HFT 38, Tentamen i högfrekvensteknik, kurskod EEM021 2010-08-26, 08:30 i ”VV”-salar. Längd: 4 timmar.

Tillåtna hjälpmedel:	Beta, Physics Handbook, valfri kalkylator, formelsamling i Elektromagnetisk fältteori, egna anteckningar i formelsamlingen och på en A4 blad (dock inte lösningar till uppgifter)
Frågor uppg 1-4, 6-7	Vincent Desmaris, tel ankn. 1846
Frågor uppg 5	Hans Hjelmgren, tel 070-520 13 46
Resultatet	Anslås på kursens hemsida
Granskning	Sker på tid och plats som anges på kurshemsida
Betygsgränser	24p för betyg 3, 36p för betyg 4 och 48p för betyg 5
Kom ihåg	**Lösningen på uppgift 5 lämnas i separat omslag**
Observera	Omotiverade lösningar kan ge poängavdrag!

Duggadelen

Om summan av poängen på uppgifterna markerade med **D** understiger resultatet på duggan, kommer duggaresultatet ersätta det vid sammanräkning av totalpoäng på tentan.

Transmissionsledningar:

1. (**D**-10p) (a) En förlustfri transmissionsledning med karakteristiska impedansen 75 Ω är avslutad med en antenn, vars impedans är okänd. En ingenjör mäter upp ståendevågförhållandet S = 2, våglängden λ = 20 cm och spänningsmaximumets position från lasten d = 74 cm.
   Använd endast smithdiagrammet för att beräkna antennens impedans! (8 p)

   (b) **Teorifråga: Vad är relationen mellan dämpkonstant och förlusteffekt längs en transmissionsledning?** (2p)

2. (7p) En förlustfri ledning skall avslutas med impedansen $Z_L = 30 - j40\Omega$

   Vilket värde på ledningens karakteristiska impedans Zc ger minsta ståendevågsförhållande på ledningen och hur stort blir detta?

<u>Vågledare</u>

3 (**D-**10p) En luftfylld rektangulär vågledare med väggar av koppar, med $\sigma = 5.8\ 10^7$ S/m och $\mu \simeq \mu_0$, har sidlängderna a = 7.2 cm och b = 3.4 cm och har frekvensen f = 3 GHz i den dominanta moden.

Beräkna
(a) cutoff-frekvensen fc,
(b) våglängden i vågledaren λg,
(c) avståndet över vilken flätintensiteterna av en utbredande våg är halverad.

4 (7p)

(a) Beräkna resonansfrekvensen för TE_{101}-moden i en luftfylld rektangulär resonanskavitet med kantlängderna a = 2 cm, b = 1 cm och d = 3 cm!

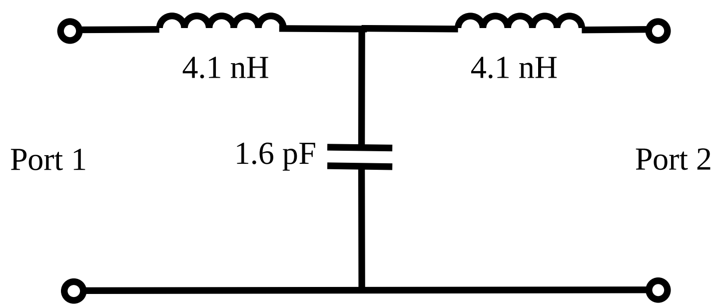
(b) Hur stor elektromagnetisk svängningsenergi kan lagras i denna TE_{101} mod om det maximalt tillåtna E-fältet är $3\ 10^6$ V/m?

<u>Mikrovågselektronik</u>

5. (10p) En förlustfri tvåport visas nedan, tillsammans med definitionen av spridningsparametrar.

a) **(8p) Bestäm S_{11} och S_{22} för tvåporten <u>m.h.a. Z/Y Smith-diagrammet som bifogas tentatesen</u>. Markera tydligt alla förflyttningar och avläsningar i Smith-diagrammet, riv ut det och bifoga det till din lösning. Systemimpedansen är 50 Ω och frekvensen är 2.4 GHz.**

b) **(2p) Bestäm även Z_{in} ur Smith-diagrammet om vi ansluter en last R_L=50 Ω till port 2.**



$$S_{11} = \left.\frac{V_1^-}{V_1^+}\right|_{V_2^+=0}$$ Reflektionskoefficienten för port 1 då port 2 är anpassad

$$S_{12} = \left.\frac{V_1^-}{V_2^+}\right|_{V_1^+=0}$$ Transmissionskoefficienten från port 2 till port 1 då port 1 är anpassad

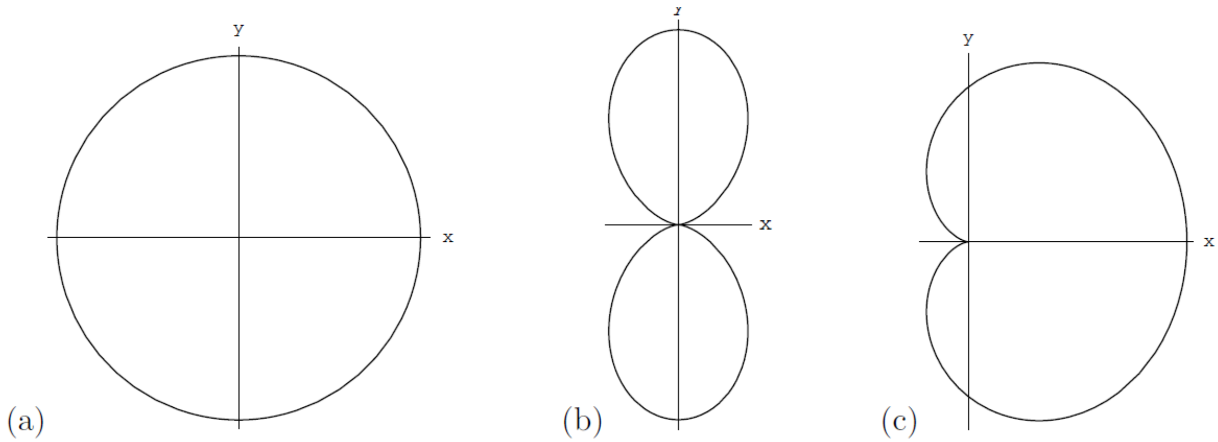
$$S_{21} = \left.\frac{V_2^-}{V_1^+}\right|_{V_2^+=0}$$ Transmissionskoefficienten från port 1 till port 2 då port 2 är anpassad

$$S_{22} = \left.\frac{V_2^-}{V_2^+}\right|_{V_1^+=0}$$ Reflektionskoefficienten för port 2 då port 1 är anpassad

Antenner

6. (10p) En gruppantenn består av två halvvågsdipoler som matas med strömmarna I_1=1 Ampere och $I_2=Ae^{j\psi}$ Ampere. Den resulterande strålningsdiagrammet är plottad i x-y-planet nedan.

För varje diagram föreslå en möjlig orientering av de 2 dipolerna, deras avstånd ifrån varandra *d*, och värden på A och ψ. (10 p)

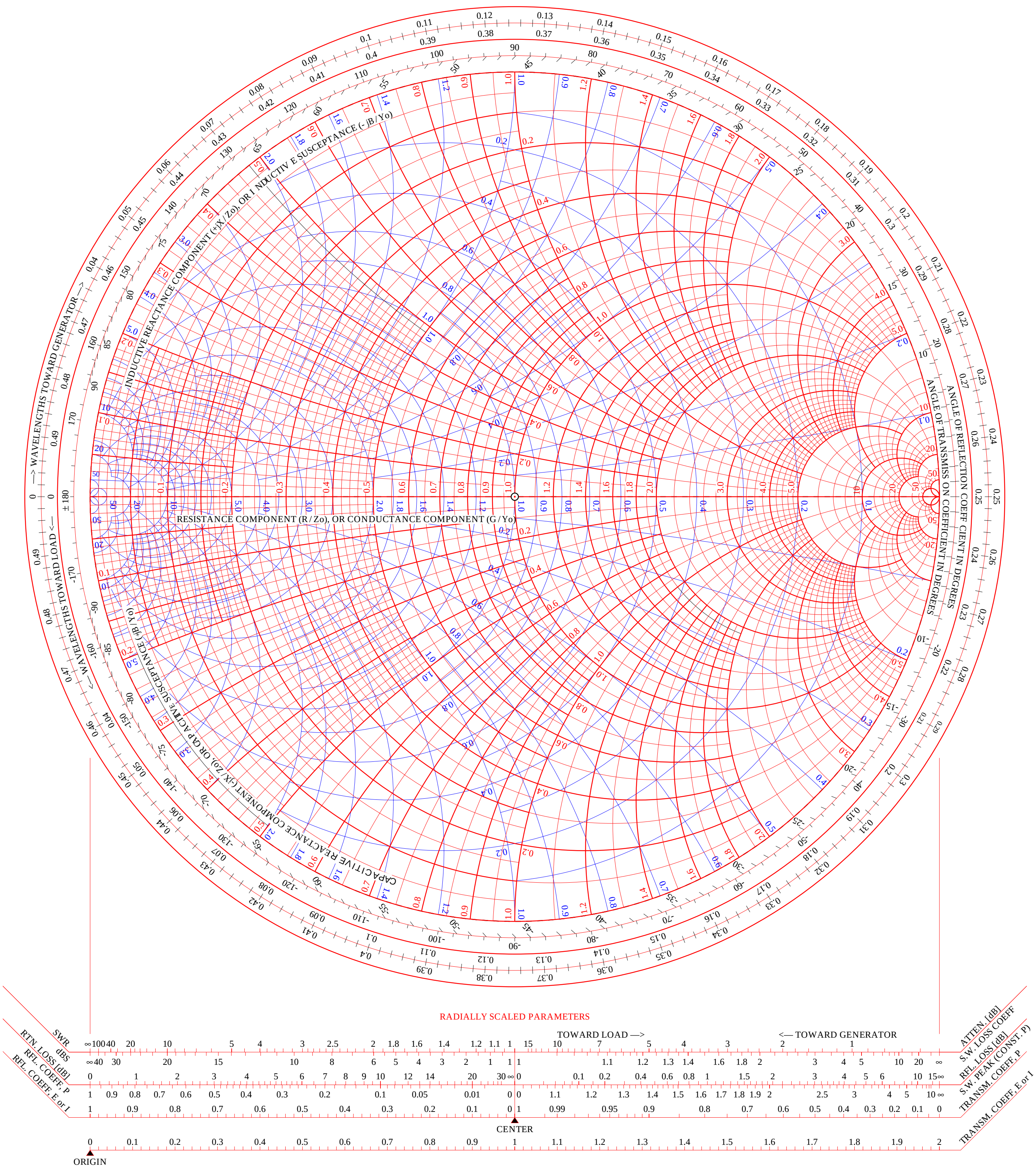


7. (6p) En 1.5 cm lång dipolantenn används i en radar vid 10 GHz för fartkontroll. Antennen sänder ut en signal med effekten P = 10 kW som sedan sprids tillbaka från bilen och mäts upp med samma antenn. Antag att bilen har radartvärsnittet σ_{bs} = 1 m^2 och radarn kan mäta signaler ner till P_{min} = 0.01 pW.

Hur långt ifrån radarn måste bilen vara för att undkomma fartmätningen?

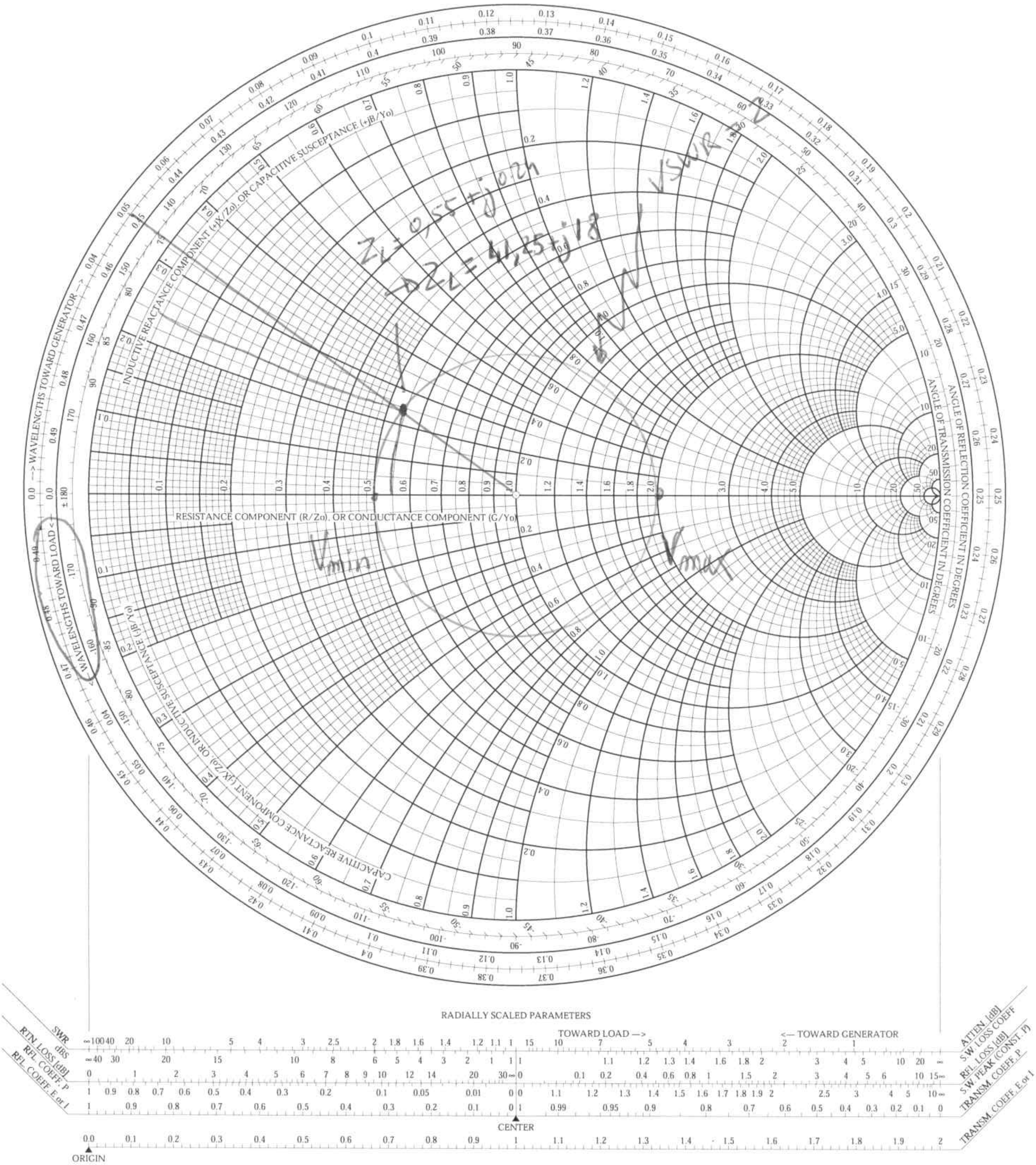
NAME	TITLE	DWG. NO.
		DATE
SMITH CHART FORM ZY-01-N	COLOR BY J. COLVIN, UNIVERSITY OF FLORIDA, 1997	

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



The Complete Smith Chart

Black Magic Design



Uppgift2

$Z_L = 30 - j40\,\Omega$

Minimum hos $\dfrac{1+|\Gamma_L|}{1-|\Gamma_L|}$ erhålles för minsta $|\Gamma_L|$

$$|\Gamma_L|^2 = \left|\frac{Z_L - Z_c}{Z_L + Z_c}\right|^2 = \frac{(R_L - Z_c)^2 + X_L^2}{(R_L + Z_c)^2 + X_L^2}$$

$$\frac{\partial}{\partial Z_c}|\Gamma_L|^2 = 0 \Rightarrow Z_c = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = 50\,\Omega$$

$$|\Gamma_L|_{min} = \left|\frac{30 - j40 - 50}{30 - j40 + 50}\right| = \left|\frac{-20 - j40}{80 - j40}\right| = \sqrt{\frac{4+16}{64+16}} = \frac{1}{2}$$

$$(VSWR)_{min} = \frac{1 + 1/2}{1 - 1/2} = 3$$

Uppgift3

a) $f_c = \dfrac{c}{2a} = \dfrac{3 \cdot 10^{10}}{2 \cdot 7{,}2} = \underline{\underline{2{,}08 \cdot 10^9\ Hz}}$

b) $\lambda_g = \dfrac{\lambda}{\sqrt{1 - f_c^2/f^2}} = \dfrac{c}{\sqrt{f^2 - f_c^2}} = \underline{\underline{9{,}39\ m}}$

c) $R_s = \sqrt{\dfrac{\pi f \mu}{\sigma}} = 0{,}01429\ \Omega$

$$(\alpha_c)_{TE_{10}} = \frac{R_s\left[1 + \frac{2b}{a}\left(\frac{f_c}{f}\right)^2\right]}{\eta_0\, b\sqrt{1 - (f_c/f)^2}} = 2{,}26 \cdot 10^{-3}\ Np/m$$

$$e^{-\alpha_c z} = \frac{1}{2} \Rightarrow z = \frac{\ln 2}{\alpha_c} = \underline{\underline{307\ m}}$$

Uppgift4

Fältet för TE_{10}, är $\bar{E} = \vec{y}\, E_0 \sin\frac{\pi x}{a} \sin\frac{\pi z}{d}$

$$W_{E,med} = \frac{\varepsilon}{4}\int_0^a\int_0^b\int_0^d \bar{E}\cdot\bar{E}^* \, dx\,dy\,dz = \frac{\varepsilon}{4} E_0^2\, b \int_0^a \sin^2\frac{\pi x}{a} dx \int_0^d \sin^2\frac{\pi z}{d} dz =$$

$$= \frac{\varepsilon}{4} E_0^2\, b\, \frac{a}{2}\, \frac{d}{2}$$

$$W_{med} = W_{E,med} + W_{H,med} = 2W_{E,med} = \varepsilon E_0^2 abd/8$$

$$\max W_{med} = \frac{1}{36\pi} 10^{-9} (3\cdot 10^6)^2\, 0.02\;\; 0.01\;\; 0.03/8 = \frac{3\cdot 10^{-3}}{16\pi}\ \mathrm{Ws} = \underline{5{,}96\cdot 10^{-5}\ \mathrm{Ws}}$$

$$f_{res} = \frac{c_0}{2}\sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{d^2}} = \frac{\sqrt{3}}{4} 10^{10}\ \mathrm{Hz} = 9.014\ \mathrm{GHz}$$

Lösning uppgift 5

a) Eftersom tvåporten är symmetrisk är $S_{11} = S_{22}$.

Bestäm S_{11} genom att starta i anpassad utgång, alltså $\Gamma_L = 0$.

Sedan lägger vi till en spole i serie, och rör oss då utmed cirkeln där den normaliserade resistansen $r = 1$. Vi lägger till en reaktans x.

$$x = \frac{\omega L}{Z_0} = \frac{2\pi \cdot 2{,}4 \cdot 10^{9} \cdot 4{,}1 \cdot 10^{-9}}{50} = 1.237$$

Därefter lägger vi till en kondensator parallellt och rör oss utmed en konstant konduktans cirkel.

$$b = \frac{\omega \cdot C}{Y_0} = 2\pi \cdot 2.4 \cdot 10^{9} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-12} \cdot 50 =$$

$$= 1.206$$

Vi börjar i $b = -0{,}49$, och slutar i

$$-0.49 + 1.206 = 0{,}716$$

Slutligen lägger vi till en spole i serie.

$-1.07 + 1.237 = 0.167$

Ur S.C läser vi av belopp och fas för S_{11}.

$$\underline{\underline{S_{11} = 0.28 \angle 152^\circ}}$$

b) Med $R_L = 50\,\Omega$ kommer utgången att vara anpassad och $\Gamma_{in} = S_{11}$. Vi kan då läsa av z_{in} direkt i S.C.

$$z_{in} = 0.58 + j0.17$$

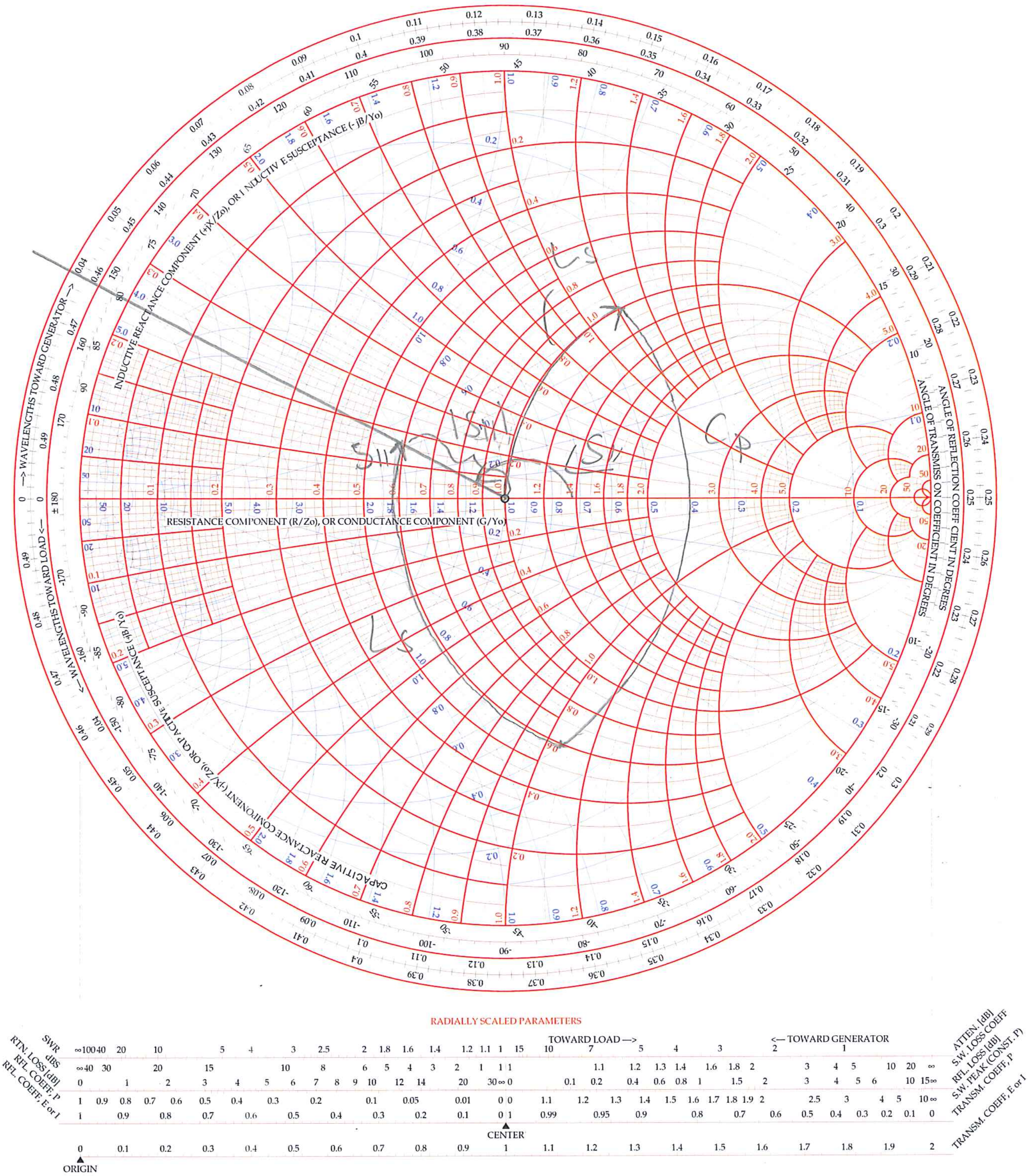
$$\Rightarrow Z_{in} = Z_0 \cdot z_{in} = \underline{\underline{29 + j8.5\ \Omega}}$$

3c)

NAME	TITLE	DWG. NO.
		DATE

SMITH CHART FORM ZY-01-N — COLOR BY J. COLVIN, UNIVERSITY OF FLORIDA, 1997

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



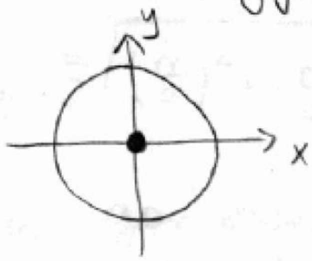
Uppgift5

GIVET: 2 dipoler $I_1 = 1$ $I_2 = A e^{j\varphi}$

SÖKT: Orientering och värden på d resp. A & φ.

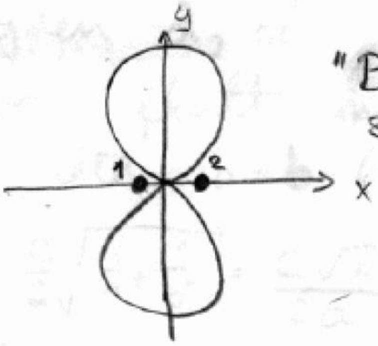
GENERELLT: Bägge i z-led.

a)



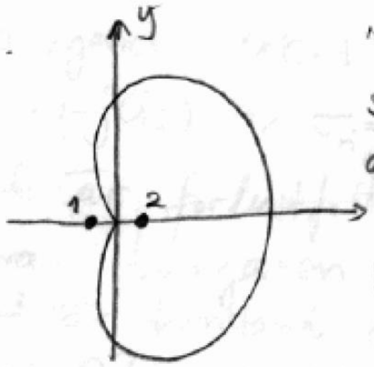
Båda dipolerna i fas $(\varphi = 0)$ samt $d = 0$. A godtycklig. Placerade i centrum.

b)



"Broadside". Dipolerna placerade symmetriskt kring y-axeln med avstånd $\frac{\lambda}{2}$ mellan varandra. (på x-axeln). $A = 1$, $\varphi = 0$

c)



"Endfire". Dipolerna placerade symmetriskt kring y-axeln med avstånd $\frac{\lambda}{4}$ mellan varandra.

$A = 1$

Dipol nr 2 har $\varphi = -\frac{\pi}{2}$

Uppgift6

GIVET: Dipol $l = 1{,}5$ cm vid 10 GHz fartkontroll

$P_{tr} = 10\,\text{kW}$

$\sigma_{bs} = 1\,\text{m}^2$

$P_{min} = 0{,}01\,\text{pW}$

SÖKT: Radarns maxavstånd.

$f = 10\,\text{GHz} \Rightarrow \lambda = 3\,\text{cm} \Rightarrow \frac{\lambda}{2}$-dipol $\Rightarrow D_{max} = 1{,}64$

Radarekv: $\frac{P_{min}}{P_{tr}} = \frac{\sigma_{bs} \cdot \lambda^2}{(4\pi)^3 \cdot R^4} D^2 \Rightarrow$

$$R = \left[\frac{\sigma_{bs} \cdot \lambda^2 \cdot D^2 \cdot P_{tr}}{(4\pi)^3 \cdot P_{min}}\right]^{1/4} \approx \underline{\underline{1050\,\text{m}}} \quad (1051)$$