

Innehåll

- Transmissionledningsteori
- Smithdiagram
- Impedansanpassning

Transmissionledningsteori

Lösningarna till telegrafekvationerna är spännings och strömvågor

$$V(z) = V^+(z) + V^-(z) \quad (1)$$

$$I(z) = I^+(z) + I^-(z) \quad (2)$$

Dessa är relaterade till varandra via den karakteristiska impedansen som är definierad som

$$Z_0 = Z_C = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = \frac{V^+(z)}{I^+(z)} \quad (3)$$

Z_0 bestäms av ledningens geometri och materialuppsättning och är normalt 50Ω vilket är en kompromiss mellan minimal dämpning vid 77Ω och maximal effektkapacitet (begränsas av breakdown voltage) vid 30Ω för en koaxialkabel (luft dielectric). Den positionsberoende impedansen vid $l = -z$ från lasten kan beräknas enligt

$$Z_{in}(l) = \frac{V(-l)}{I(-l)} = \dots = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan(\beta l)}{Z_0 + jZ_L \tan(\beta l)} \quad (4)$$

Viktiga samband är ledningslängder som motsvarar $1/4$ och $1/2$ av den aktuella våglängden, i första fallet blir impedansen

$$Z_{in}(l = \lambda / 4) = Z_C \frac{Z_L + jZ_C \tan\left(\frac{2\pi \lambda}{\lambda} \frac{\lambda}{4}\right)}{Z_C + jZ_L \tan\left(\frac{2\pi \lambda}{\lambda} \frac{\lambda}{4}\right)} = \dots = \frac{Z_C^2}{Z_L} \quad (5)$$

Typiskt bestäms Z_C så att $Z_{in} = Z_0$, för matchad ledning. När Z_L (termineringen) = short circuit (SC) ges $Z_{in} = OC$ (open circuit) och när $Z_L = OC$ ges $Z_{in} = SC$ vilket blir en virtuell jordpunkt. När $l = \lambda/2$ blir inimpedansen

$$Z_{in}(l = \lambda / 2) = Z_L \quad (6)$$

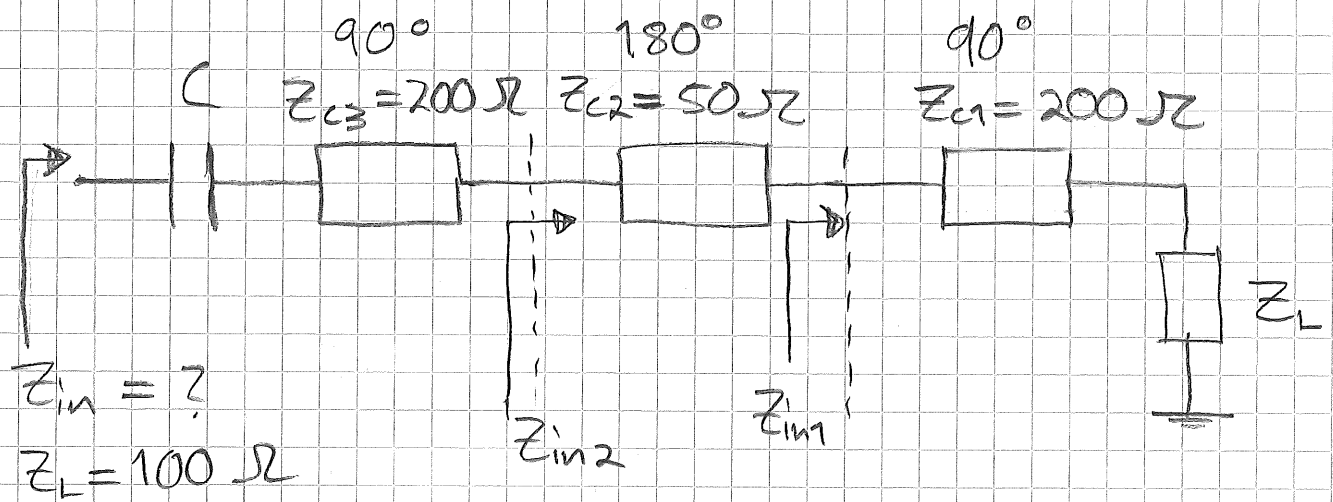
Inimpedansen blir alltså lastimpedansen oberoende av ledningens Z_C .

Transmissionsledningsövningar

Tenta_170411, 1a

Pozar 2.2, 2.10

Tenta 170411 1.a



$C = 1,6 \text{ pF}$

$f = 1 \text{ GHz}$

$$\beta l = 90^\circ, 180^\circ = \frac{\pi}{2}, \pi = \frac{2\pi}{\lambda}$$

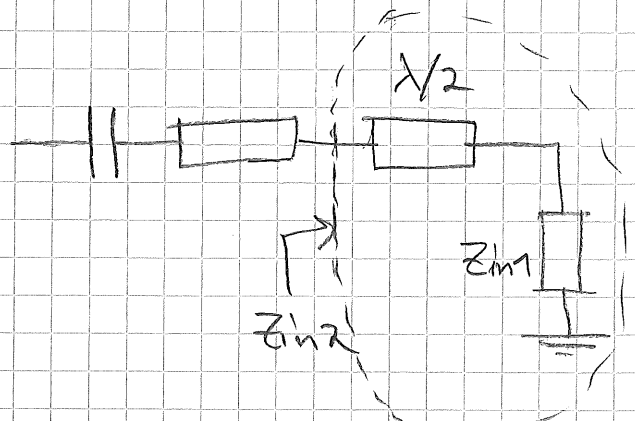
$$\Rightarrow l = \frac{\lambda}{4}, \frac{\lambda}{2} \dots$$

$Z_{in1}, l = \lambda/4$

P. eq. 2,32 $Z_{in1} = \frac{Z_{c1}^2}{Z_L} \quad (1)$

$Z_{in2}, l = \lambda/2$

P. eq. 2,31 $Z_{in2} = Z_{in1}$



$Z_{in1}, l = \lambda/4$

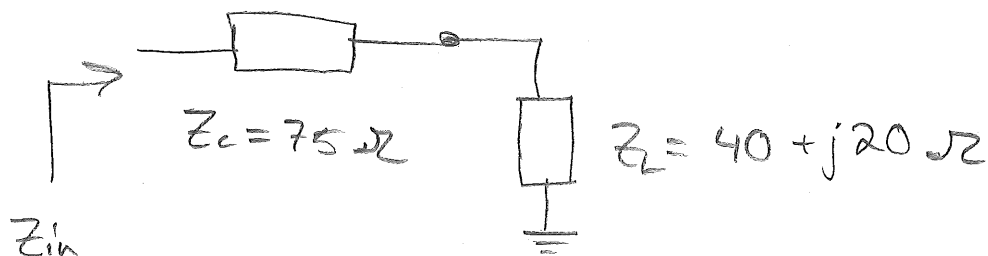
$$R_{in} = \frac{Z_{c3}^2}{Z_{in2}} = \frac{Z_{c3}^2}{Z_{in1}} = \frac{Z_{c3}^2}{Z_{c1}^2} Z_L = \frac{200^2}{200^2} \cdot 100 = 100 \Omega$$

$$X_{in} = \frac{1}{j\omega C} = -j \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 10^9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-12}} =$$

$Z_{in} = R_{in} + X_{in} = 100 - j99,47 \Omega$

2,2

$$l = 0,3\lambda$$



$$\Gamma_{in} = ? \quad \text{SWR} = ? \quad \text{RL} = ? \quad Z_{in} = ?$$

P. eq. 2,26:

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta l}{Z_0 + jZ_L \tan \beta l}$$

$$\beta l = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 0,3\lambda = \frac{3\pi}{5} \text{ rad} = 108^\circ$$

$$Z_{in} = 75 \frac{40 + j20 + j75 \cdot \tan 108^\circ}{75 + j(40 + j20) \tan 108^\circ} = 69,7 - j53 \text{ ohms}$$

$$\Gamma_{in} = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} = 0,0858 - j0,3345 = 0,3453 \angle -75,61^\circ$$

$$\text{SWR} = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma_{in}|}{1 - |\Gamma_{in}|} = 2,1$$

P. eq 2,20:

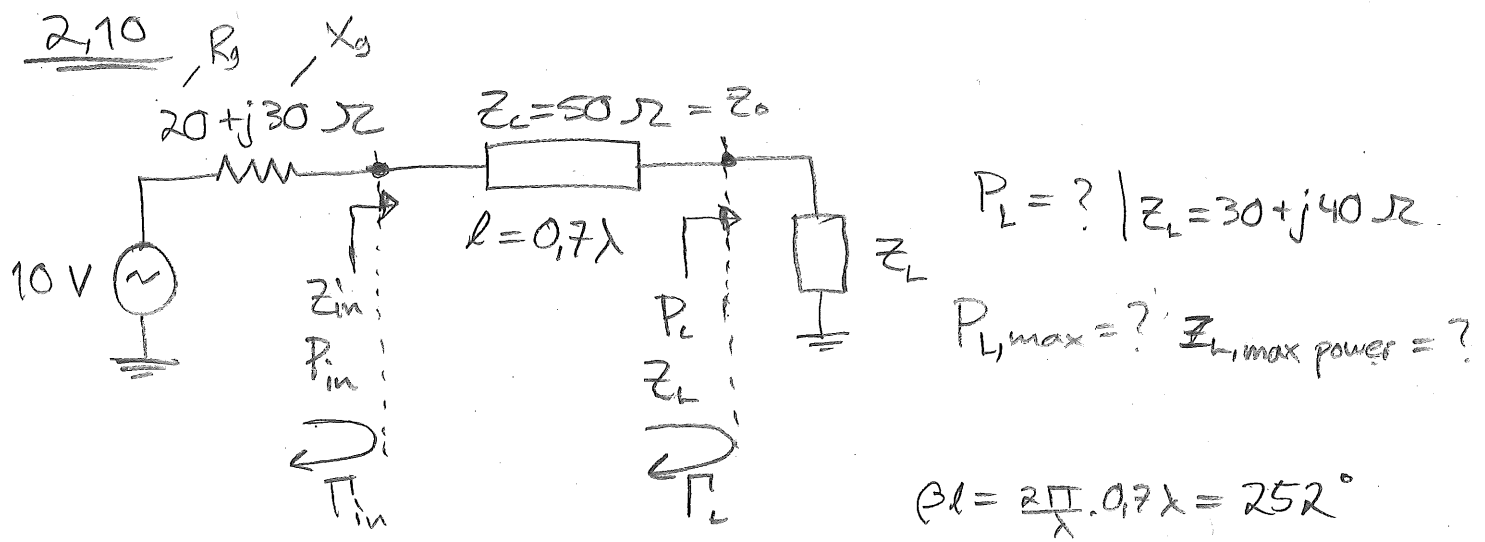
$$\text{RL} = -20 \log |\Gamma| = -20 \log \frac{V_0^-}{V_0^+} = 10 \log \frac{V_0^{+2}}{V_0^{-2}} = 10 \log \frac{P_o^+}{P_o^-} = 9,23 \text{ dB}$$

incident power

want big

reflected power

$\therefore > 1/10$ av effekten reflekteras tillbaka



$Z_L = 30 + j40\ \Omega$, P. eq. 2.26

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta l}{Z_0 + jZ_L \tan \beta l} = \overbrace{56,63}^{R_{in}} - \overbrace{j61,1}^{X_{in}}\ \Omega$$

P. eq. 2.39

$$P_L = \frac{1}{2} |V_g|^2 \frac{R_{in}}{(R_{in} + R_g)^2 + (X_{in} + X_g)^2} = \underline{0,41\text{ W}}$$

Max effekt levereras då $Z_{in} = Z_g^*$

P. eq. 2.44

$$P_L = \frac{1}{2} |V_g|^2 \frac{1}{4R_g} = \underline{0,625\text{ W}}$$

Eq. 2.39, solve Z_L

$$Z_g^* = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta l}{Z_0 + jZ_L \tan \beta l} \Rightarrow Z_L = \underline{93,8 + j80,8\ \Omega}$$

Smithdiagrammet

Smithdiagrammet (SD) är en visualisering av den komplexvärda funktionen Γ . Det är centrerat i en polär plot och är begränsat till $\Gamma = 1$, vilket innebär impedanser större eller lika med noll. Γ kan plottas som en funktion av impedans Z och kallas då Z smithdiagram eller admittans Y och kallas då Y smithdiagram.

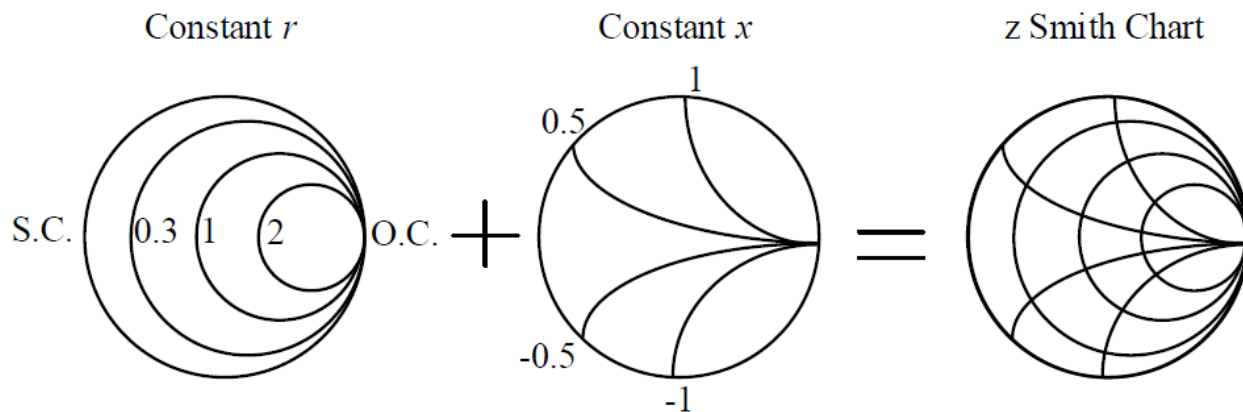
För Z diagrammet får vi

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} = \frac{z - 1}{z + 1} \quad (7)$$

där

$$z = \frac{Z}{Z_0} = \frac{R + jX}{Z_0} = r + jx \quad (8)$$

Där r och x är normerad resistans och reaktans. När r sveps och x hålls konstant (och tvärtom) ges olika z . Evaluering av dessa z i (7) ger följande grafer.



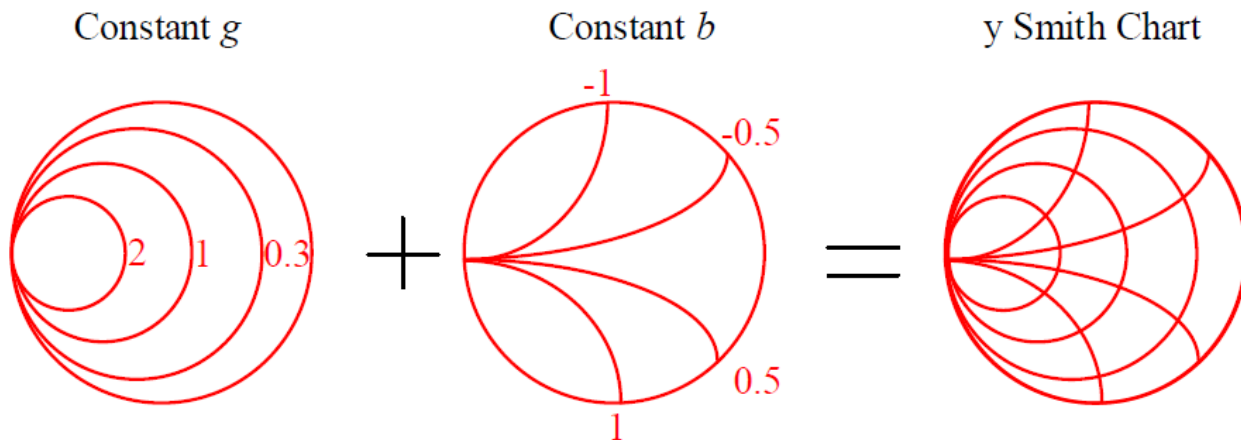
Notera att reaktansen i övre halvan i Z smithdiagrammet är induktiv då $jX = j\omega L$ och undre halvan är kapacitiv då $jX = 1/j\omega C = -j/\omega C$. För Y diagrammet får vi

$$\Gamma = \frac{Y_0 - Y}{Y_0 + Y} = \frac{1 - y}{1 + y} \quad (9)$$

där

$$y = \frac{Y}{Y_0} = \frac{G + jB}{Y_0} = g + jb \quad (10)$$

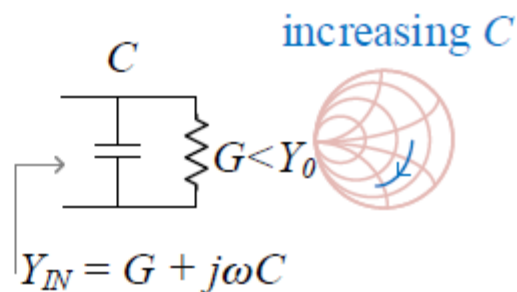
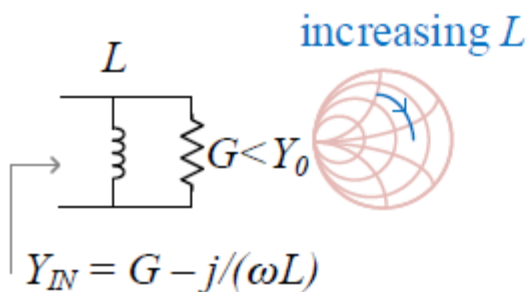
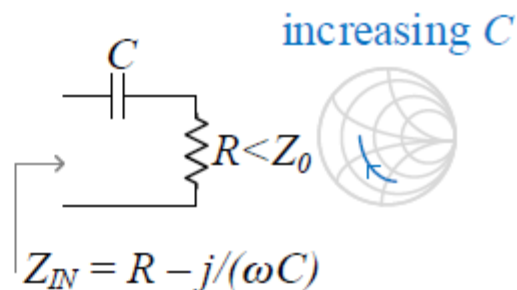
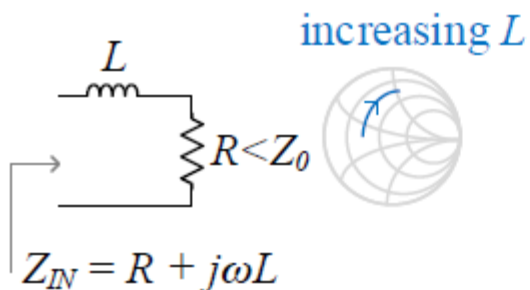
Där g och b är normerad konduktans och suceptans. Detta ger följande grafer



Observera att suceptansen i övre halvan nu är negativ då $jB = 1/j\omega L = -j/\omega L$ och undre halvan är positiv då $jB = 1/(1/j\omega C) = j\omega C$. I denna kursen använder vi YZ diagrammet som är Y och Z diagrammet plottade på varandra, i alla sammanhang.

Diskreta komponenter i smithdiagrammet

Diskreta L, C och R komponenter har idealt sett ingen elektrisk längd ($\beta l = 0$). Figurerna nedan visar hur dessa komponenter påverkar reflektionskoefficienten Γ för en konstant resistiv eller konduktiv last.



Impedanstransformering

Impedansen som presenteras på ingång och utgång för transistorer påverkar prestandaparametrar såsom

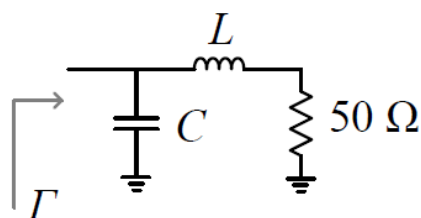
- Brus
- Förstärkning
- Uteffekt
- Verkningsgrad

Genom att transformera impedansen till lämpliga värden kan vi uppnå en viss önskad prestanda.

Exempel 1, impedanstransformering

Transformera en $50\ \Omega$ last till $\Gamma = 0.25\angle 23^\circ$ med en serieinduktans och shunt kondensator.

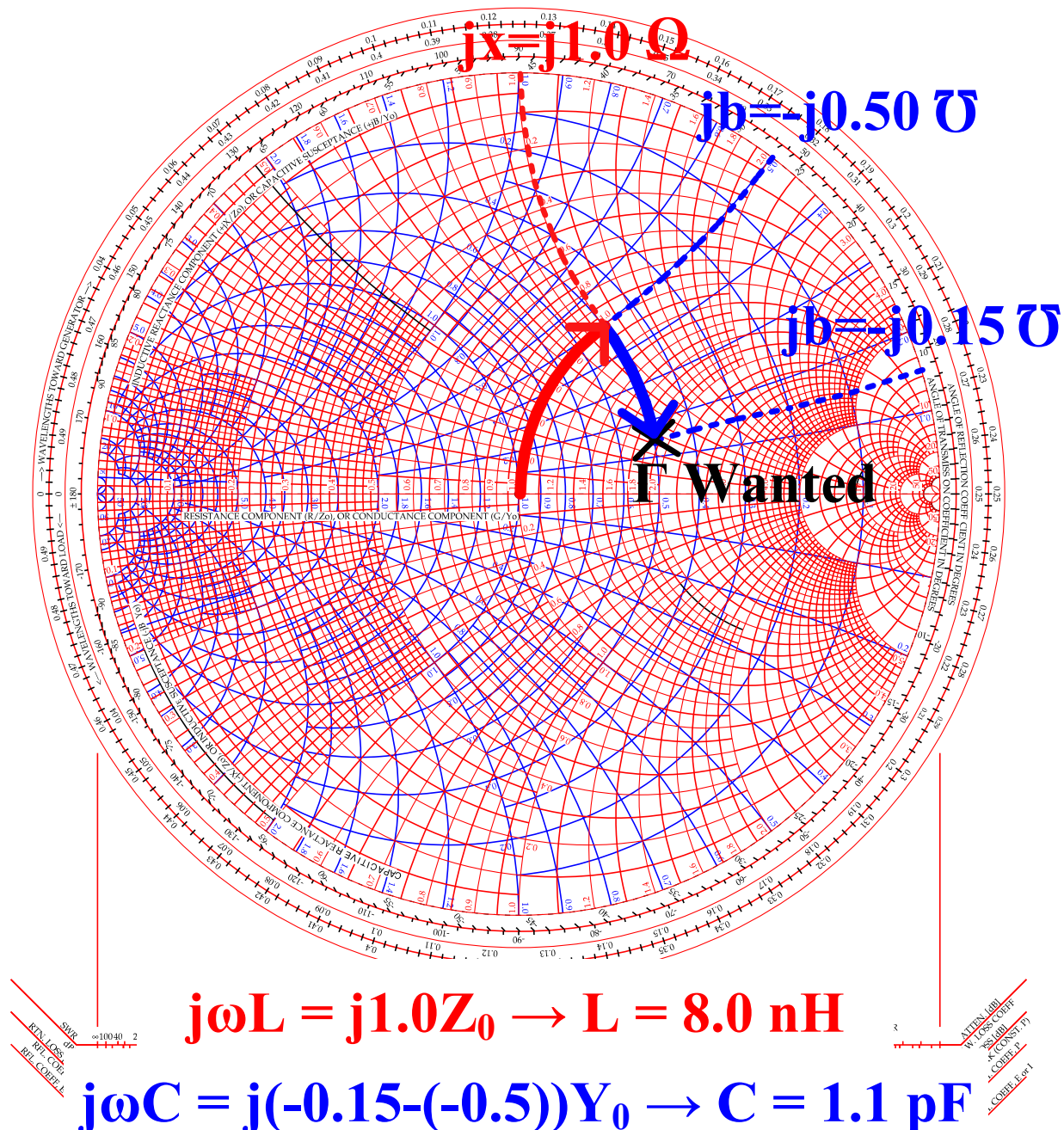
Designfrekvensen är 1 GHz.



Lösning

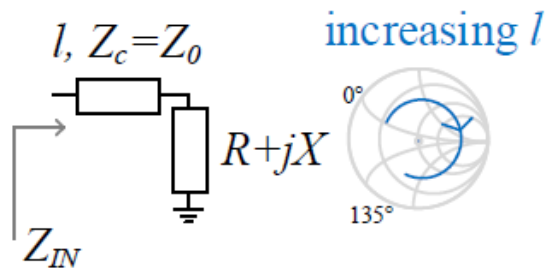
1. Markera det Γ vi vill ha. Mitten är startpunkten och motsvarar 50Ω .
2. Det första elementet är en serieinduktans så vi jobbar i Z SD (röda linjerna). Följ $r=1$ cirkeln uppåt tills du når den blå konduktanscirkeln som går ner till Γ .
3. Markera reaktansen av impedansen i punkten (positiv i övre halvan i Z SD)
4. Nästa element i anpassningen är parallellt (shunt) så vi jobbar i Y SD (blå linjerna).
5. Markera suceptansen av admittansen i punkten (negativ i övre halvan i Y SD)
6. Följ $g=0.5$ cirkeln nedåt tills du når Γ och markera suceptansen där.
7. Avnormalisera med Y_0 och Z_0 och beräkna komponentvärdena.

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



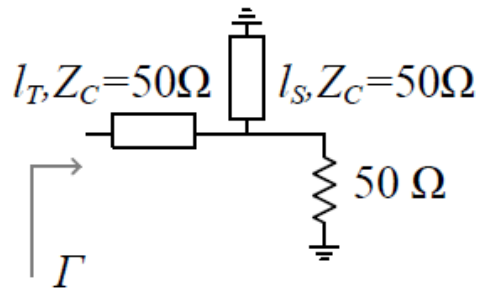
Distribuerade komponenter

Distribuerade komponenter (stubbar och transmissionsledningar) har en elektrisk längd och varierande fas i komponenten. Bilden nedan visar hur dessa komponenter påverkar reflektionskoefficienten.



Exempel 2, impedanstransformering

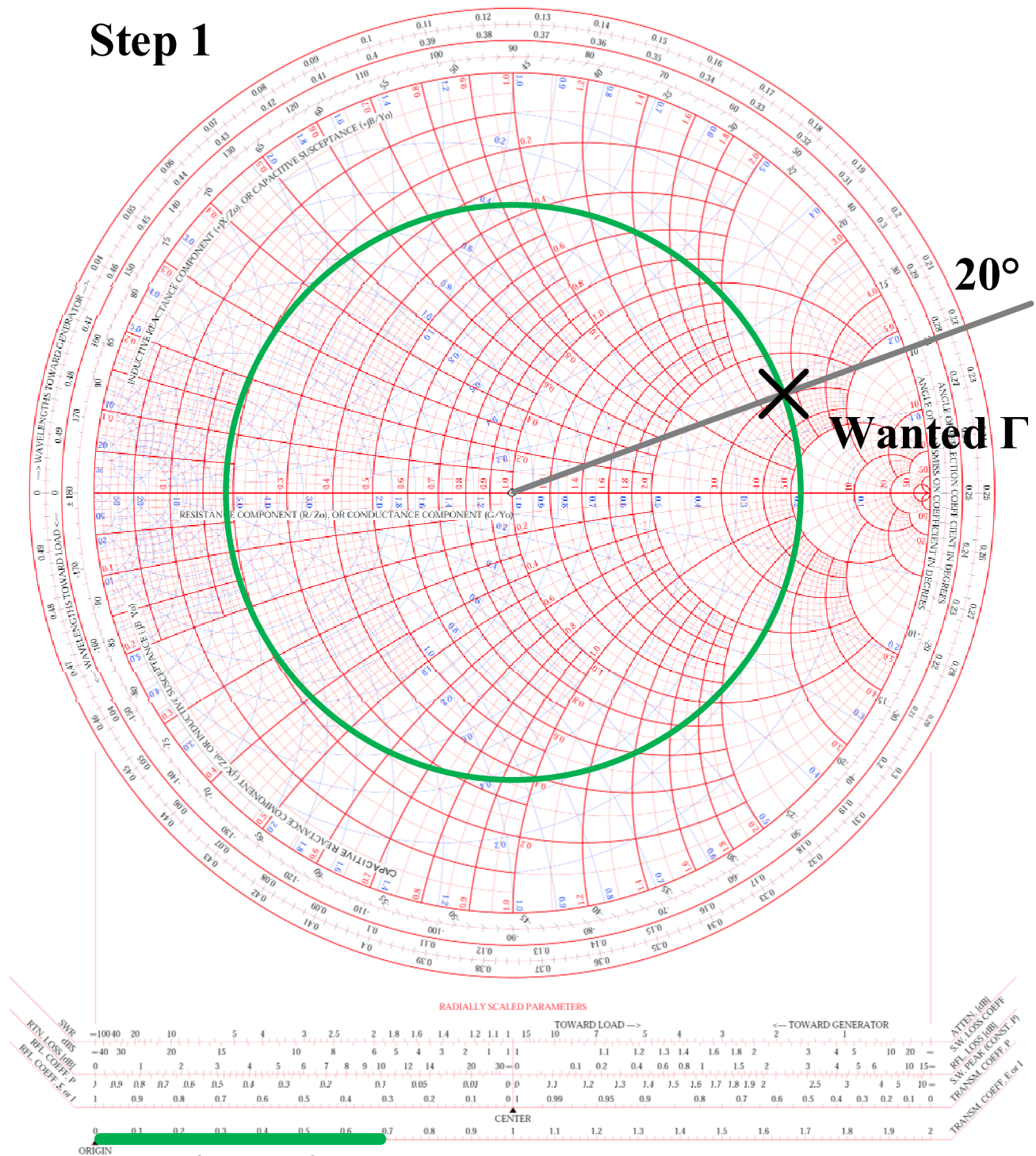
Transformera en 50Ω last till $\Gamma = 0.70 \angle 20^\circ$ med en kortsluten shunt stubbe och en transmissionsledning.



Lösning

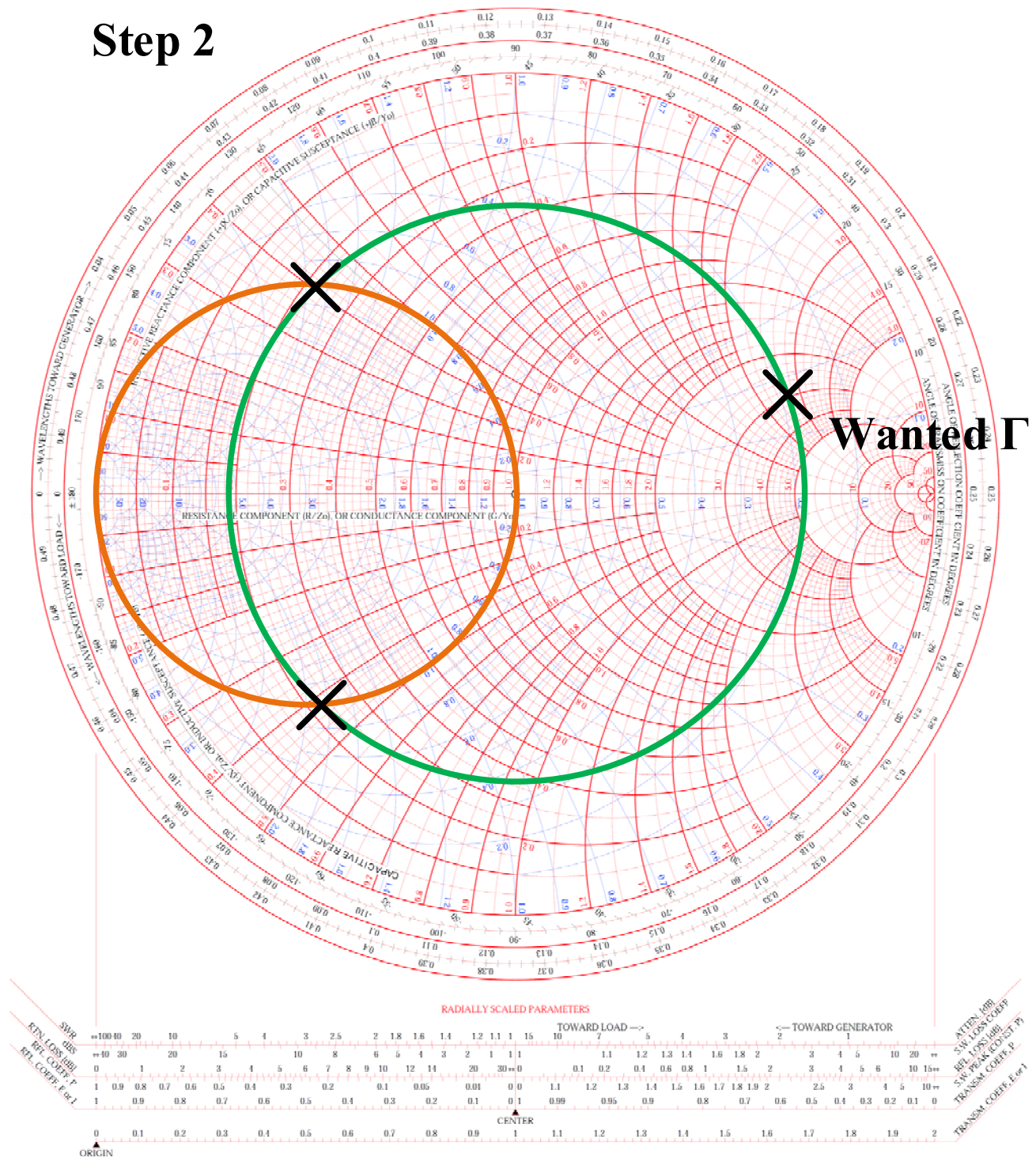
1. Rita $\Gamma = 0.7$ cirkeln i SD och markera $\Gamma = 0.7 \angle 20^\circ$
2. Markera skärningspunkterna mellan konduktans $g=1$ cirkeln och $\Gamma = 0.7$ cirkeln
3. Välj en av skärningspunkterna. Bestäm längden på stubben för att nå den punkten. Välj det kortaste alternativet
4. Bestäm längden mellan den valda punkten och $\Gamma = 0.7 \angle 20^\circ$ punkten

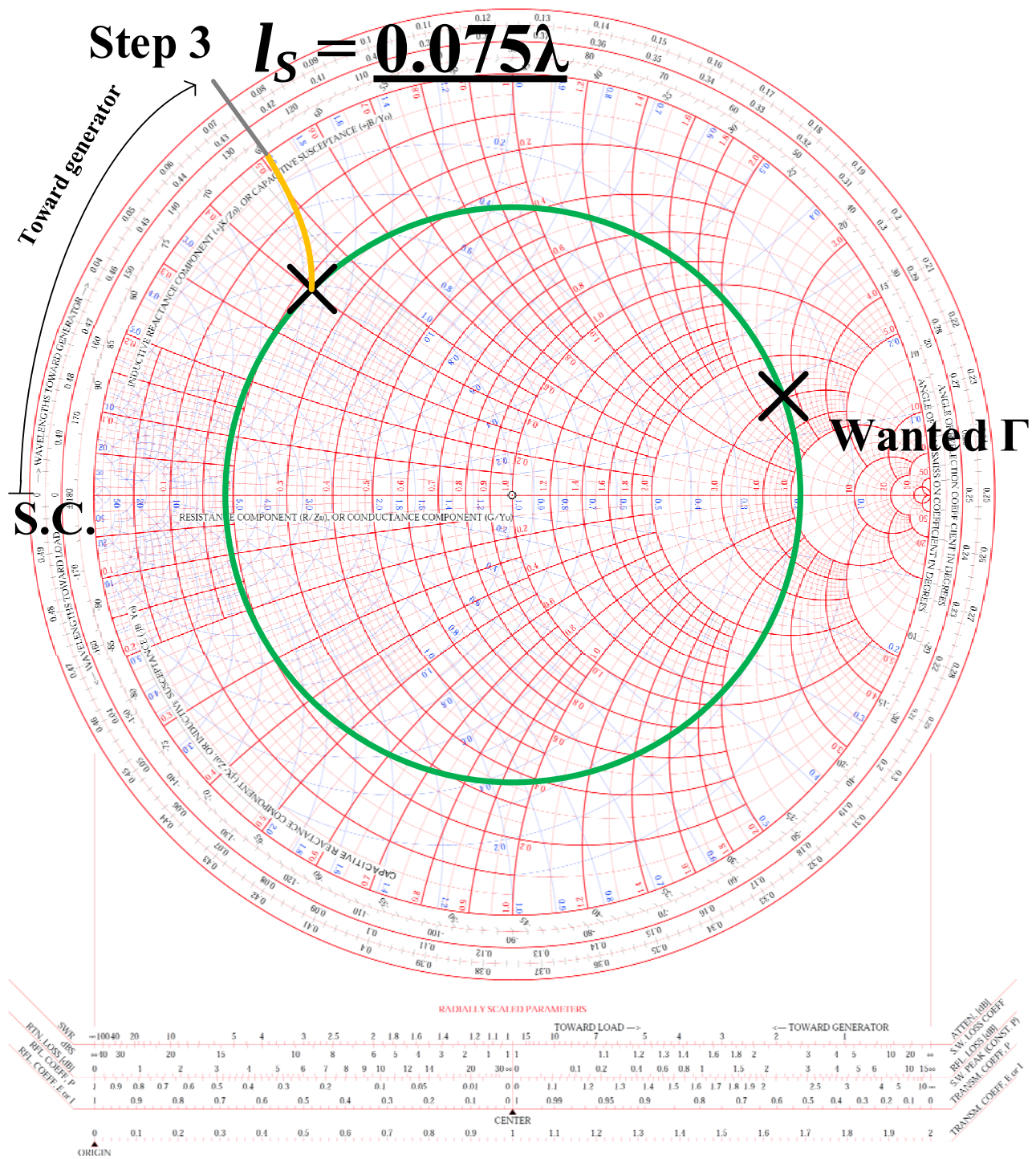
Step 1



Radius = 0.7

Step 2



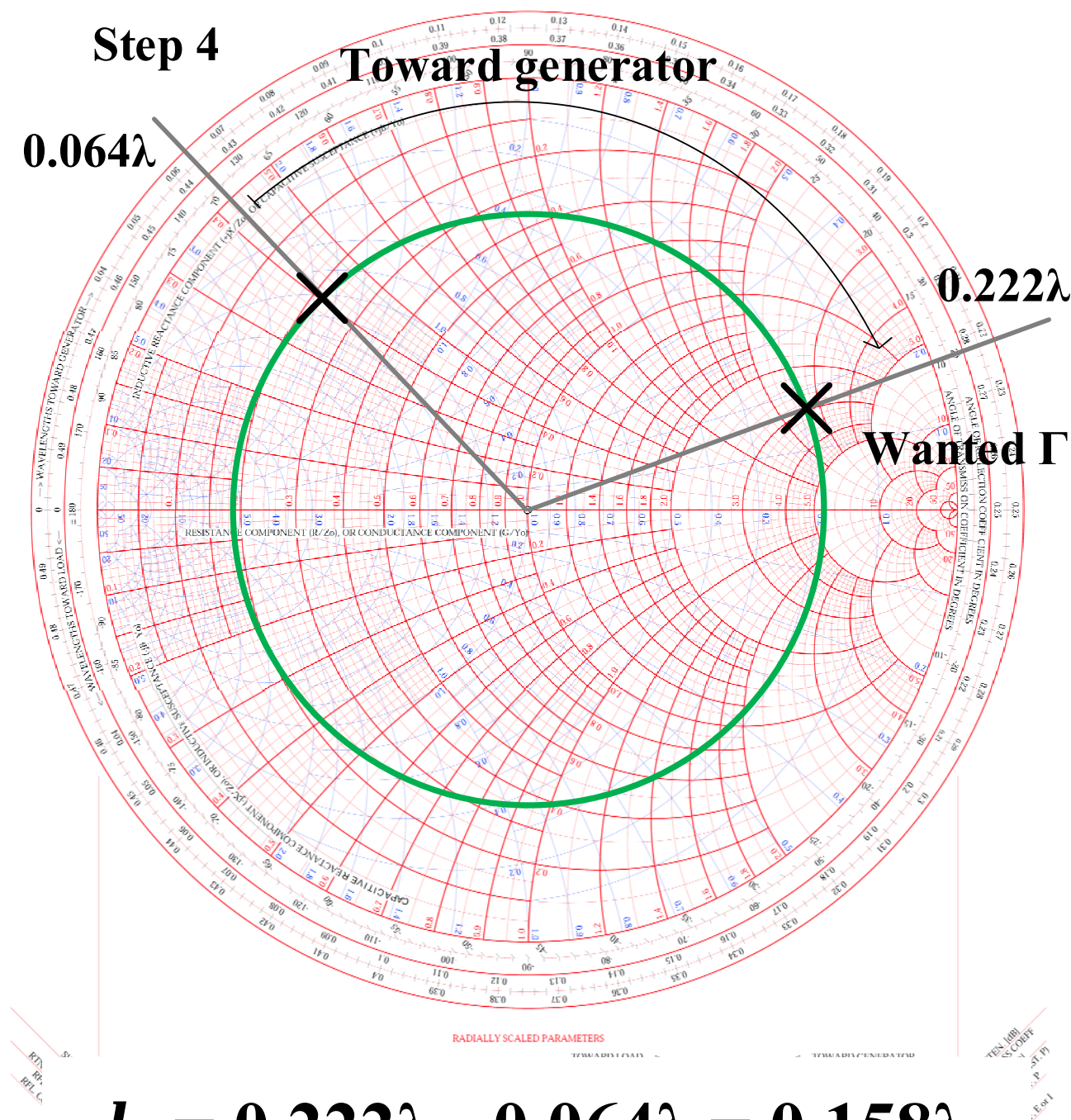


Step 4

Toward generator

 0.064λ 0.222λ

Wanted Γ



$$l_T = 0.222\lambda - 0.064\lambda = \underline{0.158\lambda}$$