HFT 77, Tentamen i högfrekvensteknik, EEM021
2024-01-13, kl. 08.30-13.30, HA3, Längd: 5 timmar.

Tillåtna hjälpmedel:	**Beta, Physics Handbook, valfri kalkylator, formelsamling i Elektromagnetisk fältteori, egna anteckningar på formelsamlingens sista sida, samt på ett löst ensidigt A4 blad. Skriv dock INTE lösningar till gamla tentamensproblem eller till andra övningsexempel.**
Frågor	Denis Meledin, tel. ankn. 1842
Resultatet	Anslås på omtentans hemsida.
Granskning	Sker på tid och plats som anges på omtentans hemsida.
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 årets duggan.
Poängen på uppgift 2 kan ersättas med resultatet på andra uppgiften på årets duggan.
Poängen på uppgift 3 kan ersättas med resultatet på tredje uppgiften på årets duggan.

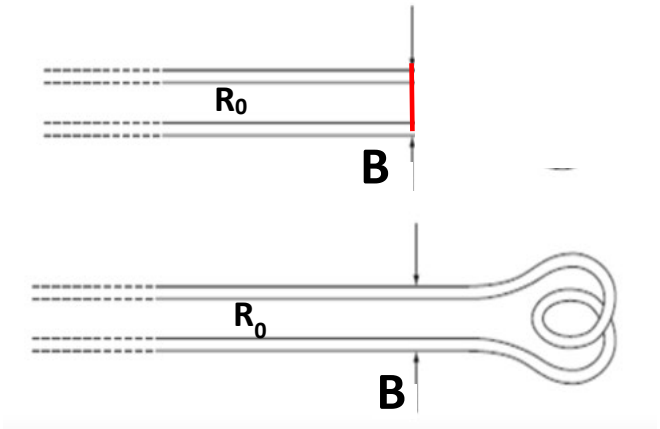
Transmissionsledning

Uppgift 1 (10p):

En RF kopplingsspole är gjord genom att snurra änden av en förlustfri luftfylld transmissionsledning med karakteristiska impedansen $\mathbf{R_0 = 50\ \Omega}$, enligt figuren nedan.

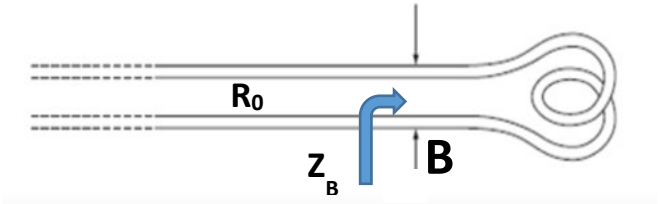
1. I punkt B introduceras en kortslutning. Med hjälp av en mätprob, hittas det första spänningsmaximum **8 cm** till vänster om kortslutningen.

2. Därefter tas kortslutningen bort och spänningsminimumet hittas **10.144cm** till vänster om B. Dessutom är spänningsmaximumet på linjen **2.4** gånger större än spänningsminimumet.



Hitta

a) **Beräkna kopplingsspolens impedans (Z_B).**



b.) **Beräkna series stubbens längd Lst med karakteristika impedansen R_{01}=100 Ω, extra okända komponenten U, samt karakteristika impedansen (R_{0X}) av kvartsvågtransformatorn (λ/4) som krävs för att transformera kopplingsspolens impedans till Z_{in}= 60-j80 Ω**

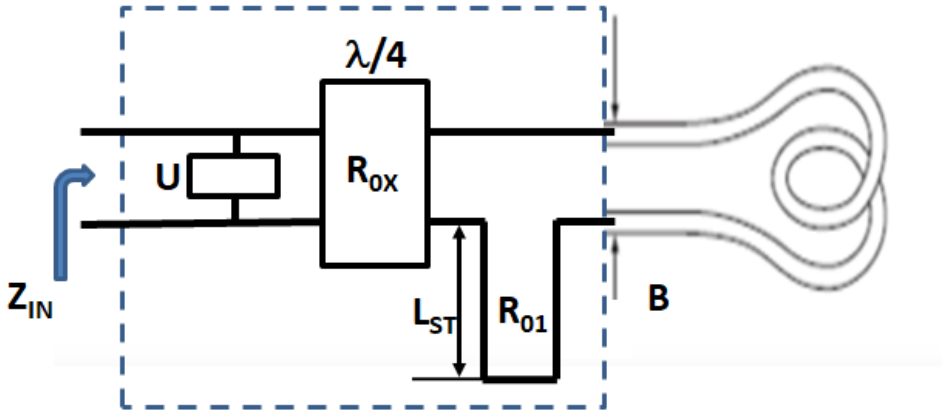


Fig. Kretsen till Uppgift 1

Uppgift 2 (7p)

En steggenerator med spänning **Vg** och reell inre impedans **Rg** inkopplas vid **t=0** till en förlustfri luftfylld koaxkabel med längd **L** terminernas med lasten R_L (se figur 2a). Karakteristiska impedansen av kabeln är R_0. Resistorn **R=2R₀** parallellkopplas till linjen vid distansen **2L/3**. Spänningen vid ingången av linjen $V_{AA'}$ (linje AA') registreras och visas i figur 2b nedan.

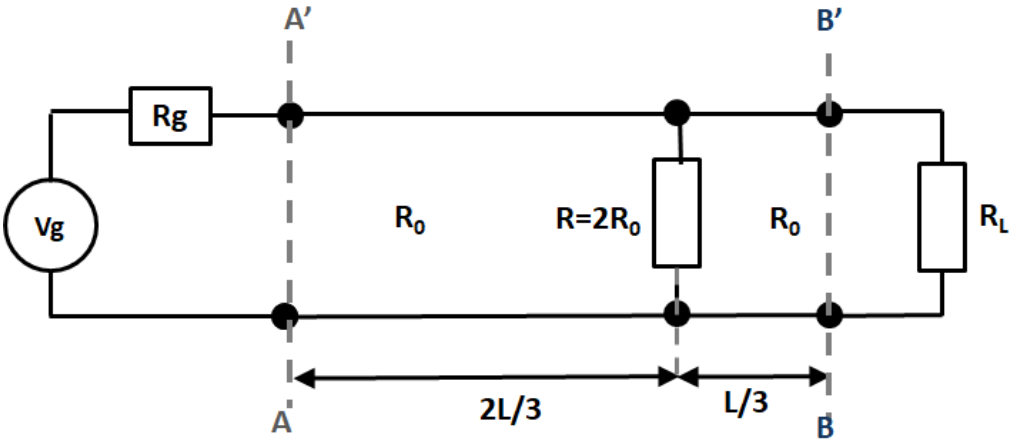


Fig.2a Plot till Uppgift2

Hitta.

a.) Rg, R_L som funktion av R_0

b.) Vg

c.) Spänningen vid linjen $V_{BB'}$ till τ=3T

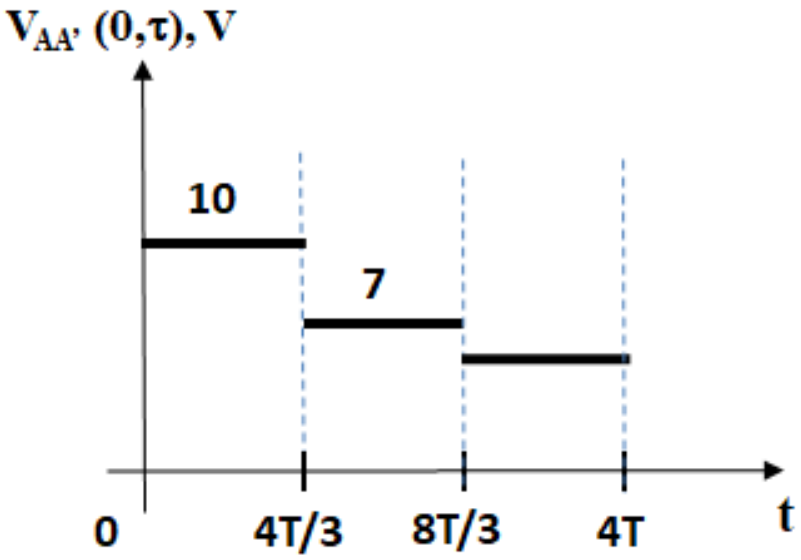


Fig.2b Plot till Uppgift2

Vågledare:

<u>Uppgift 3 (10p)</u>

Två signaler med samma frekvens utbreder sig i två olika vågledare:

Om signalen utbreder i en dielektriskfylld (ε_r) cirkulär vågledare (CV) med radien $\mathbf{a_1}$ har vi följande uttryck för fältet i z-riktningen:

$$A_z(r,\varphi,z) = C' J_n\left(\frac{3.832}{a_1}\right)\cos(n\varphi)\, e^{-j328.96z}$$

Om signalen utbreder sig istället i en rektangulär luftfylld vågledare (RV) med **b=a/3** fältet i z-riktningen enligt lägsta TM moden har följande uttryck:

$$B_z(x,y,z) = B_0 \sin\left(\frac{m\pi}{a}\right)\sin\left(\frac{n\pi}{b}\right) e^{-j177.99z}$$

Förhållandet mellan grupphastigheternas i vågledarna är υ_{gr}**(RV)/** υ_{gr}**(CV)=1.3851**. Vågimpedansen för samma mod som i formeln ovan for CV är **240 Ω.**

Hitta.

a) **Moden for båda vågledare.**
b) **Dielektriska konstanten ε_r.**
c) **Signalens frekvens.**
d) **Beräkna båda vågledares mått.**

Uppgift 4 (7p)

De tre första resonansmoderna av en rektangulär resonanskavitet, vilken är fylld med material med dielektriska konstanten ε_r=2.25, förekommer vid 1.795 GHz, 2.134 GHz och 3.4 GHz. Antag att d>2a, a>b som visas i figuren 4.

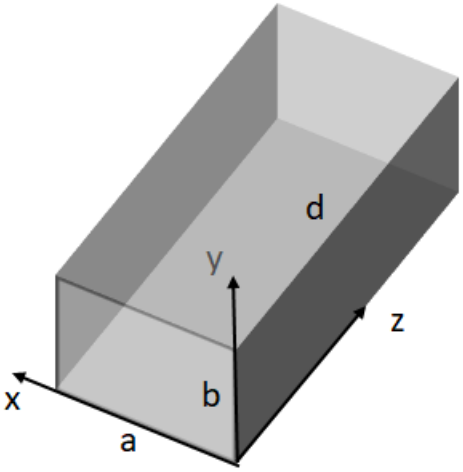


Fig.4 Kavitet för Uppgift 4

Hitta.

a). Vilka är resonansmoderna?
b). Kavitetetens mått?

Antenn

Uppgift 5 (6p):

Vincent vill störa grannens WiFi-styrda utebelysning för att kunna få lugnt och ro på nätterna. Grannens hus befinner sig **50 m** från Vincents hus. Vincent bygger därför en kraftfull sändare med **10W** uteffekt vid **2.4 GHz**. För att fungera normalt, måste en WiFi -enhet ha ett signal-till-brus förhållande på **25 dB**. Typiskt brusgolv på WiFi -enheter är **-60 dBm**. Vincent vill att hans störande signal skall vara **13 dB** större än WiFi signalen vid mottagaren på grannens utebelysning.

Hitta.

a.) Vad är det minsta direktivitetet, som Vincent kan tillåta på antennen som han skall ansluta sin sändare till? Vi antar här att grannens WiFi antenn utstrålar lika mycket i alla håll.

b.) Hur påverkas svaret om grannen WiFi antennenen blir en 62.5 cm lång dipol istället? Vincent lägger i så fall sin antenn i planen vinkelrätt mot grannens dipol, som korsar dipolen i mittten samt Vincent riktar sin antenn i planet exakt i mittpunkten av grannens dipolen, som visas i fig.5 nedan.

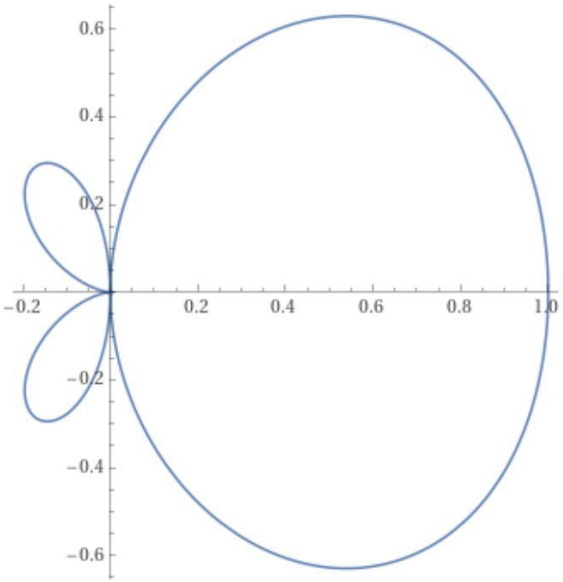
Fig.5 Figur för Uppgift 5b

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

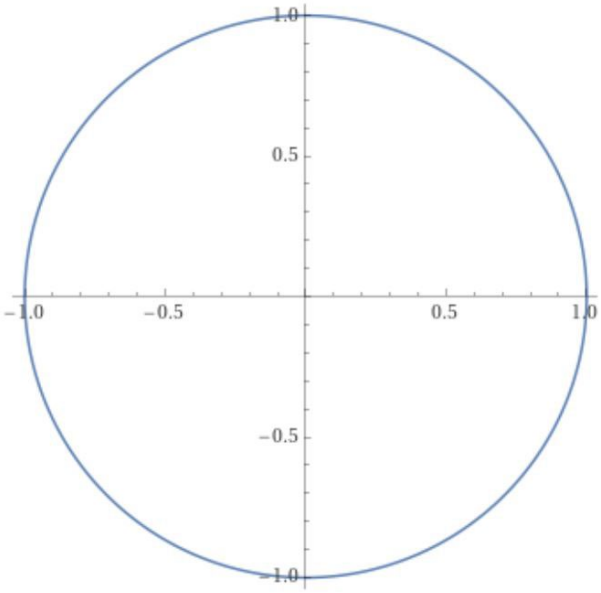
En gruppantenn består av ***tre*** (3) halvvågsdipoler som matas med strömmarna med olika ström värde.
De resulterande strålningsdiagrammen är plottade i x-y (φ) -planen nedan.

Hitta.

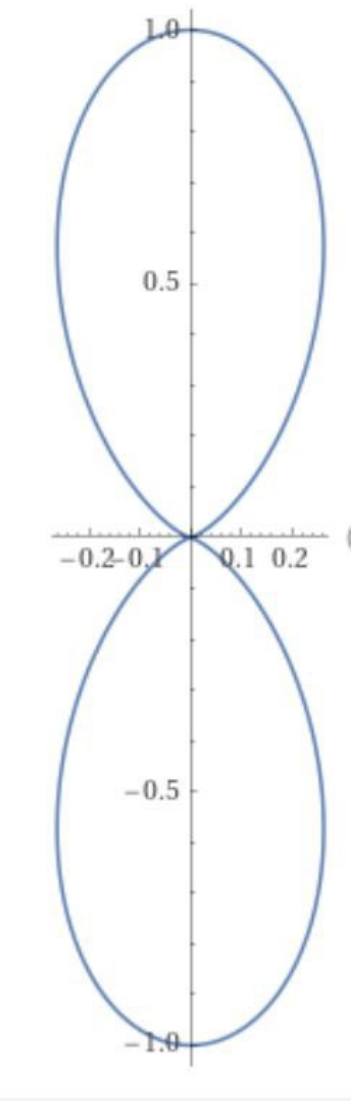
a.) För varje polärdiagram nedan bestäm halvvärdesvidden HVV(HPBW)
b.) För varje polar diagram nedan, föreslå en möjlig orientering av de tre dipolerna i linjen samt avståndet mellan *d* dem och värden på strömmen och ström fasskillnad ξ.



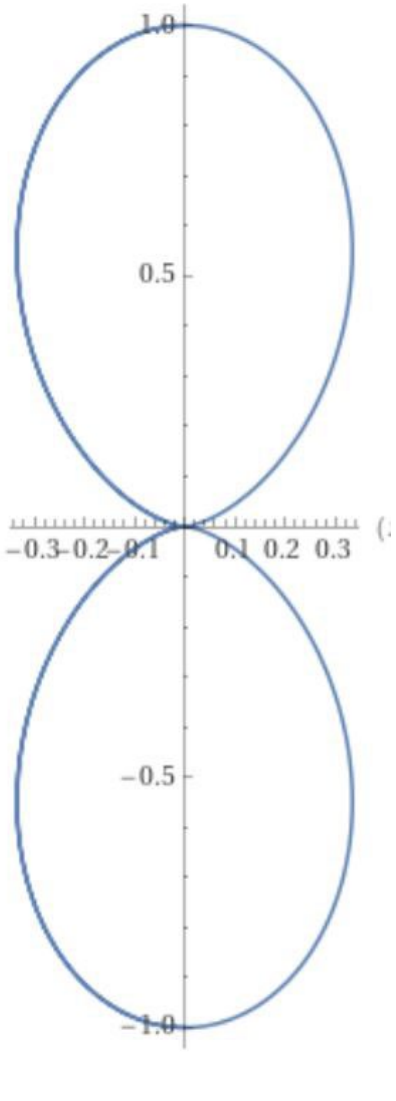
a).



b)



c)



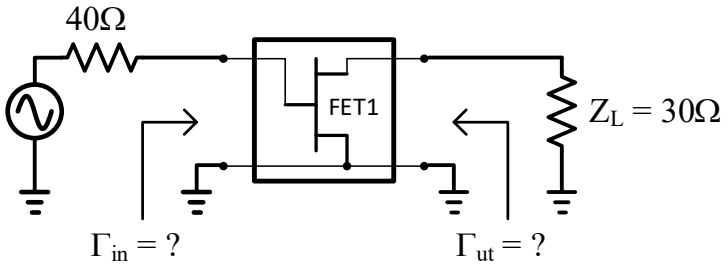
d).

Fig.6. Antenngrupper

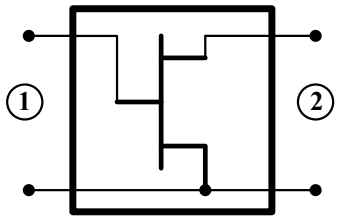
Mikrovågelektronik

Uppgift 7 (10p):

En transistor FET1 används för att realisera en förstärkarkrets vid 3 GHz, se figur (a) nedan. FET1-transistorn har karakteriserats separat med en nätverksanalysator och S-parametrarna vid 3 GHz är givna i figur (b).



(a) Förstärkarkrets med realiserad med en FET1-transistor.



$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0.1\angle 10° & 0.02\angle 50° \\ 20\angle 170° & 0.15\angle 30° \end{bmatrix}$$

(b) Uppmätta S-parametrar för FET1-transistor vid 3 GHz (50Ω referensimpedans)

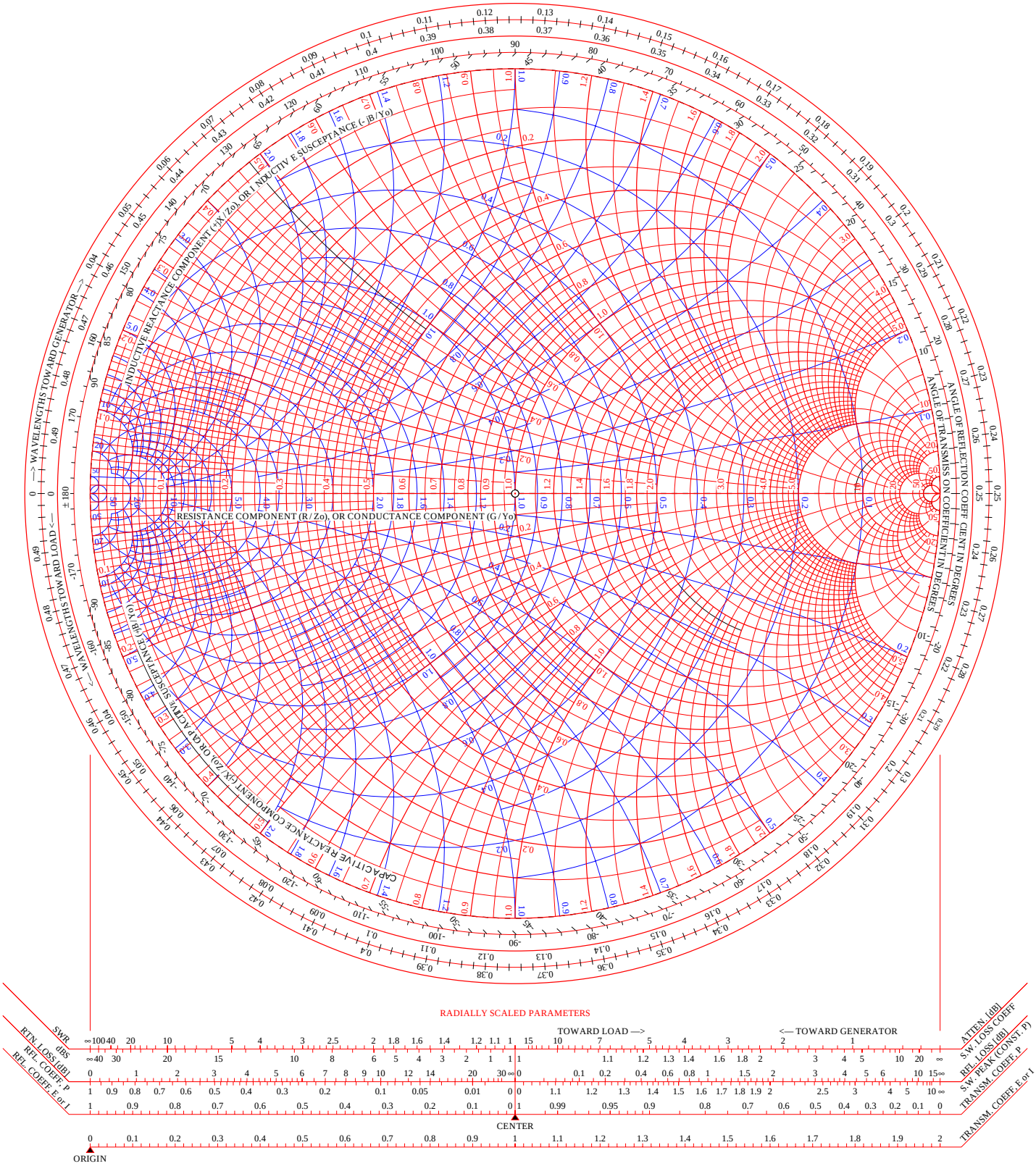
Figure till uppgift 7

Γ_{in} Γ_{UT}

a) Bestäm förstärkarens in- och utgångs-reflektionskoefficient, G_{in} resp. G_{ut} (4 poäng)
b) Bestäm förstärkarens ”transducer-gain”, G_T i dB (3 poäng)
c) Hur skall Z_L ändras för att maximera ”transducer gain” och hur stort blir G_T med denna lastimpedans? (3p)

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

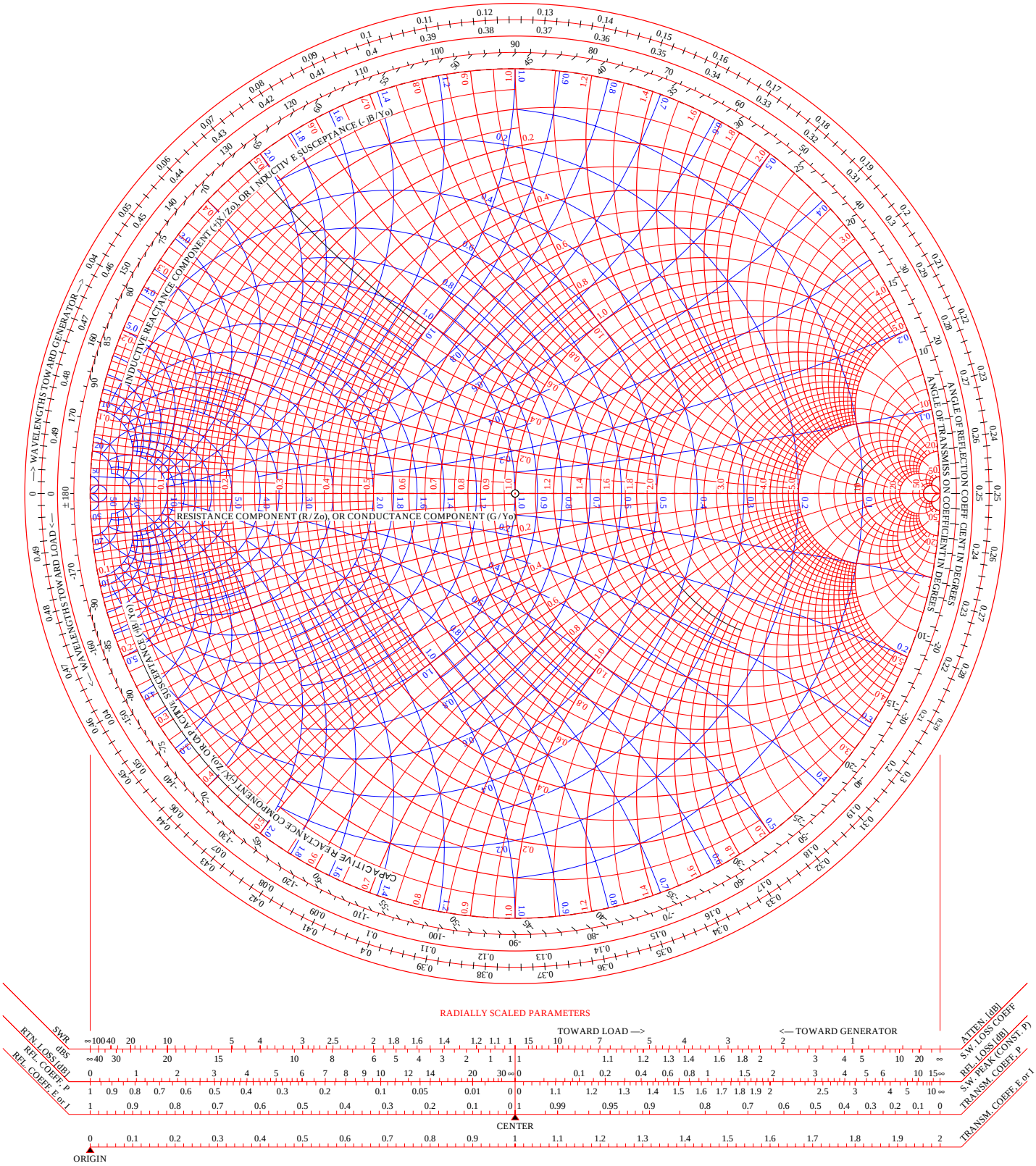
NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



RADIALLY SCALED PARAMETERS

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