd $\mathbf{L_1=3m}$ enligt Fig. 2 nedan. En pulsgenerator med $\mathbf{V_g=20\ V}$ och reell inre impedans $\mathbf{R_g=25\ \Omega}$ kopplas vid t=0 till ledningen. Generator sänder **bara en puls** med längden τ_{puls} **= 2.5 ns** vid t=0**.** Vid linjen AA' är kabeln kopplad till en annan koaxkabel med karakteristik impedans $\mathbf{Z_2=110\ \Omega}$ och $\mathbf{L_2=4m}$. Koaxkabeln är byggd av isolationsmaterial med dielektrisk konstant ε_r**=2.25** och terminerad med lasten $\mathbf{R_L=75\ \Omega}$.

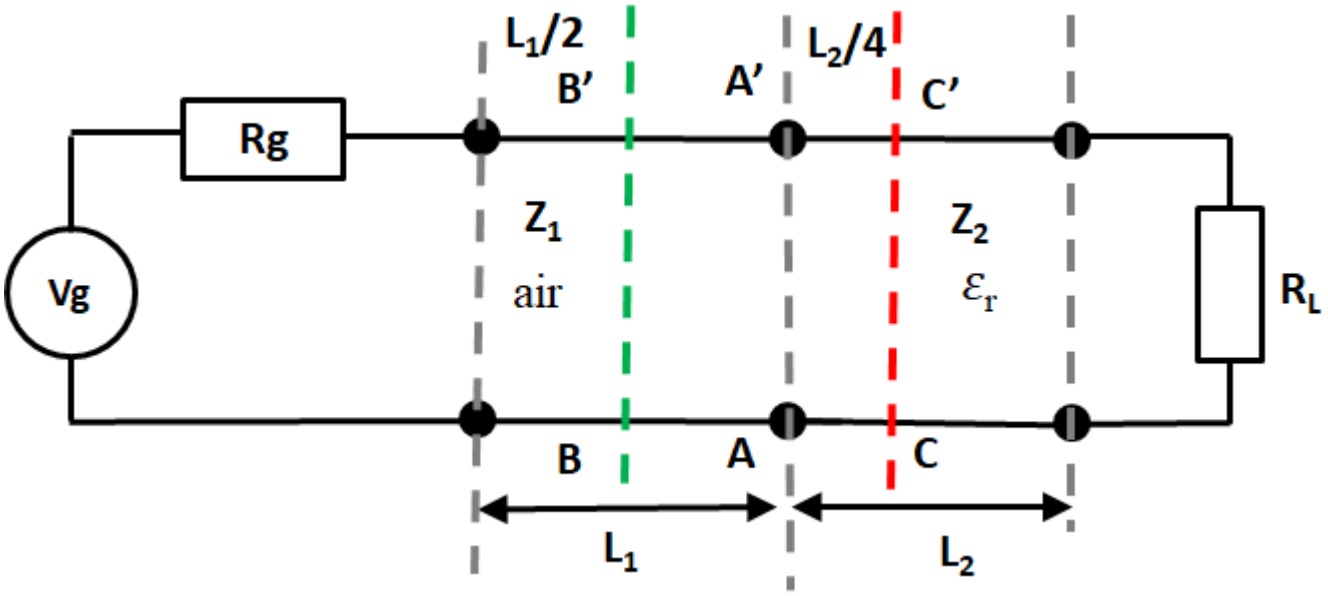


Fig.2

Hitta:

(a) Ledningsparametrarna L och C (per m) av koaxkabeln.

(b) Strömmen av de 4 första pulserna vid distansen $L_1/2$ från linjen L_1s ingång (BB').

(c) Spänningen av de 3 första pulserna vid distansen $L_2/4$ från linjen L_2s ingång (CC')

Vågledare:

Uppgift 3 (10p):

En signal utbreder sig i en rektangulär vågledare (se Fig.3) med **b<0.5a** är fylld med dielektriskmaterial med **ε_r=2.25**. Det finns inga metall- eller dielektriska förluster. Longitudinal komponenten av ett fält (E eller H) är skrivit i form **för dominanta moden** är:

$$A_z^0(x,y,z) = A_0 \cos\left(\frac{\pi}{a}x\right) e^{-j251.0131z}$$

Där **z** är avståndet ifrån ingången av vågledaren i meter.

Longitudinal komponenten av ett fält (E eller H) är skrivit i form **för näst dominanta moden** är:

$$A_z^0(x,y,z) = A_0 \cos\left(\frac{\pi}{a_1}x\right) e^{-j250.0676z}$$

Där **z** är avståndet ifrån ingången av vågledaren i meter samt $a_1 \neq a$

Vågimpedansen för vågledarens **lägsta TM** moden är **243.028 Ω.**

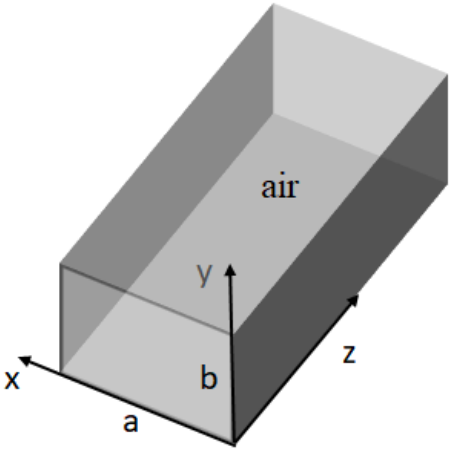


Fig.3

Hitta:

a) **Vågledarens dimensioner.**
b) **Signalen frekvens.**
c) **Grupphästigheten för andra nästa dominanta moden**

Uppgift 4 (7p):

Det finns en luftfylld cirkulär vågledare (1) och en rektangulär **(b>a/2)** luftfylld vågledare (2).
Brytfrekvens för **dominanta** moder **i vågledare 2** är samma som brytfrekvensen den **näst dominanta** moden i vågledare **1**. Dessutom har vågledare 2 samma brytfrekvens för **näst** dominanta moden som **tredje** moden i vågledare **1**. Radie av cirkulär vågledare ar 5 cm

Hitta:

a) **a och b.**
b) **brytfrekvensen för dominanta moden i vågledare 1 (cirkulär)**

Antenner:

Uppgift 5 (6p):

En radar sänder pulser med en effekt på 150kW vid frekvensen 3 GHz. Direktivitet är 23 dB. Antag att radarn följer ett mål 10 km bort och målets radarstvärtsnitt är 15 m^2.

Bestäm:

a) **Effekten som målet strålas med (d.v.s effekten som målet tar emot)**
b) **Beloppet av det elektriska fältet när radarsignalen träffar målet.**
c) **Reflekterad effekt som absorberas i radarns antenn**

Hint: Om radarn följer ett mål, är riktningsförstärkning maximalt då (G_D=D)

Uppgift 6 (10p):

En broadcast radiostation byggd av en gruppantenn är lokaliserad **söder** om en stad som vill sända emot. **Gruppantenn ska använda så få element som möjligt och ha följande specifikationer.**
:

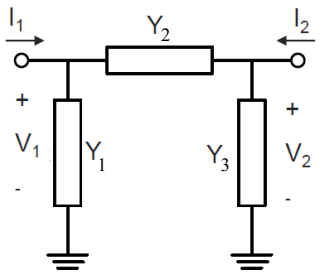
- Antennen ska bestå av halvvågsdipoler, som ska ligga längs **norr-sydlig** riktning.
- Avståndet ***d*** mellan alla element ska vara lika stort
- Strålningen ska täcka så stor del av staden som mögligt (dvs från nordväst till nordöst).
- Det ska vara så lite signal som möjligt som sänds åt det motsatta hållet (söderut).
- Ska inte störa en annan radiostation man vill ha noll sändning åt **sydöst (135 gräder från norr)**

a.) **Designa en lämplig gruppantenn.**
b.) **Hitta alla nollor, dvs alla riktningar där ingen signal sänds.**
c.) **Skissa strålningsdiagrammet.**

Uppgift 7 (10p):

En elektrisk krets konfigurerar som ett PI-nät har mätts upp vid 4 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:

$$Y = \begin{bmatrix} j0.55 & -j0.4 \\ -j0.4 & 0.55 \end{bmatrix}$$

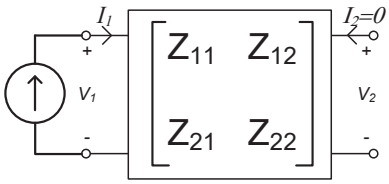


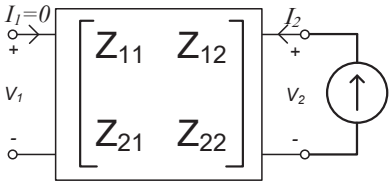
a) **Bestäm komponenterna (antal och typ) för respektive admittans (Y_1, Y_2, och Y_3) (4p)**
b) **Bestäm komponentvärdena (3p)**
c) **Bestäm ifall kretsen är reciprok, symmetrisk, samt förlustfri. Motivera. (3p)**

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



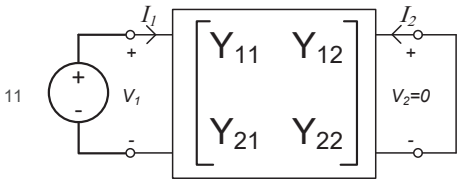


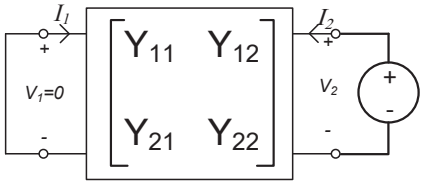
$$Z_{11} = \left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{I_2=0} \quad Z_{21} = \left.\frac{V_2}{I_1}\right|_{I_2=0} \qquad Z_{22} = \left.\frac{V_2}{I_2}\right|_{I_1=0} \quad Z_{12} = \left.\frac{V_1}{I_2}\right|_{I_1=0}$$

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



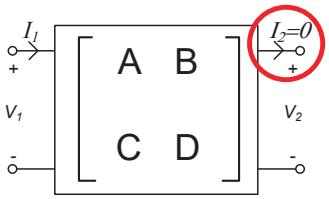


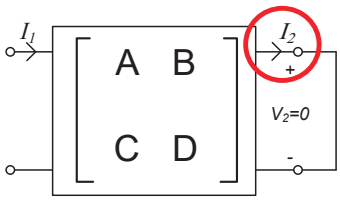
$$Y_{11} = \left.\frac{I_1}{V_1}\right|_{V_2=0} \quad Y_{21} = \left.\frac{I_2}{V_1}\right|_{V_2=0} \qquad Y_{22} = \left.\frac{I_2}{V_2}\right|_{V_1=0} \quad Y_{12} = \left.\frac{I_1}{V_2}\right|_{V_1=0}$$

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

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



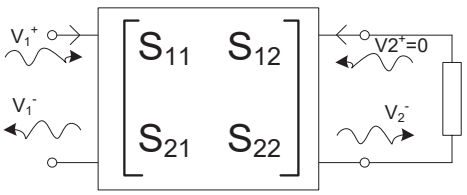


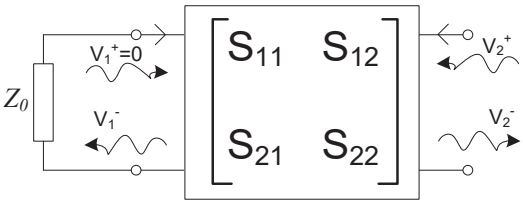
$$A = \left.\frac{V_1}{V_2}\right|_{I_2=0} \quad C = \left.\frac{I_1}{V_2}\right|_{I_2=0} \quad B = \left.\frac{V_1}{I_2}\right|_{V_2=0} \quad D = \left.\frac{I_1}{I_2}\right|_{V_2=0}$$

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 $S_{12}=S_{21}$

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

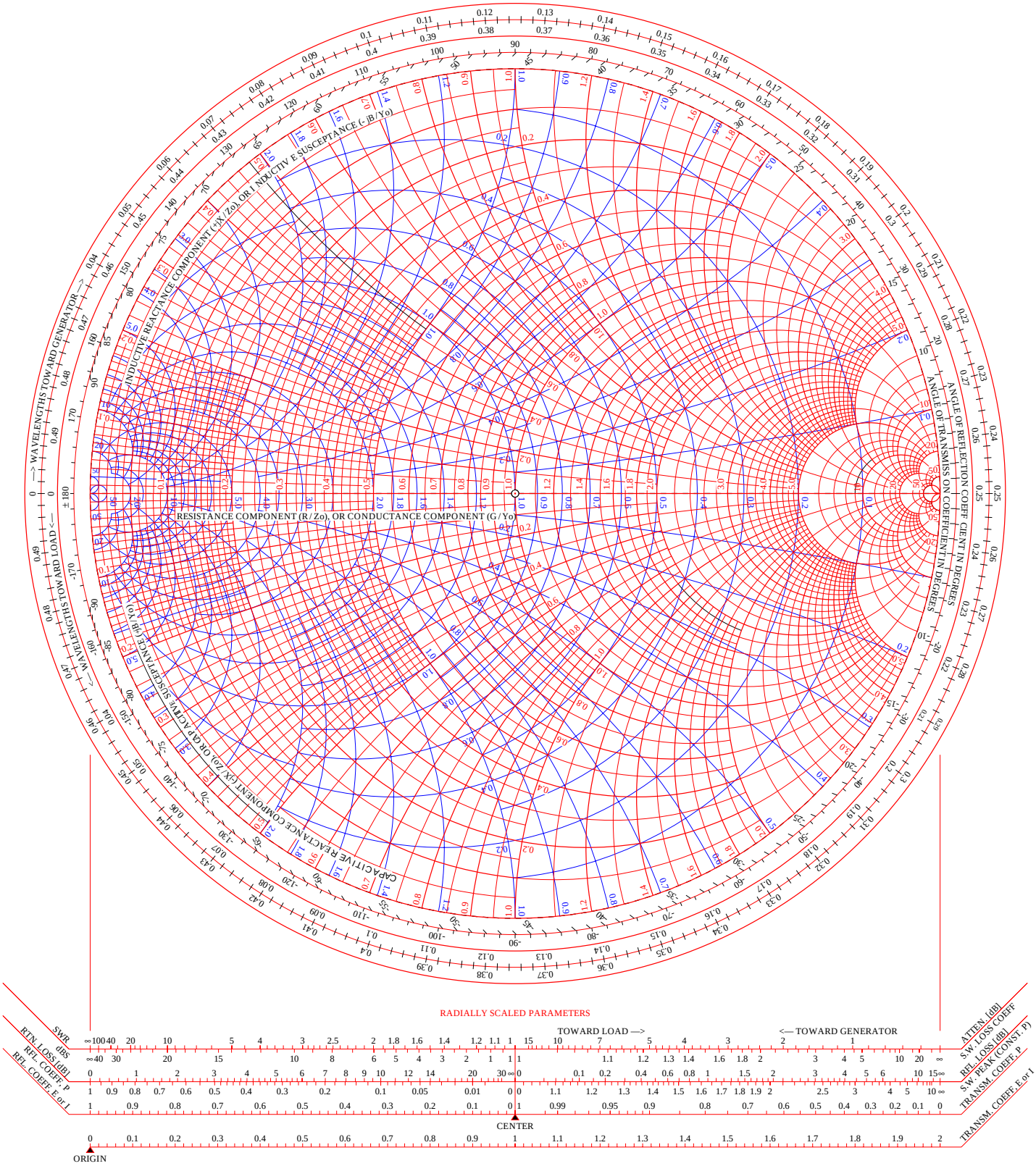




$$S_{11} = \left.\frac{V_1^-}{V_1^+}\right|_{V_2^+=0} \quad S_{21} = \left.\frac{V_2^-}{V_1^+}\right|_{V_2^+=0} \quad S_{12} = \left.\frac{V_1^-}{V_2^+}\right|_{V_1^+=0} \quad S_{22} = \left.\frac{V_2^-}{V_2^+}\right|_{V_1^+=0}$$

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

Uppgift 1 (10p):

En resistor (R_L) på **30 Ω** är kopplad till en **1.4147pF** kondensator (C_2) enligt figuren 1 nedan. Kretsen är kopplad till en förlustfri transmissionsledning (TRL) med karakteristisk impedans Z_0**=50 Ω** som fylld med isolationsmaterial med dielektrisk konstant ε_r**=4** och har längden **Lx**. Signalfrekvensen är **3 GHz**. Kretsen är anpassad till 50 Ω med hjälp av en anpassningskrets (inrutad i blått i Fig. 1) som innehåller några komponenter: en **series** öppenstubb med karakteristisk impedans Z_0**=50Ω**, samt en **1.3263 nH** spole (L_1), en **1.061 pF** kondensator (C_1) och en kvartvågstransformator (QV-TR) . Kvartsvågstransformatorn är gjord av en förlustfri koax kabeln fylld med luft.

Bestäm:

a.) Den fysiska kortaste längden L_x av TRL (mm) .

b.) Stubbens längd L_{st} (mm),

c.) Karakteristiska impedansen Z_x (Ω)

Lös endast med Smithdiagrammet

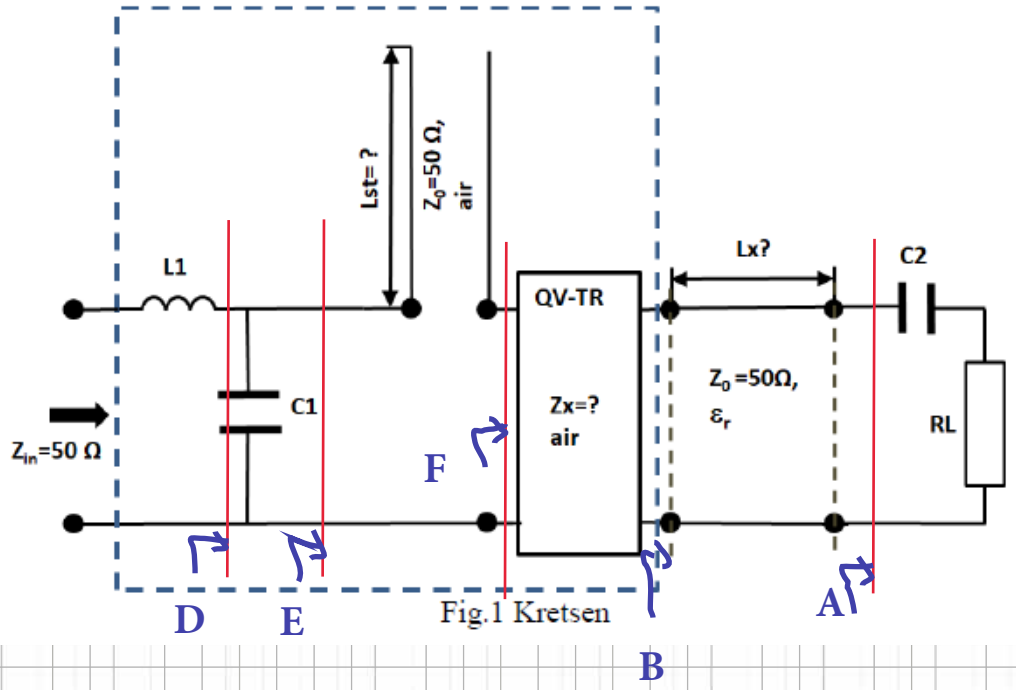
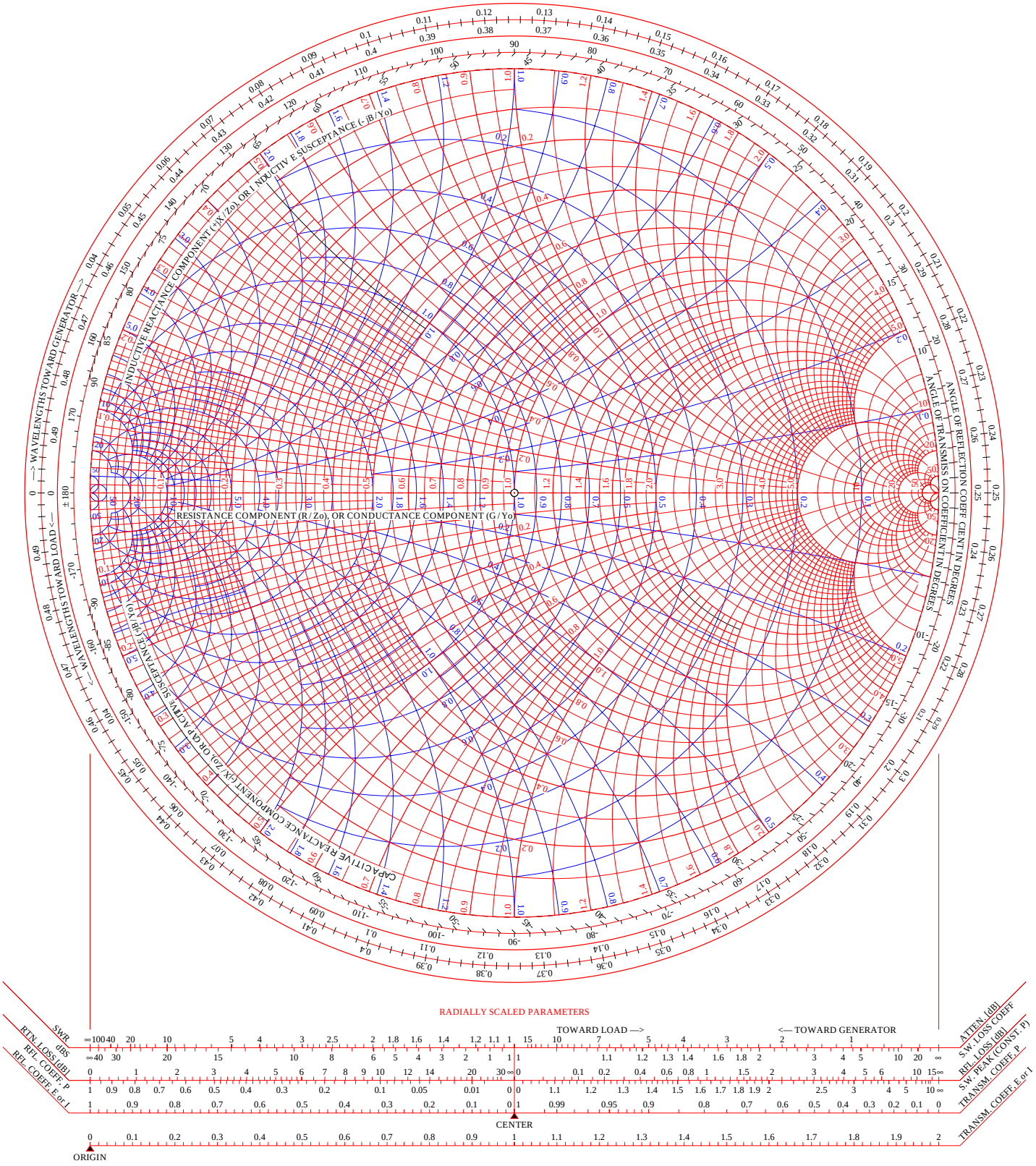


Fig.1 Kretsen

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

Lösningsförslag Uppgift 7

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

$$Y_1 = Y_{11} + Y_{12} = j0.15$$
$$Y_2 = -Y_{12} = j0.4$$
$$Y_3 = Y_{22} + Y_{12} = 0.55 - j0.4$$

Y_1 består av en kondensator (C1)
Y_2 består av en kondensator (C2)
Y_3 består av en resistans (R3) parallellkopplad med en spole (L3)

4p

b) Komponentvärdena ges av:

$$C_1 = \frac{imag(Y_1)}{\omega} = 6pF$$
$$C_2 = \frac{imag(Y_2)}{\omega} = 16pF$$
$$R_3 = \frac{1}{real(Y_3)} = 1.8\Omega$$
$$L_3 = \frac{1}{imag(Y_3)\omega} = 0.1nH$$

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