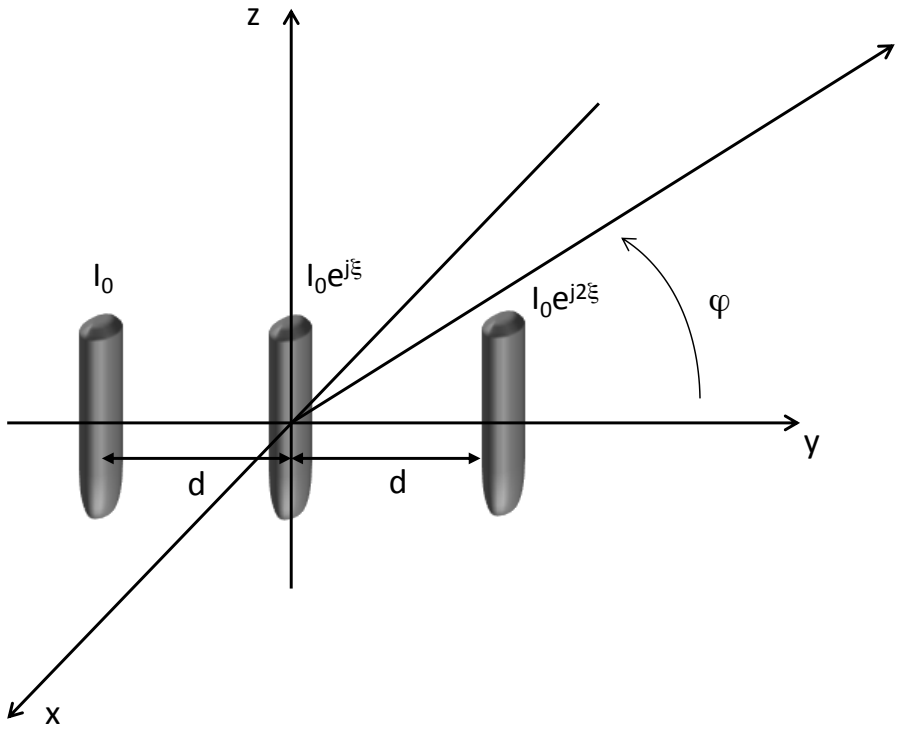
HFT 54-Del2, Tentamen i högfrekvensteknik, EEM021
2016-12-16, em i HA1. Längd: 3 timmar.

Tillåtna hjälpmedel:	Beta, Physics Handbook, valfri kalkylator, formelsamling i Elektromagnetisk fältteori av Eva Palmgren, egna anteckningar i formelsamlingen och på en A4 blad (dock inte lösningar till uppgifter)
Frågor uppg 1-2	Vincent Desmaris, Hawal Rashid,
Frågor upp 3	Hans Hjelmgren
Resultatet	Anslås på kursens hemsida
Granskning	Sker på tid och plats som anges på kurshemsida
Betygsgränser	Med minst 30% av poäng för Antenner och mikrovågteknik uppgifter
Observera	Omotiverade lösningar kan ge poängavdrag!

<u>Antenner:</u>

Problem 1. 10p.



a) ***Designa en 150 MHz linjär gruppantenn för maximum riktningsförstärkning i x-y planen för φ=150 grader samt ingen signal alls vid φ=45 grader. Vinkeln φ är definierad enligt figuren ovan och gruppantennen består av 3 stycken 1m-långa sprötantenner.***

b) ***Hur ser strålningsdiagrammen ut i x-y planen för samma antenn när frekvensen ökar till 600 MHz?***

Problem 2. 5p

En radar skickar en puls på 40 kW mot ett objekt och ta emot den reflekterade pulsen 100 µS senare. Frekvensen är 300 MHz och effekten av den mottagna pulsen är 7 nW. Radarn är utrustat med en enda antenn med 26 dB förstärkning för mottagning och sändning av pulser. Antag inga polarisationsförluster och atmosfäriska förluster på 0,1 dB/km.

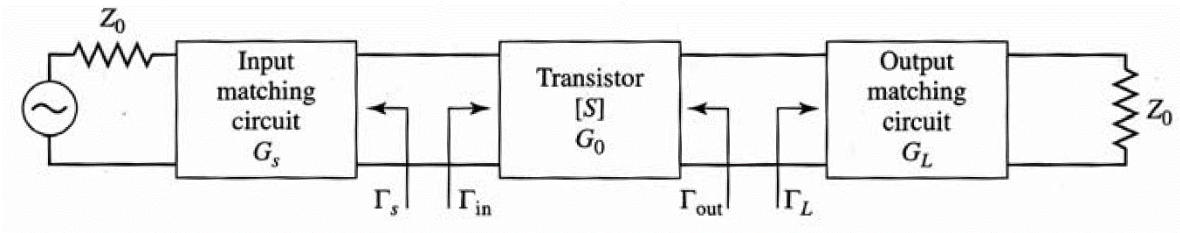
a) ***Hur lång borta från radarn är objektet?***
b) ***Vad är effekttätheten vid objektet?***
c) ***Var är objektet radartvärsnitt?***

<u>Mikrovågsteknik:</u>

Problem 3. 10p

Konstruera en småsignal-förstärkare för maximal förstärkning vid 6.0 GHz m.h.a. en unilateral transistor och två förlustfria anpassningsnät, se figur nedan. Systemimpedansen Z_0=50 Ω, och transistorn har nedanstående spridningsparametrar vid 6.0 GHz.

S_{11}	S_{21}	S_{12}	S_{22}
0,81∠-65°	4,1∠104°	0	0,48∠-49°

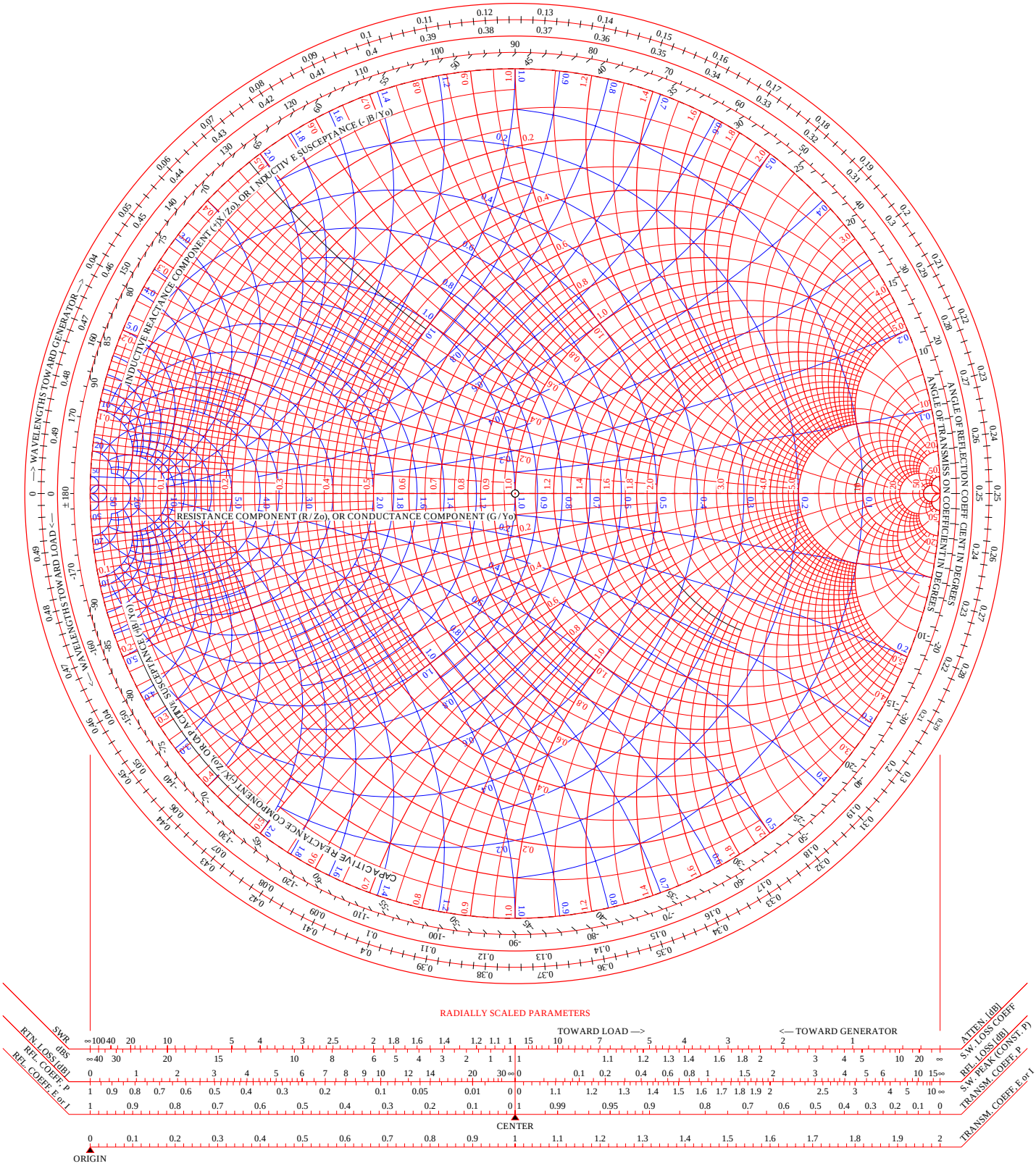


a) ***(2p) Bestäm reflektionskoefficienterna Γ_S och Γ_L för konjugatanpassning.***
b) ***(6p) Konstruera förlustfria anpassningsnät på ingång och utgång med diskreta komponenter (i L-konfiguration). Använd bifogat Z/Y-Smithdiagram. Markera tydligt alla förflyttningar och avläsningar i Smith-diagrammet, riv ut det och bifoga det till din lösning.***
c) ***(2p) Beräkna effektförstärkningen $G_{TU,max}$ för 6.0 GHz efter konjugatanpassning. Utgå ifrån nedanstående uttryck för unilateral transducer power gain. Ange resultatet i dB.***

$$G_{TU} = \frac{|S_{21}|^2(1-|\Gamma_S|^2)(1-|\Gamma_L|^2)}{|1-S_{11}\Gamma_S|^2|1-S_{22}\Gamma_L|^2}$$

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

Problem 1:

$f = 150\ MHz$

$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{1.5 \cdot 10^8} = 2\ m$ (antar utbreddning i luft: $\varepsilon_r = 1, \mu_r = 1$)

$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \pi$

spetsantenner: 1m → halv-vågsdiopolar. strålar mest för $\theta = \frac{\pi}{2}$ dvs. x-y planen.

φ beroende?

vi har en linjär grupp antenn med 3 element alltså

$$A = \frac{1}{3}\left|\frac{\sin(3\frac{\Psi}{2})}{\sin\frac{\Psi}{2}}\right| \quad \text{där } \Psi = \beta d \cos\varphi + \xi$$

ξ = fasförskutning mellan 2 antenner

d = avstånd mellan 2 antenner

G_D max → $\left|\frac{\sin(3\frac{\Psi}{2})}{\sin(\frac{\Psi}{2})}\right| = \text{max}$ dvs. $\Psi_m = 0$ för $\varphi_m = \frac{5\pi}{6}$

ingen strålning → $\left|\frac{\sin(3\frac{\Psi}{2})}{\sin(\frac{\Psi}{2})}\right| = 0$ dvs $\Psi_0 = \frac{2\pi}{3}$ för $\varphi_0 = \frac{\pi}{4}$

(1) → $\beta d \cos\varphi_m + \xi = 0$

(2) $\beta d \cos\varphi_0 + \xi = \frac{2\pi}{3}$

→ $$d = \frac{2\pi}{3} \times \frac{1}{\beta(\cos\varphi_0 - \cos\varphi_m)} = \frac{2}{3\left(\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)} = \frac{4}{3(\sqrt{2}+\sqrt{3})} = 42{,}3\ cm$$

$$\xi = -\beta d \cos\varphi_m = -\pi \cdot \frac{4}{3(\sqrt{2}+\sqrt{3})} \cdot \frac{-\sqrt{3}}{2} = \frac{2\pi}{3+\sqrt{6}} = 1{,}15\ rad$$

$\xi = 66°$

Vid 600 MHz är spöantennen inga halvvågsdipoler.

$$\lambda(600\,MHz) = \frac{c}{f} = \frac{3\cdot 10^8}{6\cdot 10^8} = 0{,}5\ m$$

allså för spöantennen $2h = 1\,m = 2\lambda$

$$\beta h = \frac{2\pi}{\lambda}\cdot\lambda = 2\pi$$

elementfaktorn för antennen är

$$F(\theta) = \frac{\cos(\beta h \times \cos\theta) - \cos\beta h}{\sin\theta}$$

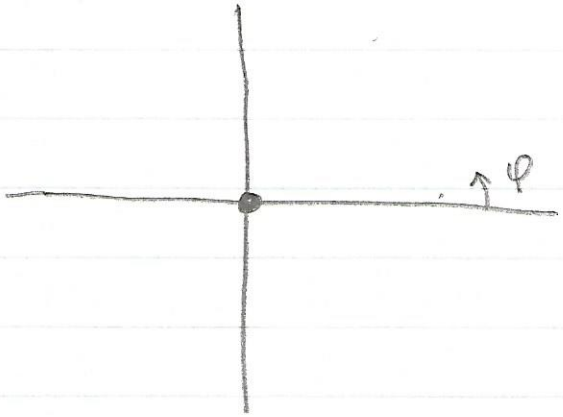
$$F(\theta) = \frac{\cos(2\pi\cdot\cos\theta) - \cos(2\pi)}{\sin\theta}$$

$$F(\theta) = \frac{\cos(2\pi\cdot\cos\theta) - 1}{\sin\theta}$$

vi hade max riktningförstärkning för $\theta = \frac{\pi}{2}$ och $\varphi = \frac{5\pi}{6}$ innan

nu för $\theta = \frac{\pi}{2}$ får vi $F(\theta = \frac{\pi}{2}) = \frac{\cos(0) - 1}{1} = 0$

allså får vi ingen strålning i $\theta = \frac{\pi}{2}$ planet och därför strålningsdiagrammet i $\theta = \frac{\pi}{2}$ planen för $f = 600\,MHz$ är:



Problem 2:

$\tau = 100\,\mu s$

$P_T = 40\,kW$

$P_R = 7\,nW$

$G_T = G_R = 10^{\left(\frac{26}{10}\right)} = 398$?

$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^8} = 1\,m$ (antar luft: $\epsilon_r = 1$, $\mu_r = 1$)

$L = 0{,}1\ dB/km$

a) $R = \frac{c \cdot t}{2} = 15\ km.$ (pulsen åker en avstånd 2R under τ: fram till objektet och tillbaka)

b) $U_1 = \frac{P_T \cdot G_T}{4 \cdot \pi \cdot R^2}$: energytätheten mot objektet om vi har ingen förlust.

Räkna med förluster $L_1 = 0{,}1 \times 15 = 1{,}5\ dB = 1.412$

$$U_1 = \frac{P_T G_T}{4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot L_1} = 3{,}98\ mW/m^2$$

c) Radartvärsnitt: σ

$P_r = \frac{P_T G_T G_R \sigma \lambda^2}{(4\pi)^3 \cdot R^4 \cdot L_2}$: Radar ekvation med förluster

$L_2 = 2 \times R \times 0{,}1 = 3\ dB = 2$

$$\sigma = \frac{P_R (4\pi)^3 \cdot R^4 \cdot L_2}{P_T \cdot G_T \cdot G_R \cdot \lambda^2} = 221\ m^2$$

Lösning uppgift 7 2015-12-16

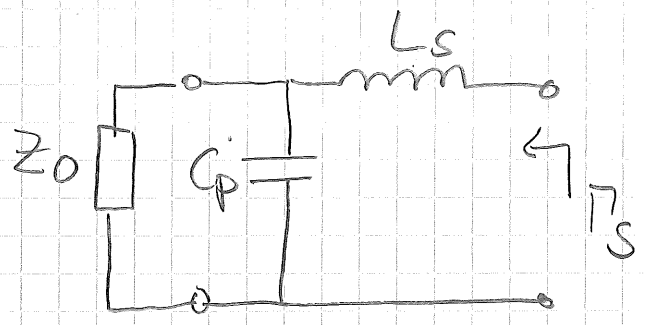
7a) Konjugatanpassning av unilateral ($S_{12}=0$) transistor

$$\underline{\underline{\Gamma_S}} = S_{11}^* = \underline{\underline{0.81\angle 65^\circ}}$$

$$\underline{\underline{\Gamma_L}} = S_{22}^* = \underline{\underline{0.48\angle 49^\circ}}$$

b) Konjugatanpassa ingången

Det finns flera (4) lösningar. Låt oss börja med en parallell-kondensator och fortsätta med en seriespole.



$$0 + b = 1.43$$

$$b = 1.43$$

$$jbY_0 = j\omega C_P$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{C_P}} = \frac{b}{Z_0 \cdot 2\pi f} = \frac{1.43}{50 \cdot 2\pi \cdot 6 \cdot 10^9} = \underline{\underline{0.76\,pF}}$$

$$-0.47 + x = 1.52$$

$$x = 1.99$$

$$jxZ_0 = j\omega L_s$$

$$\underline{\underline{L_s}} = \frac{x \cdot Z_0}{2\pi f} = \frac{1.99 \cdot 50}{2\pi \cdot 6 \cdot 10^9} = \underline{\underline{2.64\,nH}}$$

Konjugat anpassa utgången. Det finns flera lösningar, men vi väljer en kondensator parallellt följt av en spole i serie.

$$0 + x = -1.2$$

$$x = -1.2$$

$$jxZ_0 = \frac{1}{j\omega C_s}$$

$$\underline{\underline{C_s}} = \frac{-1}{Z_0 x 2\pi f} = \frac{-1}{-1.2 \cdot 50 \cdot 2\pi \cdot 6 \cdot 10^9} = \underline{\underline{0.44\,pF}}$$

$$0.5 + b = -0.39$$

$$b = -0.89$$

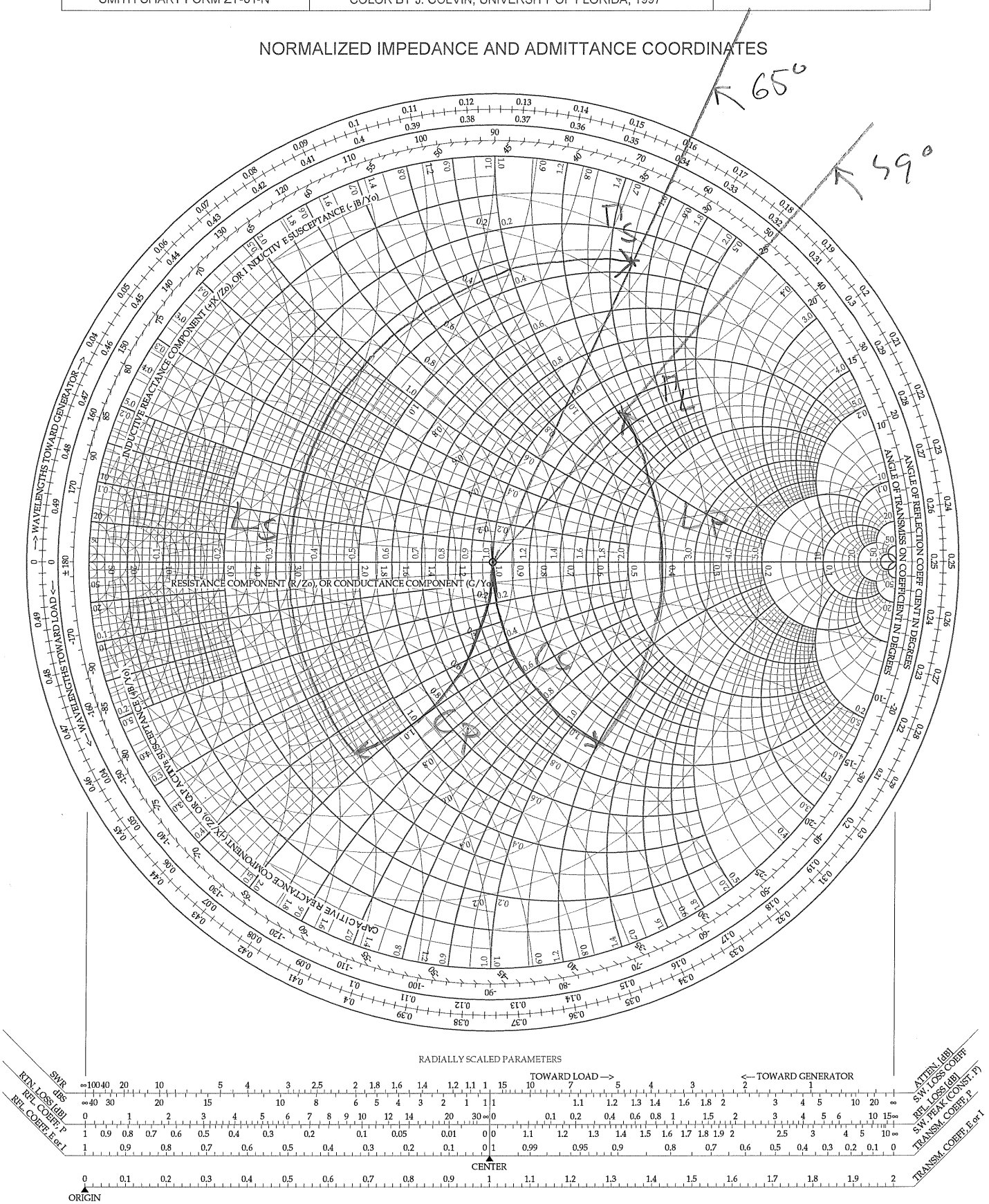
$$jbY_0 = \frac{1}{j\omega L_p}$$

$$L_p = \frac{-Z_0}{b \cdot 2\pi f} = \frac{-50}{-0.89 \cdot 2\pi \cdot 6 \cdot 10^9} = \underline{\underline{1.49\,nH}}$$

3 (4)

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

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



c) Vid konjugatanpassning

$$\Gamma_S = S_{11}^* \quad \& \quad \Gamma_L = S_{22}^*$$

$$G_{TU,max} = \frac{|S_{21}|^2 (1-|S_{11}|^2)(1-|S_{22}|^2)}{|1-S_{11} \cdot S_{11}^*|^2 \, |1-S_{22} \cdot S_{22}^*|^2} =$$

$$= \frac{|S_{21}|^2 (1-|S_{11}|^2)(1-|S_{22}|^2)}{(1-|S_{11}|^2)^2 (1-|S_{22}|^2)^2} =$$

$$= \frac{|S_{21}|^2}{(1-|S_{11}|^2)(1-|S_{22}|^2)} =$$

$$= \frac{4.1^2}{(1-0{,}81^2)(1-0{,}48^2)} = 63{,}51 = \underline{\underline{18 \text{ dB}}}$$