ENIG

GCR1

A.U 2020/2021

BENZINA H

Documents non autorisés

1 page+1 abaque+1 formulaire

DUREE 02H00

DEVOIR DE SYNTHESE DE PROPAGATION GUIDEE

EXERCICE N°1

Sur une ligne de transmission sans pertes d'impédance caractéristique Zc=75Ω et où la longueur d'onde vaut λ=80mm, une impédance $\underline{Z_L}$ = (45-j70)Ω termine la ligne. Déterminer par le calcul:

1) a)En z=L le coefficient de réflexion $\underline{\rho_L}$ (sous forme $\underline{\rho}(z)=a+jb$)

b)Le rapport d'ondes stationnaires s.

c)L'admittance de charge $\underline{Y_L}$ (avec la meilleure précision possible).

2) a)Le coefficient de réflexion (sous forme $\underline{\rho}(z)=a+jb$) à une distance de 13 cm de la charge.

b) L'impédance ramenée à une distance de 13 cm de la charge

c) Le coefficient de réflexion (sous forme $\underline{\rho}(z)=a+jb$) à une distance 9 cm de la charge.

d) L'impédance ramenée à une distance 9 cm de la charge

EXERCICE N°2 (1 abaque)

Une ligne coaxiale remplie d'un diélectrique de constante relative ε_r=3 d'impédance caractéristique Zc=75Ω est terminée par une impédance constituée par une résistance R=150Ω en série avec une capacité C égale à 1 pF. La ligne est alimentée par un générateur délivrant un signal de fréquence 707MHz.

1°) En utilisant l'abaque de Smith , déterminer:

a-le rapport d'ondes stationnaires s.

b- le coefficient de réflexion $\underline{\rho_L}$ (module et phase).

c-l'admittance de charge $\underline{Y_L}$ (avec la meilleure précision possible).

d-l'impédance ramenée à 15 cm de la charge.

e-les positions des minimas et maximas de tension sur la ligne.

f-la position des points sur la ligne où l'impédance réduite vaut r+j.

g- la position des points sur la ligne où l'impédance réduite vaut 1+jb

2°) On se propose d'adapter cette ligne en utilisant un stub en circuit ouvert d'impédance caractéristique égale au double de celle de la ligne principale.

Déterminer à quelle distance d de la charge doit-on placer ce stub ainsi que sa longueur ℓ pour réaliser l 'adaptation. (on donnera toutes les solutions possibles)

$\alpha_{A'}$	$\alpha_{B1'}$	$\alpha_{B2'}$	$\underline{y}_{B1'}$	$\underline{y}_{B2'}$	α_1
α_2	d_1	d_2	l_1	l_2	

EXERCICE N°3

Soit un guide rectangulaire sans pertes rempli d'un diélectrique de permittivité relative égale à 3 et telle que a=7.2cm et b=4.40cm. Pour un mode TE_{13} se propageant sous une fréquence de fonctionnement égale à 1.25 fois la fréquence de coupure de ce mode (f=1.25 fc), calculer :

a)La fréquence de coupure f_c.

b)La fréquence de fonctionnement (fréquence du générateur) f_o.

c)La constante de propagation β_g.

d)La longueur d'onde de coupureλ_c.

e)La longueur d'onde guidée λ_g.

f)La vitesse de phase v_φ.

Bon Travail

H BENZINA GCR ENIG

LES LIGNES DE TRANSMISSION

$$\frac{\partial \underline{U}}{\partial z} = -R'\underline{I} - L'\frac{\partial \underline{I}}{\partial t} \; ; \; \frac{\partial \underline{I}}{\partial z} = -G'\underline{U} - C'\frac{\partial \underline{U}}{\partial t}$$

Equations des télégraphistes

$$\frac{\partial^2 \underline{U}}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \underline{U}}{\partial t^2} L'C' - \frac{\partial \underline{U}}{\partial t}\left[R'C' + L'G'\right] - R'G'\underline{U} = 0$$

Régime sinusoïdal

$$\underline{U}(z,t) = \underline{u}(z)e^{j\omega t} \; ; \frac{\partial \underline{u}}{\partial z} = -(R' + j\omega L')\underline{i} \; ;$$

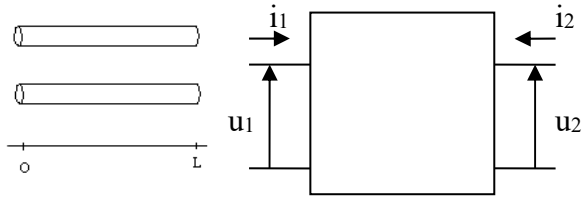
$$\frac{\partial \underline{i}}{\partial z} = -(G' + j\omega C')\underline{u} \; ; \frac{\partial^2 \underline{u}}{\partial z^2} = (R' + j\omega L')(G' + j\omega C')\underline{u}$$

$$\underline{\gamma} = \sqrt{(R' + j\omega L')(G' + j\omega C')} = \alpha + j\beta$$

$$\underline{u}(z) = \underline{u}_+ e^{-\underline{\gamma} z} + \underline{u}_- e^{+\underline{\gamma} z} \; ; \underline{i}(z) = \underline{Y}_c(\underline{u}_+ e^{-\underline{\gamma} z} - \underline{u}_- e^{+\underline{\gamma} z})$$

$$\underline{Z}_c = \frac{\underline{u}_+}{\underline{i}_+} = -\frac{\underline{u}_-}{\underline{i}_-} = \sqrt{\frac{(R' + j\omega L')}{(G' + j\omega C')}}$$

Une ligne de transmission de longueur L est équivalente à un quadripôle :



$$\begin{pmatrix} \underline{u}_2 \\ \underline{i}_2 \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} \cosh(\underline{\gamma}L) & -\underline{Z}_c \sinh(\underline{\gamma}L) \\ -\underline{Y}_c \sinh(\underline{\gamma}L) & \cosh(\underline{\gamma}L) \end{pmatrix}}_{\text{matrice de chaine}} \begin{pmatrix} \underline{u}_1 \\ \underline{i}_1 \end{pmatrix}$$

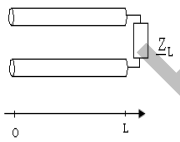
Coefficient de reflection :

$$\underline{\rho}(z) = \frac{\underline{u}_-}{\underline{u}_+} e^{2\underline{\gamma} z} \; ; \underline{u}(z) = \underline{u}_+ e^{-\underline{\gamma} z}[1 + \underline{\rho}(z)] \; ;$$

$$\underline{i}(z) = \underline{Y}_c \underline{u}_+ e^{-\underline{\gamma} z}[1 - \underline{\rho}(z)]$$

$$\underline{Z}(z) = \underline{Z}_c \frac{1 + \underline{\rho}(z)}{1 - \underline{\rho}(z)} \; ; \underline{\rho}(z) = \frac{\underline{Z}(z) - \underline{Z}_c}{\underline{Z}(z) + \underline{Z}_c}$$

LIGNE TERMINEE PAR UNE CHERGE



$$\underline{\rho}(z) = \underline{\rho}_L e^{2\underline{\gamma}(z-L)}$$

Cas d'une ligne adaptée :

$$\underline{Z}_L = \underline{Z}_c \Rightarrow \underline{\rho}_L = 0; \underline{u}_- = 0; \underline{\rho}(z) = 0;$$

$$\underline{Z}(z) = \underline{Z}_c$$

Cas d'une ligne terminée par un court-circuit(cc)

$$\underline{Z}_L = 0; \underline{u}_L = 0; \underline{\rho}_L = -1; \underline{\rho}(z) = -e^{2\underline{\gamma}(z-L)};$$

$$\underline{Z}(z) = -\underline{Z}_c \tanh[\underline{\gamma}(z - L)]$$

Cas d'une ligne terminée par un circuit ouvert(co)

$$\underline{Z}_L = \infty; \underline{i}_L = 0; \underline{\rho}_L = +1; \underline{\rho}(z) = +e^{2\underline{\gamma}(z-L)};$$

$$\underline{Z}(z) = -\underline{Z}_c \coth[\underline{\gamma}(z - L)]$$

LIGNES DE TRANSMISSION SANS PERTES

$$Z_c = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \; ; R'=G'=0 \; ; \; \underline{\gamma} = j\beta \; ;$$

La matrice de chaine devient :

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \cos(\beta L) & -jZ_c \sin(\beta L) \\ -jY_c \sin(\beta L) & \cos(\underline{\beta} L) \end{pmatrix}}_{\text{matrice de chaine}}$$

$$\left|\underline{u}(z)\right| = \left|\underline{u}_+\right|\left|1 + \underline{\rho}(0)e^{2j\beta z}\right|$$

Le taux d'ondes stationnaires (TOS)

$$s = \frac{u_{max}}{u_{min}} = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|} \Rightarrow |\rho| = \frac{s - 1}{s + 1}$$

ABAQUE DE SMITH

C'est la transformation : $\underline{z}(z) = \frac{Z(z)}{Z_c} = r + jx \rightarrow \underline{\rho}(z) = a + jb$

	$\underline{z}(z)$	$\underline{\rho}(z)$	Commentaire
C.A	1	0	Point O
C.C	0	-1	Point O'
C.O	∞	+1	Point O''
Resistance pure	r	$1 - \frac{2}{1+r}$	Portion de l'axe $\in$[-1,1]
Réactance pure	jx	$\frac{jx-1}{jx+1}$	Cercle unité

GUIDES D'ONDES

$\Delta \underline{\psi} = \underline{k}^2 \underline{\psi}$ avec $\underline{k}^2 = j\omega\mu(\sigma + j\omega\varepsilon)$ et $\underline{\psi} = \begin{pmatrix} \vec{E} \\ \vec{H} \end{pmatrix}$

Pas de pertes $\Rightarrow \underline{k}^2 = -k_0^2 = -\omega^2\mu\varepsilon$

GUIDE RECTANGULAIRE :

Résolution : $\underline{\psi}(x,y,z) = \underline{X}(x)\underline{Y}(y)\underline{Z}(z)$

$$\Rightarrow \beta_g^2 = k_0^2 - k_c^2; avec\, k_c^2 = k_x^2 + k_y^2$$

$$\underline{X}(x) = \underline{A}\sin(k_x x) + \underline{B}\cos(k_x x)$$

$$\underline{Y}(y) = \underline{C}\sin(k_y y) + \underline{D}\cos(k_y y)$$

$$\underline{Z}(z) = \underline{F}.\exp(-j\beta_g z)$$

conditions aux limites : $\underline{E}_y = \underline{E}_z = 0 enx = 0 eta$

$$\underline{E}_x = \underline{E}_z = 0 \, en \, y = 0 \, etb$$

$$k_{cmn} = \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2} = \omega_c\sqrt{\mu\varepsilon}$$

modes $TM_{mn} \Rightarrow \underline{H}_z = 0$

$\underline{E}_z(x,y,z) = \underline{E}_{mnz}\sin(\frac{m\pi}{a}x)\sin(\frac{n\pi}{b}y)\exp(-j\beta_g z)$ m=1,2,3,…

n=1,2,3,…

modes $TE_{mn} \Rightarrow \mathbf{E}_z = 0$

GUIDE CIRCULAIRE :

$$\Rightarrow \beta_g^2 = k_0^2 - k_c^2; avec\, k_c^2 = k_x^2 + k_y^2$$

$\underline{\psi}(\rho,\varphi,z) = \underline{\psi}_{mn} J_m(k_{c_{mn}}\rho)\cos(m\varphi)\exp(-j\beta_g z)$

Modes TM : $J_m(k_{c_{mn}}a) = 0$; **Modes TE** : $J'_m(k_{c_{mn}}a) = 0$

H BENZINA CCR ENG

DS PG ENIG 2020-2024

(1)

Ex 1

1°) a) $\underline{\rho}_L = \frac{\underline{Z}_L - Z_c}{\underline{Z}_L + Z_c} = 0,0674 - j\,0,5440$;

b) $s = \frac{1+|\underline{\rho}_L|}{1-|\underline{\rho}_L|}$; $|\underline{\rho}_L| = 0,5482$; $s = 3,4267$

c) $\underline{Y}_L = \frac{1}{\underline{Z}_L} = (6,498 + j\,10,108) \times 10^{-3}\ \Omega^{-1}$

2°) a) $\underline{\rho}(z) = \underline{\rho}_L \exp(2j\beta(z-L))$; $z_0 = L - 0,13 \Rightarrow z_0 - L = -0,13\ m$

$\angle \underline{\rho}_L = -1,4476\ rd$

$\underline{\rho}(z_0) = 0,5482 \cdot e^{-j\,1,4476} \cdot e^{2j\frac{2\pi}{0,08} \times (-0,13)}$

$e^{jx} = \cos(x) + j\sin(x)$

$\boxed{\underline{\rho}(z_0) = -0,5440 + j\,0,0674}$

b) $\underline{Z}(z_0) = Z_c \frac{1+\underline{\rho}(z_0)}{1-\underline{\rho}(z_0)} = (21,96 - j\,4,230)\ \Omega$

c) $z_1 = L - 9cm$; $\underline{\rho}(z_0) = \underline{\rho}(z_1)$ car $z_1 = z_0 - \frac{\lambda}{2}$

d) $\underline{Z}(z_1) = \underline{Z}(z_0)$ par les mêmes raisons.

29 pts

Ex 2

a) $X_L = -\frac{1}{\omega C} = -\frac{1}{2\pi f C} = -225,11\ \Omega$

$\Rightarrow \underline{Z}_L = 150 - j\,225,1\ \Omega$

$z_A = \frac{\underline{Z}_L}{Z_c} = 2 - j\,3$; a) $s \simeq 6,8$ (Théo 6,859) ; b) $|\underline{\rho}_L| = 0,741$ (Théo 0,7455)

$k_L = -26,5°$ (Théo $-24,56$)

HBENZINA GCR ENIG

c - $\underline{y}_{A'} = 0,16 + j\,0,23 \Rightarrow \underline{y}_A = \frac{\underline{y}_{A'}}{z_c} = (0,213 + j\,0,307)\,10^{-2}\,\Omega^{-1}$ (2)

d - 15cm $\rightsquigarrow \frac{15}{\lambda}$; $\lambda = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}\,f} = 0,2456\,m = 24,5\,cm$

$\frac{15}{24,5} = 0,6122\lambda = 0,5\lambda + 0,1122\lambda$

$d_A = 0,287\lambda$ $d_B = d_A + 0,112\lambda = 0,399\lambda$

$\underline{\xi}_B = 0,225 - j\,0,715$ (Hacia $(0,222 - j\,0,71)$)

$\underline{z}_B = (16,88 - j\,53,6)\,\Omega$ ($Hacia\ (16,64 - j\,53,31)\,\Omega$)

e - posición de mínimos de tensión

mín de tensión $\Rightarrow d_{V_{min}} = 0,5\lambda$

posición mínimas $L - (0,5\lambda - d_A + n\frac{\lambda}{2}) = L - (0,213\lambda + n\frac{\lambda}{2})$

$= L - (5,2185\,cm + n\,12,25\,cm)$

max de tensión (en ppio $\frac{\lambda}{4}$)

posición máximas $= L - (0,25 + 0,5\lambda - d_A + n\frac{\lambda}{2})$

$= L - (0,463\lambda + n\frac{\lambda}{2}) = L -$

$= L - (11,344 + n\,12,25\,cm)$

f - por Ur ou $\underline{\xi} = r + j$

$d^1_{(r+j)} = 0,129\lambda$ et $d^2_{(r+j)} = 0,286\lambda \Rightarrow L - (0,129\lambda + 0,5\lambda - d_A + n\frac{\lambda}{2})$

et $L - (0,286\lambda + 0,5\lambda - 0,287 + n\frac{\lambda}{2})$

$\Rightarrow \begin{cases} L - (0,342 + n\frac{\lambda}{2}) = L - (8,379\,cm + n\,12,25\,cm) \\ L - (0,439 + n\frac{\lambda}{2}) = L - (10,7555\,cm + n\,12,25\,cm) \end{cases}$

H BENZINA GOR ENG

g - position on $\underline{z} = 1 + jb$.

Ce sont les intersections avec le cercle $r = 1$

$$\Rightarrow \begin{cases} L - (\alpha_{B_1'} + n\frac{\lambda}{2} - \alpha_A) = L - (0{,}192\lambda + 0{,}7\lambda - 0{,}287\lambda + n\frac{\lambda}{2}) \\ L - (\alpha_{B_2'} + n\frac{\lambda}{2} - \alpha_A) = L - (0{,}309\lambda - 0{,}287\lambda + n\frac{\lambda}{2}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} = L - (0{,}405\lambda + n\frac{\lambda}{2}) = L - (9{,}225\text{cm} + n\,12{,}25\text{cm}) \\ = L - (0{,}022\lambda + n\frac{\lambda}{2}) = L - (0{,}539\text{cm} + n\,12{,}25\text{cm}) \end{cases}$$

1) 69 pts

2°) on travaille en admittance.

$\alpha_{A'} = 0{,}037\lambda$; $\alpha_{B_1'} = 0{,}192\lambda$; $\alpha_{B_2'} = 0{,}309\lambda$

$\underline{y}_{B_1'} = 1 + j\,2{,}2$ $\quad \underline{y}_{B_2'} = 1 - j\,2{,}2$

$d_1 = \alpha_{B_1'} - \alpha_{A'} + n\frac{\lambda}{2} = 0{,}155\lambda + n\frac{\lambda}{2} = 3{,}797\text{cm} + n\,12{,}25\text{cm}$

$d_2 = \alpha_{B_2'} - \alpha_{A'} + n\frac{\lambda}{2} = 0{,}272\lambda + n\frac{\lambda}{2} = 6{,}664\text{cm} + n\,12{,}25\text{cm}$

avec le stub on ajoute l'admittance $-j\,2{,}2 \times Y_c = -j\,4{,}4$ ($\underline{Y}_c'$)

pour la 1ère solution et $+j\,4{,}4$ pour la seconde

$\Rightarrow \alpha_1 = 0{,}287\lambda \Rightarrow l_1 = \alpha_1 - \alpha_{CO} + n\frac{\lambda}{2} = 0{,}287\lambda + n\frac{\lambda}{2}$

$l_1 = 7{,}0315\text{cm} + n\,12{,}25^{\circ}$

$\alpha_2 = 0{,}214\lambda \Rightarrow l_2 = \alpha_2 - \alpha_{CO} + n\frac{\lambda}{2} = 0{,}214\lambda + n\frac{\lambda}{2}$

$l_2 = 5{,}243\text{cm} + n\,12{,}25\text{cm}$

2) 36 pts

Ex 3

a) $f_{c_{13}} = \frac{v}{2}\sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2}$ $\quad v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}}$ $\quad f_{c_{13}} = 6{,}026\,10^9\,\text{Hz}$

b) $f_0 = 1{,}25\, f_{c_{13}} = 7{,}532\,10^9\,\text{Hz}$

H BENZINA GCR ENIG

c) $\beta_g = \sqrt{k_0^2 - k_{c_{13}}^2}$ (1) $\quad k_0 = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi f_0}{v} = 273,248 \text{ rd/m}$ (4)

$k_{c_{13}} = \frac{\omega_{c_{13}}}{v} = \frac{2\pi f_{c_{13}}}{v} = 218,5985 \text{ rd/m}$

$\Rightarrow \beta_g = 163,95 \text{ rd/m}$ (3)

d) $\lambda_{c_{13}} = \frac{2\pi}{k_{c_{13}}} = 2,874 \text{ cm}$ (2)

e) $\lambda = \frac{2\pi}{\beta_g} = 3,832 \text{ cm}$ (2)

f) $v_\varphi = \frac{\omega}{\beta_g} = \frac{2\pi f_0}{\beta_g} = 2,8868\,10^8 \text{ m/s}$ (2)

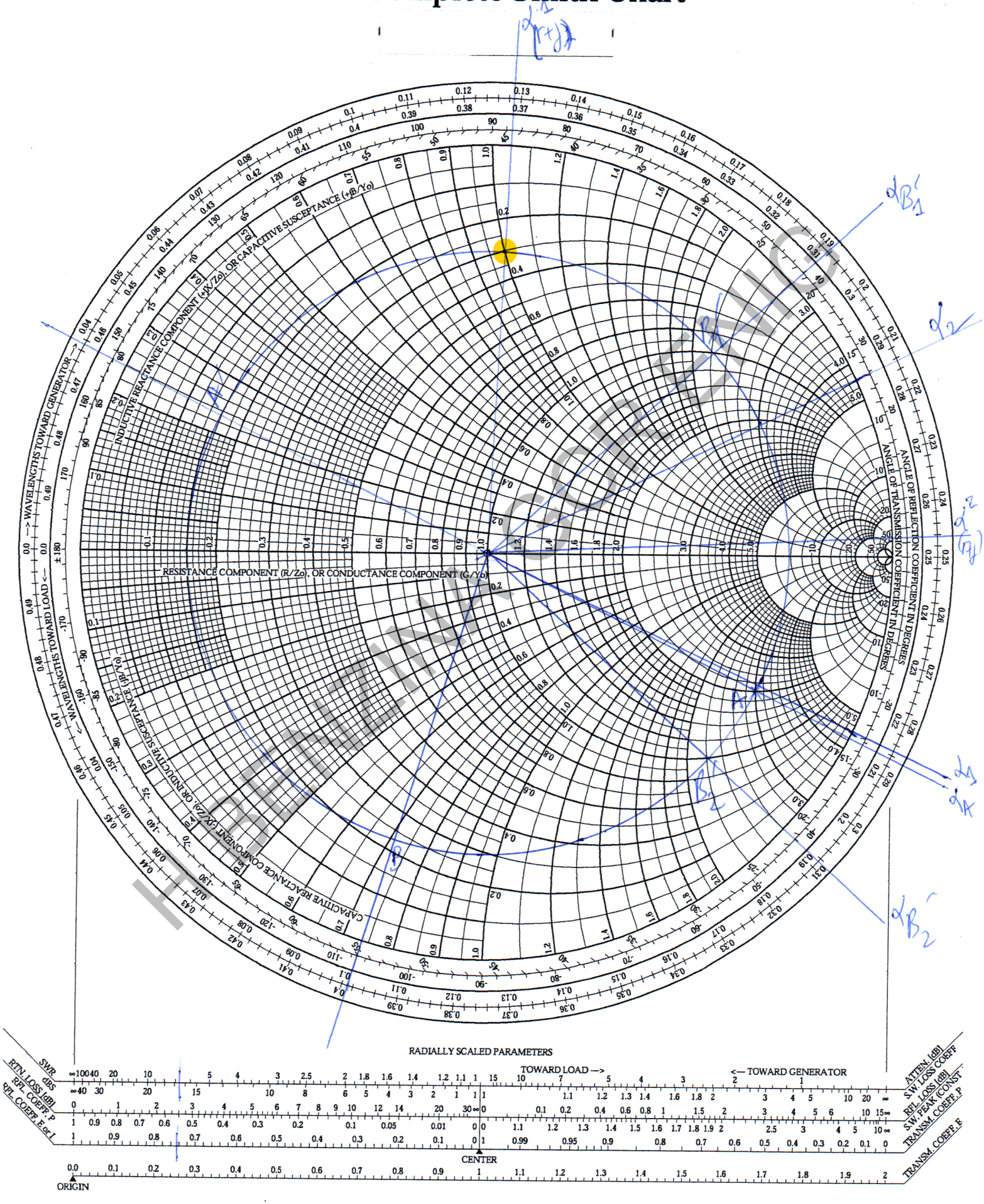
25 µs

1 µs → 0,2 [illegible] intrée 158 µs

[illegible] 31,6 µs

H BENZINA GCR ENIG

The Complete Smith Chart



H BENZINA GCR ENIG