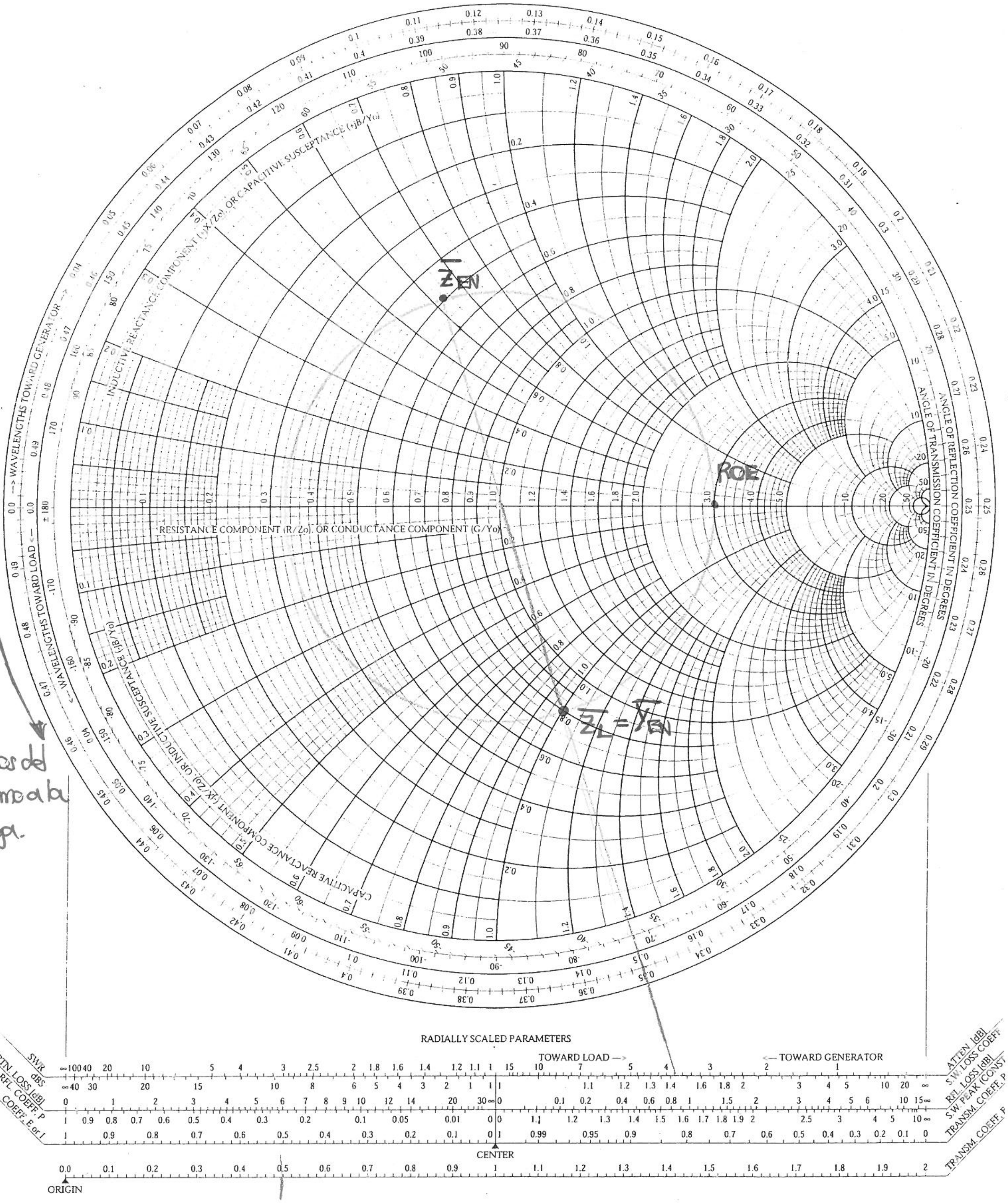
Ejemplo 2.2.

Carta de Smith

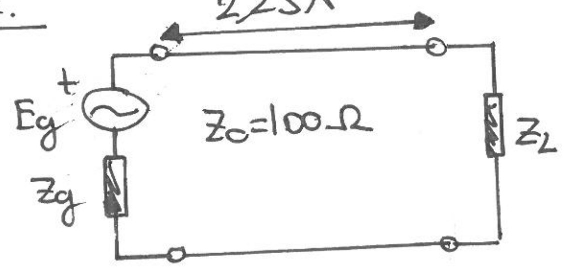
Electromagnetismo. Universidad de Valladolid

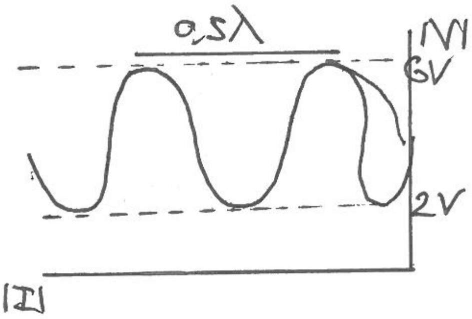


vamos del mínimo a la carga.

41

Ejemplo 2.2.





1) $ROE = SWR = S = \frac{V_{max}}{V_{min}} = 3 \longrightarrow |\rho| = \frac{S-1}{S+1} = \frac{1}{2}$

¿ $\rho_L = |\rho_L| e^{j\phi_L}$?

$|\rho| = |\rho_L| = \frac{1}{2}$. Trazamos la circunferencia $|\rho| = cte = \frac{1}{2}$

Nos posicionamos en el punto de V_{min} (semieje real negativo) y nos desplazamos 0,15λ hacia carga.

$\phi_L = -72^\circ \longrightarrow \rho_L = 0{,}5 \angle{-72^\circ} \longrightarrow$ grados del coeficiente de reflex. son grados normales.

2) $\bar{Z}_L = 0{,}8 - j \longrightarrow Z_L = 80 - j100\ \Omega \longrightarrow$ Si nos desplazamos 2,25λ y cambio a admitancias

$\bar{Y}_e = 0{,}8 - j \longrightarrow Y_e = 0{,}008 - j0{,}01\ \mho$ ó S

3) $\bar{Z}_{máx} = 3 \rightarrow$ es la ROE $\longrightarrow Z_{max} = 300\,\Omega$

$\bar{Z}_{mín} = \frac{1}{ROE} = \frac{1}{3} \longrightarrow Z_{mín} = \frac{100}{3}\ \Omega$

2.2.- ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS EN LÍNEA

El problema de la adaptación de impedancias en líneas de transmisión es el campo de aplicación más corriente de el diagrama de Smith.

Para llevar a cabo la adaptación se suele recurrir a secciones de línea terminadas en cortocircuito o circuito abierto, que, tal como se vio en el capítulo anterior, presentan impedancias de entrada imaginarias puras, pudiendo, por tanto, emplearse como elementos no disipativos en lugar de elementos concentrados. Cuando se emplean elementos concentrados especialmente diseñados para alta frecuencia, también es posible el uso del diagrama de Smith, aunque el método gráfico carece de interés cuando se utilizan redes de adaptación complejas que permiten ensanchar el ancho de banda.

2.2.1.- Sección adaptadora terminada en cortocircuito.

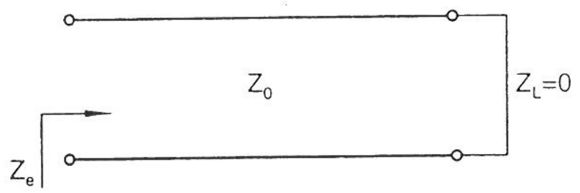


Fig. 2.16. Línea terminada en cortocircuito

Tal como se vio en la sección 1.6.1, la impedancia que aparece en la entrada de una línea cortocircuitada responde a la expresión:

$$Z_e = j\, Z_0 \operatorname{tg} kz \quad \Rightarrow \quad Z_{eN} = j \operatorname{tg} kz$$

Efectivamente, la impedancia corresponde a un valor imaginario, tal como se puede observar también en el diagrama de Smith, llevando al mismo el valor de la carga $Z_L=0$ y obteniendo la circunferencia de posibles valores de impedancia o de admitancia en línea.

El resultado se refleja en la figura 2.17, en donde se observa que la circunferencia de posibles valores de impedancia en línea coincide con la circunferencia que limita al diagrama, es decir, a la circunferencia de parte real cero. Con ello, los puntos por encima del eje real dan lugar a reactancias inductivas y los puntos por debajo del eje corresponden a reactancias capacitivas.

42

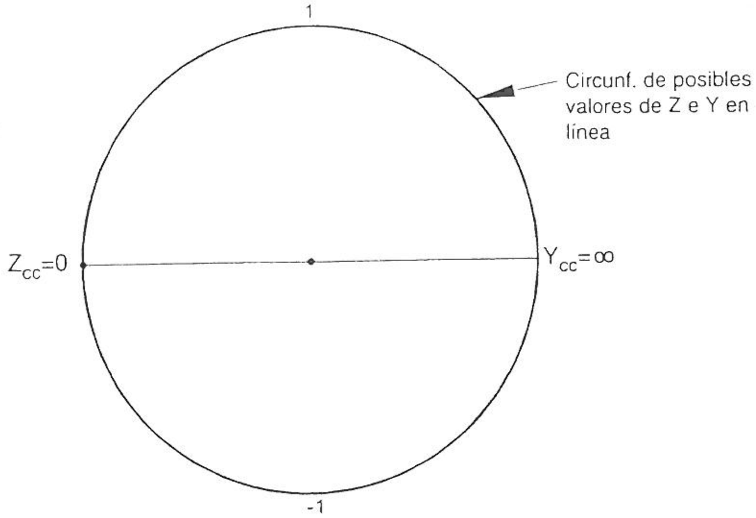


Fig. 2.17. Z e Y en una línea cortocircuitada.

2.2.2.- Sección adaptadora terminada en circuito abierto.

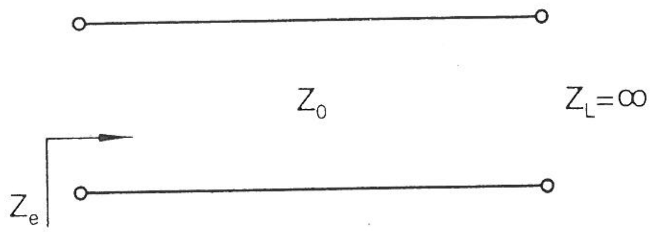


Fig. 2.18. Línea terminada en circuito abierto.

La impedancia que presenta en la entrada esta línea toma la forma:

$$Z_e = -j\,Z_0 \cot g\, kz \quad \Rightarrow \quad Z_{eN} = -j \cot g\, kz$$

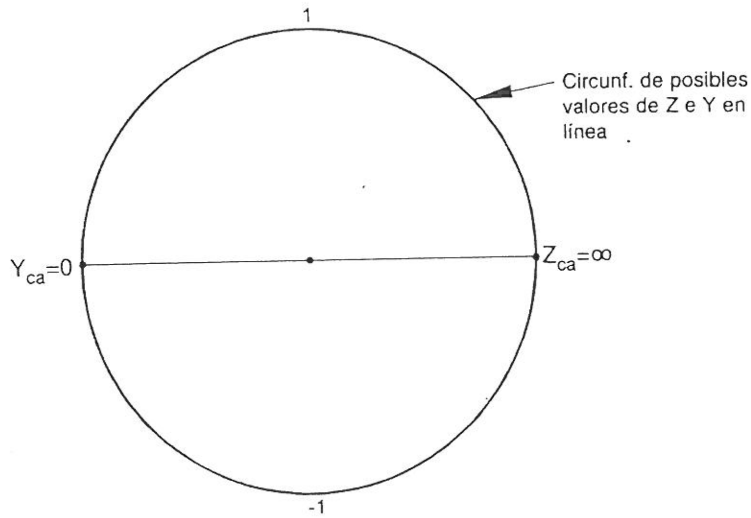


Fig. 2.19. Z e Y en una línea terminada en circuito abierto.

→ En paralelo, trabajar con admitancias y.
"¿Qué comportan las admitancias de las cartas de Smith?"

2.2.3.- Sintonizador simple.

Permite la adaptación de una impedancia de carga, Z_L, a una línea de transmisión de impedancia característica Z_0, por medio de una sola sección de línea sintonizadora.

El tramo de línea sintonizadora, de **longitud l**, se conecta en paralelo con la línea principal a una **distancia d** de la carga, tal como se muestra en la figura.

La línea sintonizadora puede estar terminada en cortocircuito o en circuito abierto.

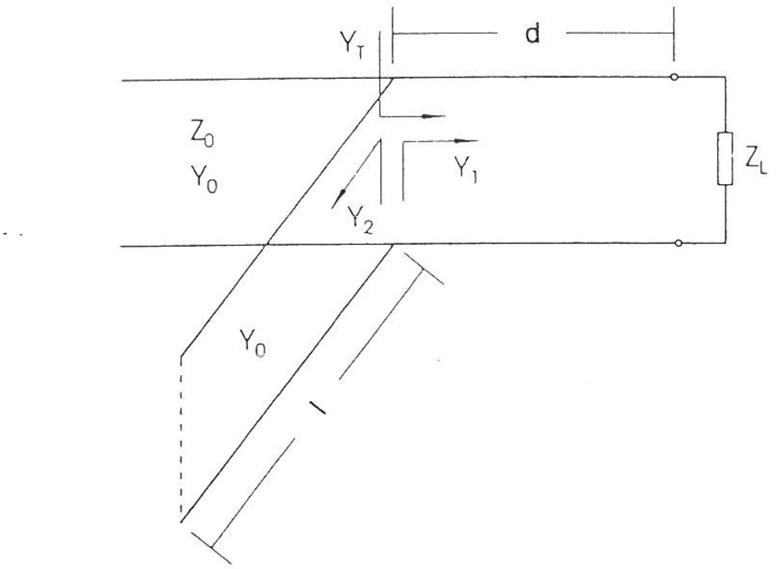


Fig. 2.20. Sintonizador simple

La solución del problema consiste en determinar la distancia d para conseguir que la parte real de la admitancia Y_1 sea igual a la admitancia característica, Y_0, o lo que es lo mismo, que la parte real de Y_{1N} sea igual a 1. Al abordar el problema con la carta de Smith se observan dos soluciones diferentes, pues la circunferencia de posibles valores de admitancias en la línea más próxima a Z_L corta en dos puntos distintos a la circunferencia de parte real igual a 1.

Por otro lado, la longitud l del tramo de línea adaptadora se elige de tal manera que el valor de Y_{2N} sea el adecuado para anular la parte imaginaria de Y_{1N}, es decir

$$\text{si} \qquad Y_{1N} = 1 + jB \quad \Rightarrow \quad Y_{2N} = -jB$$

con lo que

$$Y_{TN} = Y_{1N} + Y_{2N} = 1 + jB - jB = 1 \quad \Rightarrow \quad Y_T = Y_{TN} \cdot Y_0 = 1 \cdot Y_0 = Y_0$$

Con lo que, desde el punto de la conexión de la línea adaptadora hasta el generador, la línea principal se encontrará terminada por su impedancia característica.

Ejemplo 2.3: Adaptar una carga $Z_L = 32'5 + 45j\ \Omega$, a una línea de transmisión de $Z_0 = 50\ \Omega$, mediante un sintonizador simple. La longitud de onda de la señal a transmitir es $\lambda = 2$ m.

El primer paso de la solución consistirá en llevar al diagrama de Smith el valor de la impedancia de carga normalizada.

$$Z_{LN} = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{32'5 + 45j}{50} = 0'65 + 0'9j$$

Con ello se podrá trazar la circunferencia de posibles valores de impedancia o admitancia presentes en la línea, y así trazar el punto correspondiente a la admitancia de carga. A partir de este momento se trabajará con el diagrama de Smith para admitancias.

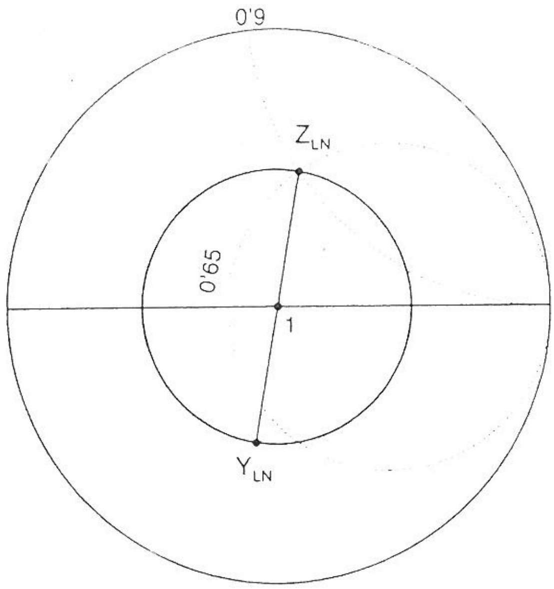


Fig. 2.20

Para determinar d, se parte de que la admitancia que ha de presentar la línea en el punto donde se ha de conectar el sintonizador, Y_1, ha de presentar parte real igual a 1.

En el diagrama de Smith de la figura 2.21 se observa que la circunferencia de posibles valores de admitancia en línea corta a la circunferencia de parte real 1 en dos puntos, Y'_1 e Y''_1, con lo que existen dos posibles soluciones para d.

SOLUCIÓN 1: $Y'_{1N} = 1 + 1'2j \Rightarrow d' = 0'283\ \lambda = 0'283 \cdot 2 = 0'566$ m

SOLUCIÓN 2: $Y''_{1N} = 1 - 1'2j \Rightarrow d'' = 0'445\ \lambda = 0'445 \cdot 2 = 0'89$ m

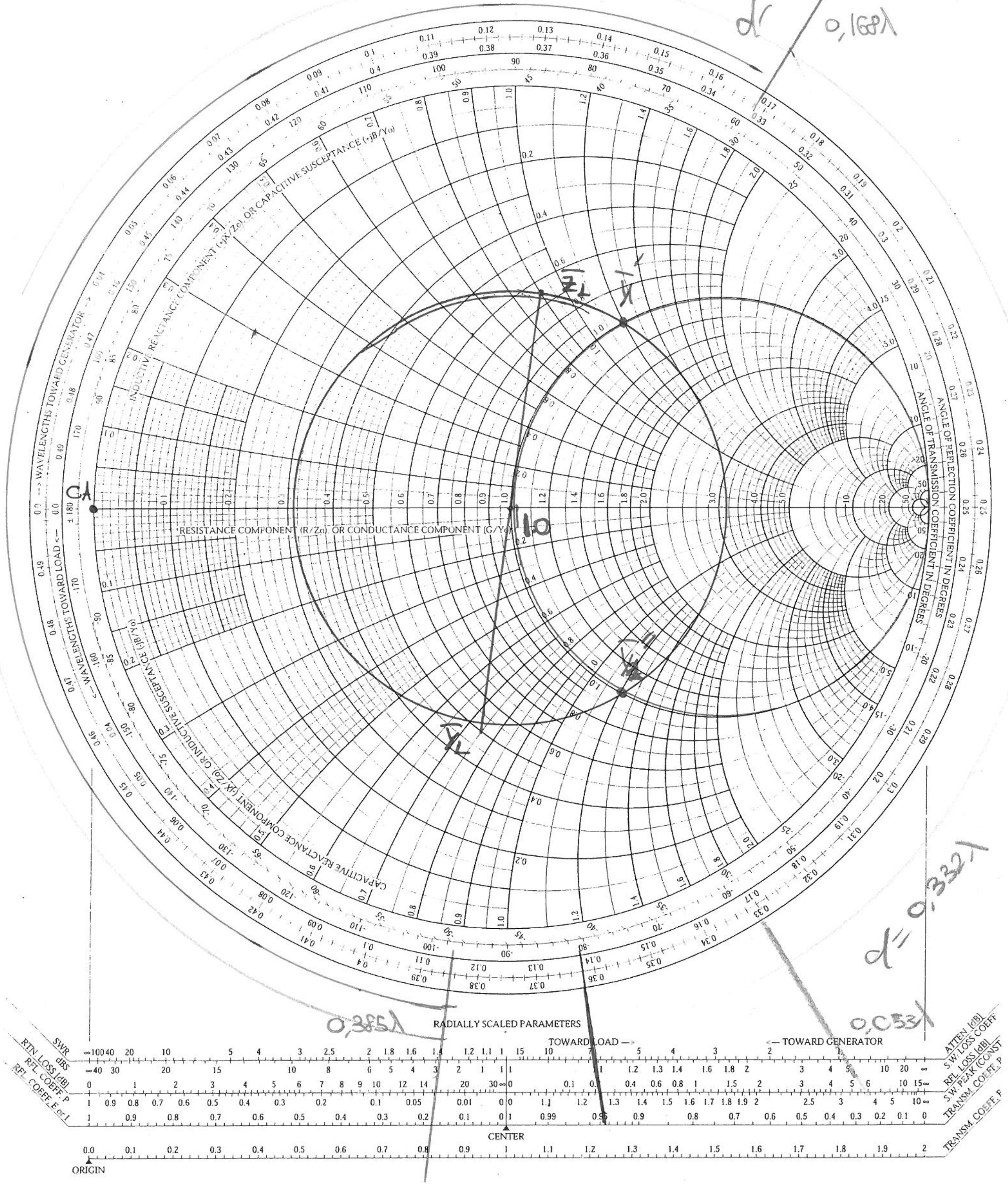
Ejemplo 2.3 $\lambda = 2m$

$Z_L = 32{,}5 + 45j\ \Omega$

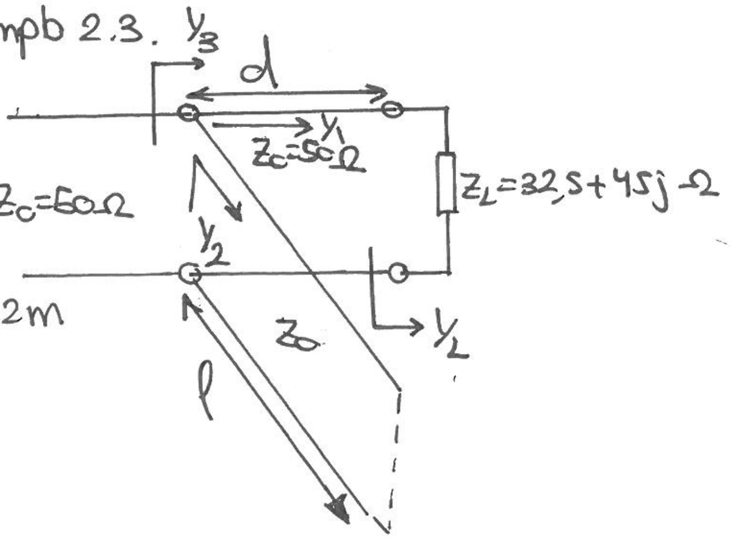
$Z_0 = 50\ \Omega$

Carta de Smith

Electromagnetismo. Universidad de Valladolid



Ejemplo 2.3.



Solución

Normalizamos $\overline{Z_L} = \dfrac{Z_L}{Z_0} = 0{,}65 + 0{,}9j$. La posicionamos en la CS y pasamos a admitancias porque el sintonizador está en paralelo. CLAVE

Trazamos la circunferencia $|\rho| = cte$ que pasa por $\overline{Y_L}$ ya que en esta circunferencia estará $\overline{Y_1}$.

Como debemos conseguir adaptación de impedancias debe ser

$$Z_3 = Z_0 \longrightarrow \overline{Z_3} = 1 \longrightarrow \overline{Y_3} = 1$$

Como están en paralelo:

$$\overline{Y_3} = 1 = \overline{Y_1} + \overline{Y_2}$$

Al ser $\overline{Y_2}$ imaginaria pura ($\overline{Y_2} = \pm j\,algo$) la parte real de $\overline{Y_1}$ es 1

$$Re(\overline{Y_1}) = Re(\overline{Y_3}) = 1$$

$\overline{Y_1} = 1{,}2j + 1 \longrightarrow d' = 0{,}283\lambda$

$Y_2 = 1 - 1{,}2j \longrightarrow d'' = 0{,}332\lambda$

⊛ Longitudes de los stubs marcado sólo al final.

Para solución ①: $\overline{y_2}' = \overline{y_3} - \overline{y_1}' = -j\,1{,}2$

$l''_{2ca} = 0{,}36\lambda + n\dfrac{\lambda}{2}$ $\quad l_{2cc} = 0{,}11\lambda + n\dfrac{\lambda}{2}$ ⊛

→ Entre l_{ca} y l_{cc} siempre debe haber una distancia de $0{,}25\lambda$ (media CS)

Para solución ②: $\overline{y_2}'' = \overline{y_3} - \overline{y_1}'' = +1{,}2j$

$l''_{ca} = 0{,}14\lambda + n\dfrac{\lambda}{2}$

$l''_{cc} = 0{,}39\lambda + n\dfrac{\lambda}{2}$

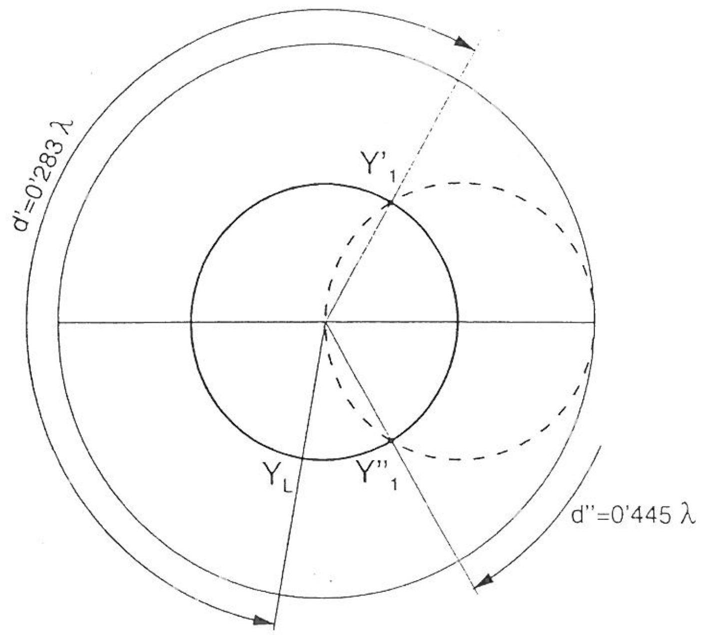


Fig. 2.21

Para calcular la longitud de la línea sintonizadora, l, se elige ésta de tal manera que la admitancia que presente en el punto de unión, Y_2, sea del mismo valor que la parte imaginaria de Y_1, pero de distinto signo, para que se anulen mutuamente ambas partes imaginarias cuando se sumen para obtener Y_T.

SOLUCIÓN 1: $Y_{TN} = 1 = Y'_{1N} + Y'_{2N} = 1 + 1'2j + Y'_{2N} \Rightarrow Y'_{2N} = -1'2j$

SOLUCIÓN 2: $Y_{TN} = 1 = Y''_{1N} + Y''_{2N} = 1 - 1'2j + Y''_{2N} \Rightarrow Y''_{2N} = 1'2j$

A partir de estos valores, se determinan directamente las longitudes de los sintonizadores necesarios. Como el problema no especifica si la línea sintonizadora debe estar terminada en cortocircuito o en circuito abierto, se calcularán todas las soluciones posibles, tal como se muestra en la figura 2.22.

SOLUCIÓN 1:

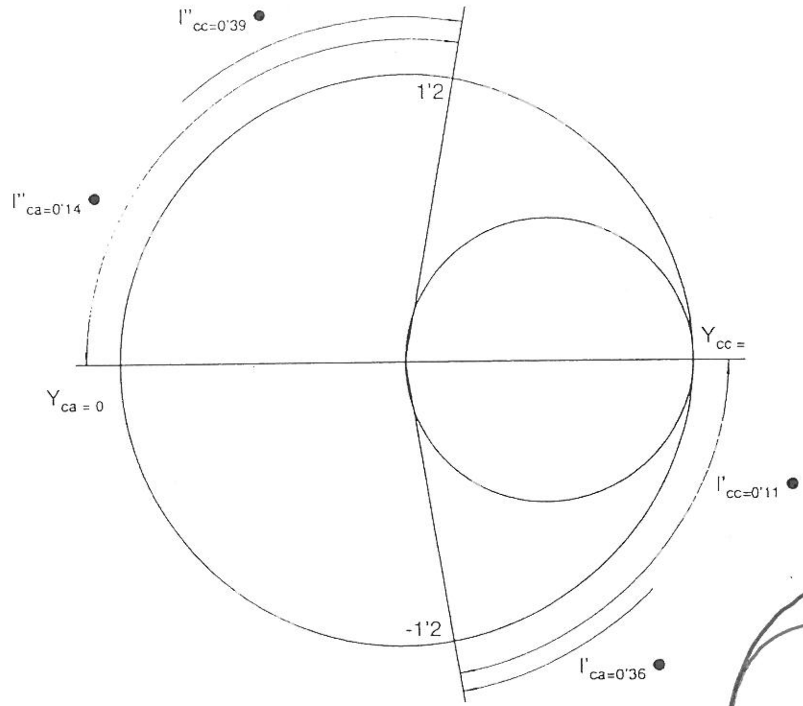
Sintonizador terminado en circuito abierto $l'_{ca} = 0'36\ \lambda = 0'36 \cdot 2 = 0'72$ m

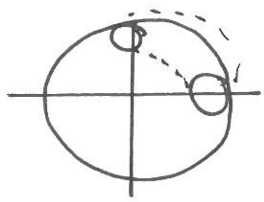
Sintonizador terminado en cortocircuito $l'_{cc} = 0'11\ \lambda = 0'11 \cdot 2 = 0'22$ m

SOLUCIÓN 2:

Sintonizador terminado en circuito abierto $l''_{ca} = 0'14\ \lambda = 0'14 \cdot 2 = 0'28$ m

Sintonizador terminado en cortocircuito $l''_{cc} = 0'39\ \lambda = 0'39 \cdot 2 = 0'78$ m





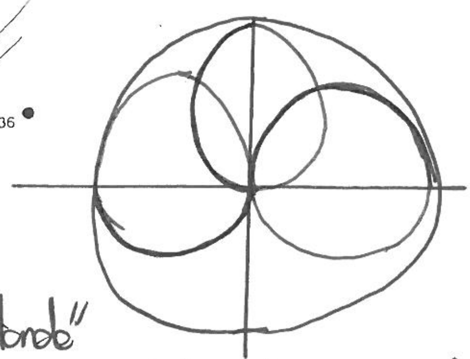


Fig. 2.22

2.2.4.- Sintonizador doble.

"Van pivotando"

"Deshacer el giro → cuidado con semicircunferencias"

Permite la adaptación de una impedancia de carga a una línea, por medio de dos secciones de línea adaptadoras, conectadas en paralelo con la línea principal. Las líneas adaptadoras pueden estar terminadas en cortocircuito o en circuito abierto.

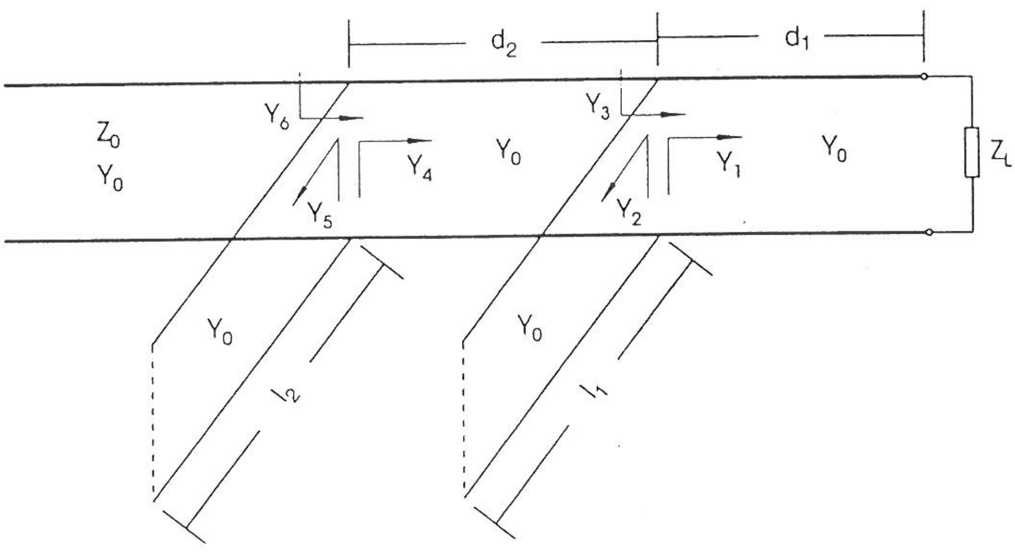


Fig. 2.23. Sintonizador doble

4.5

Las dos secciones adaptadoras se encuentran separadas una distancia prefijada, d_2, y , a la vez, colocadas a una distancia también conocida, d_1, de la carga. En la figura 2.23 se muestran estas distancias d_1 y d_2, así como las longitudes l_1 y l_2 que son las incógnitas a determinar para conseguir la adaptación.

Antes de analizar el procedimiento a seguir, es conveniente hacer las siguientes consideraciones:

Clave

Planteamiento del Doble Stub

- Y_1 se puede obtener girando Y_L sobre la circunferencia de posibles valores de admitancia en línea, la distancia conocida d_1 hacia el generador, por ello puede considerarse dato.

- Para conseguir la adaptación,

$$Y_6 = Y_0 \quad \Rightarrow \quad Y_{6N} = 1$$

- Y_2 e Y5 son imaginarias puras, con lo que, al no tener parte real se debe de cumplir

$$\mathrm{Re}[Y_3] = \mathrm{Re}[Y_1] \quad \text{(que es dato)}$$
$$\mathrm{Re}[Y_4] = \mathrm{Re}[Y_6] = Y_0 \quad \Rightarrow \quad \mathrm{Re}[Y_{4N}] = \mathrm{Re}[Y_{6N}] = 1$$

- Y_3 debe tener un valor tal que al girarlo una distancia d_2 hacia el generador debe obtenerse una Y_4 que ha de tener parte real igual a 1, es decir, Y_4 debe encontrarse sobre la circunferencia de parte real que pasa por el centro del diagrama.

clave del doble stub

Par adaptar una línea a una carga con un sintonizador doble se deben considerar los siguientes pasos :

1. Una vez llevado al diagrama el valor normalizado de Z_L y obtenido el correspondiente Y_L, se gira este valor d_1 hacia el generador, determinándose el valor de Y_1, tal como se muestra en la figura 2.24.

2. Se dibuja la circunferencia de Re[ ]=1 girada la distancia d_2 hacia la carga, tal como se ilustra en la figura 2.25.

3. Y_3 se obtiene como intersección de esta circunferencia de Re[ ]=1 girada, con la circunferencia de Re[ ]= Re[Y_1]. Si el problema tiene solución, en general aparecen dos valores de Y_3 que cumplen con la condición, tal como se muestra en la figura 2.26.

clave del doble stub

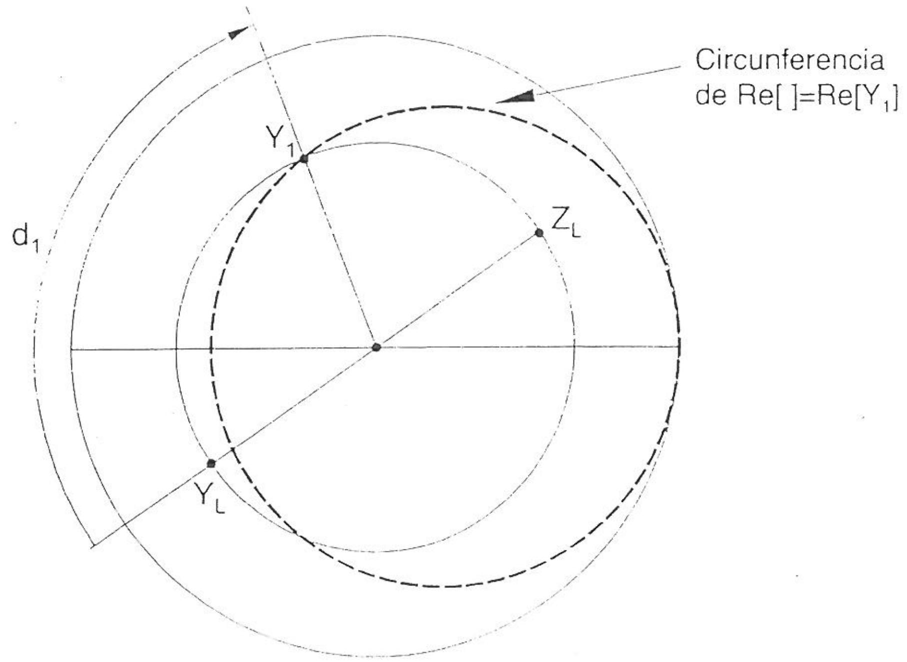


Fig. 2.24

Paso clave del doble stub.

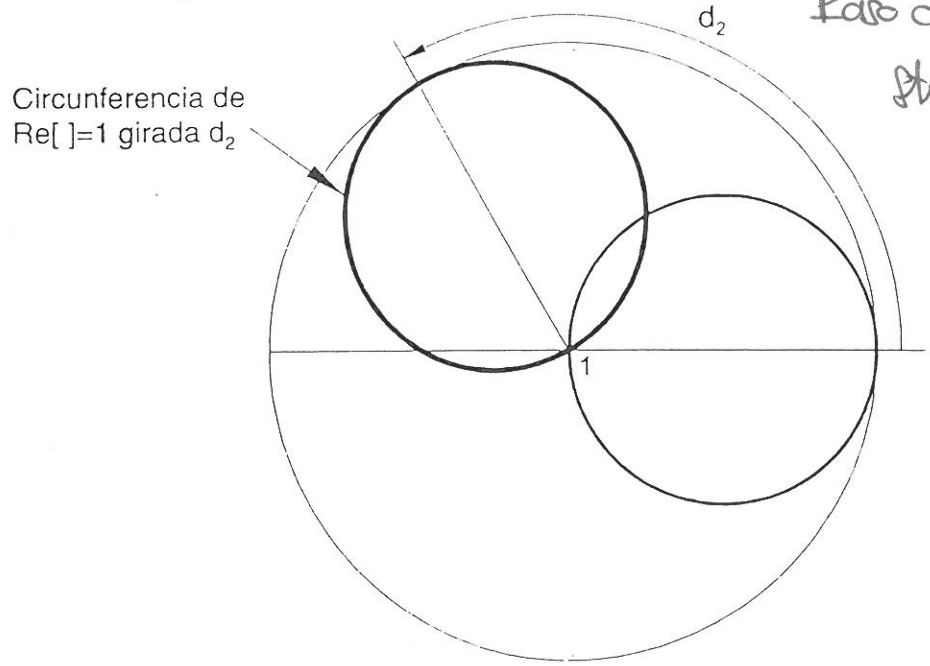


Fig. 2.25

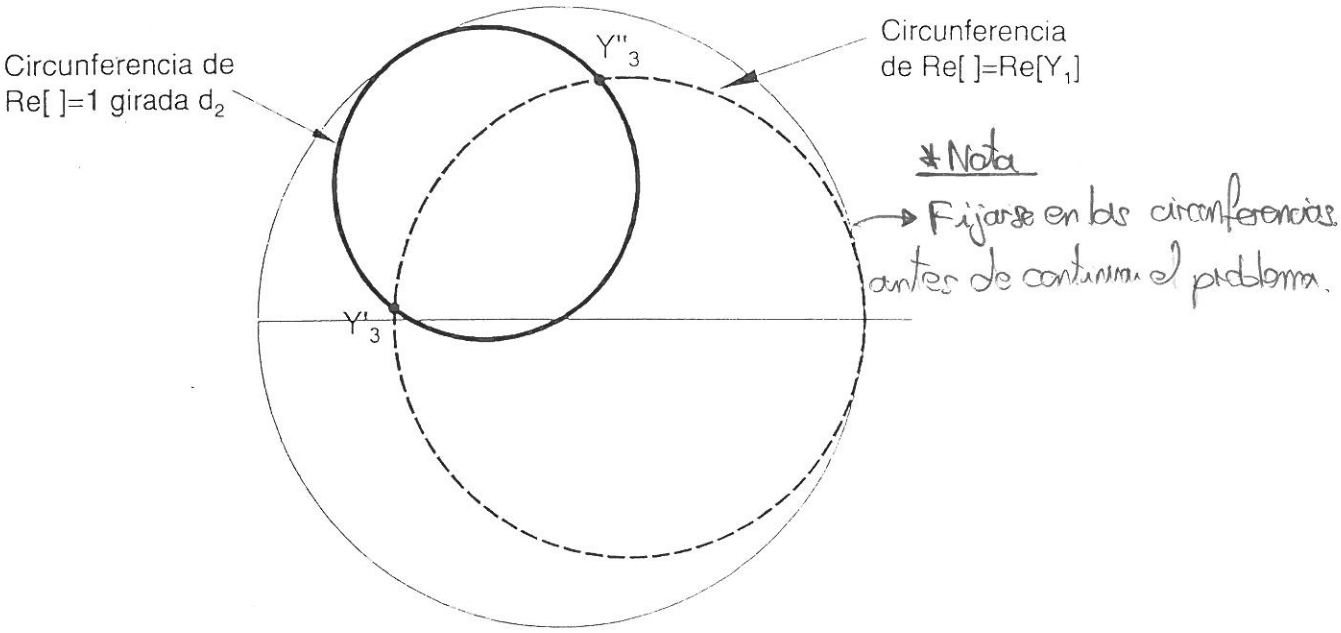


Fig. 2.26

Deshacer el giro

4. Una vez obtenido Y_3, Y_4 se obtiene girando Y_3 la distancia d_2 hacia en generador. Con las condiciones impuestas a Y_3, Y_4 debe resultar sobre la circunferencia de Re[ ]=1, es decir, tendrá parte real 1.

5. Con los puntos 1,3 y 4 se podrá determinar en el diagrama los valores:

$$Y_{1N} = G_1 + jB_1$$
$$Y_{3N} = G_3 + jB_3$$
$$Y_{4N} = 1 + jB_4$$

6. La longitud l_1 se obtendrá a partir del valor necesario en Y_2 para que se cumpla:

$$Y_{2N} = Y_{3N} - Y_{1N} = G_3 + jB_3 - (G_1 + jB_1)$$

Como G_1=G_3 pues Y_3 se ha obtenido sobre la circunferencia de parte real igual a Y_1 (figura 2.26).

$$Y_{2N} = jB_3 - jB_1 = jB_2 \quad \Rightarrow \quad \ell_1$$

7. La longitud l_2 se obtendrá a partir del valor necesario en Y_5 para que se anule la parte imaginaria de Y_4:

$$Y_{6N} = 1 = Y_{4N} + Y_{5N} = 1 + jB_4 + jB_5$$

$$jB_5 = -jB_4 = -\mathrm{Im}[Y_{4N}] \Rightarrow \ell_2$$

2.2.5 Adaptador en λ/4.

Permite la adaptación de dos líneas de transmisión con impedancias característica diferentes, siempre que estas impedancias sean reales. El método se ilustra en la figura 2.27.

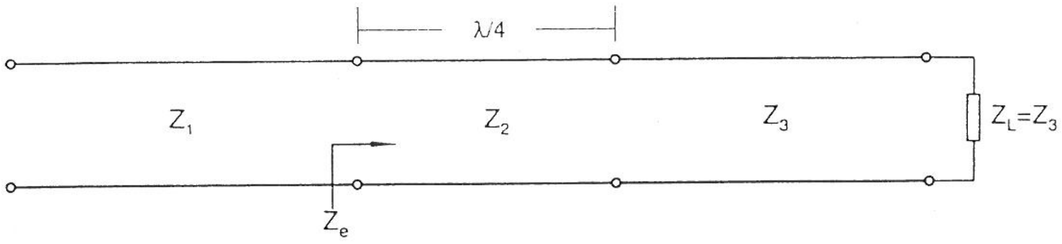


Fig. 2.27. Adaptador en λ/4.

Las impedancias Z_1, Z_2 y Z_3 son las impedancias características de cada uno de los tres tramos de línea.

Empleando las expresiones desarrolladas en la sección 1.6, la impedancia de entrada a la red en λ/4 que se emplea como transformadora de impedancias, toma la expresión:

$$Z_e = Z_2 \frac{Z_3 \cos\beta z + jZ_2 \mathrm{sen}\beta z}{Z_2 \cos\beta z + jZ_3 \mathrm{sen}\beta z} = Z_2 \frac{Z_3 + jZ_2 \mathrm{tg}\,\beta \frac{\lambda}{4}}{Z_2 + jZ_3 \mathrm{tg}\,\beta \frac{\lambda}{4}} = \frac{(Z_2)^2}{Z_3}$$

Para que exista adaptación, Z_e=Z_1, con lo que:

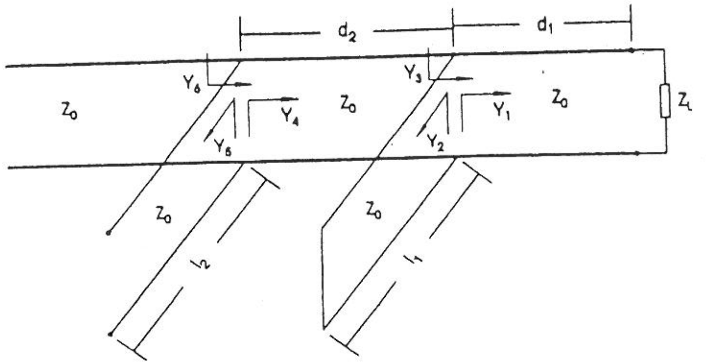
$$Z_2 = \sqrt{Z_1 Z_3}$$

solo si está adaptada.

Es decir, que se consigue la adaptación de las dos líneas cuando la línea adaptadora en λ/4 se elige con una impedancia característica igual a la media geométrica de las impedancias de las dos líneas a adaptar.

Apellidos	Nombre

Determinar las longitudes l_1 y l_2 del doble sintonizador de la figura 3 que permitan la adaptación de la impedancia Z_L a la línea Z_0.



Datos:
$Z_L = 50 + 140j\ \Omega$
$Z_0 = 100\ \Omega$
$d_1 = 0'68\ \lambda$
$d_2 = 0'35\ \lambda$

Fig. 3

$$\bar{z}_L = \frac{z_L}{z_0} = 0'5 + 1'4j \longrightarrow \bar{Y}_1 = 0'22 + 0'6j$$

En la carta: $\begin{cases} \bar{Y}_3' = 0'22 - 0'19j \\ \bar{Y}_3'' = 0'22 - 1'26j \end{cases}$ Y $\begin{cases} \bar{Y}_4' = 1 - 1'7j \\ \bar{Y}_4'' = 1 + 3'1j \end{cases}$

Solución (1) $\bar{Y}_2' = \bar{Y}_3' - \bar{Y}_1 = 0'22 - 0'19j - (0'22 + 0'6j) = -0'79j$

$\bar{Y}_5' = -\mathrm{Im}[\bar{Y}_4'] = 1'7j$

En la carta se obtiene $\begin{cases} l_1 = 0'394\lambda - 0'25\lambda = 0'144\lambda \\ l_2 = 0'166\lambda \end{cases}$

Solución (2) $\bar{Y}_2'' = \bar{Y}_3'' - \bar{Y}_1 = 0'22 - 1'26j - (0'22 + 0'6j) = -1'86j$

$\bar{Y}_5'' = -\mathrm{Im}[\bar{Y}_4''] = -3'1j$

En la carta se obtiene $\begin{cases} l_1' = 0'328\lambda - 0'25\lambda = 0'078\lambda. \\ l_2' = 0'3\lambda. \end{cases}$

48

Apellidos	Nombre

$d_1 = 0'68\lambda = 0'5\lambda + 0'18\lambda.$

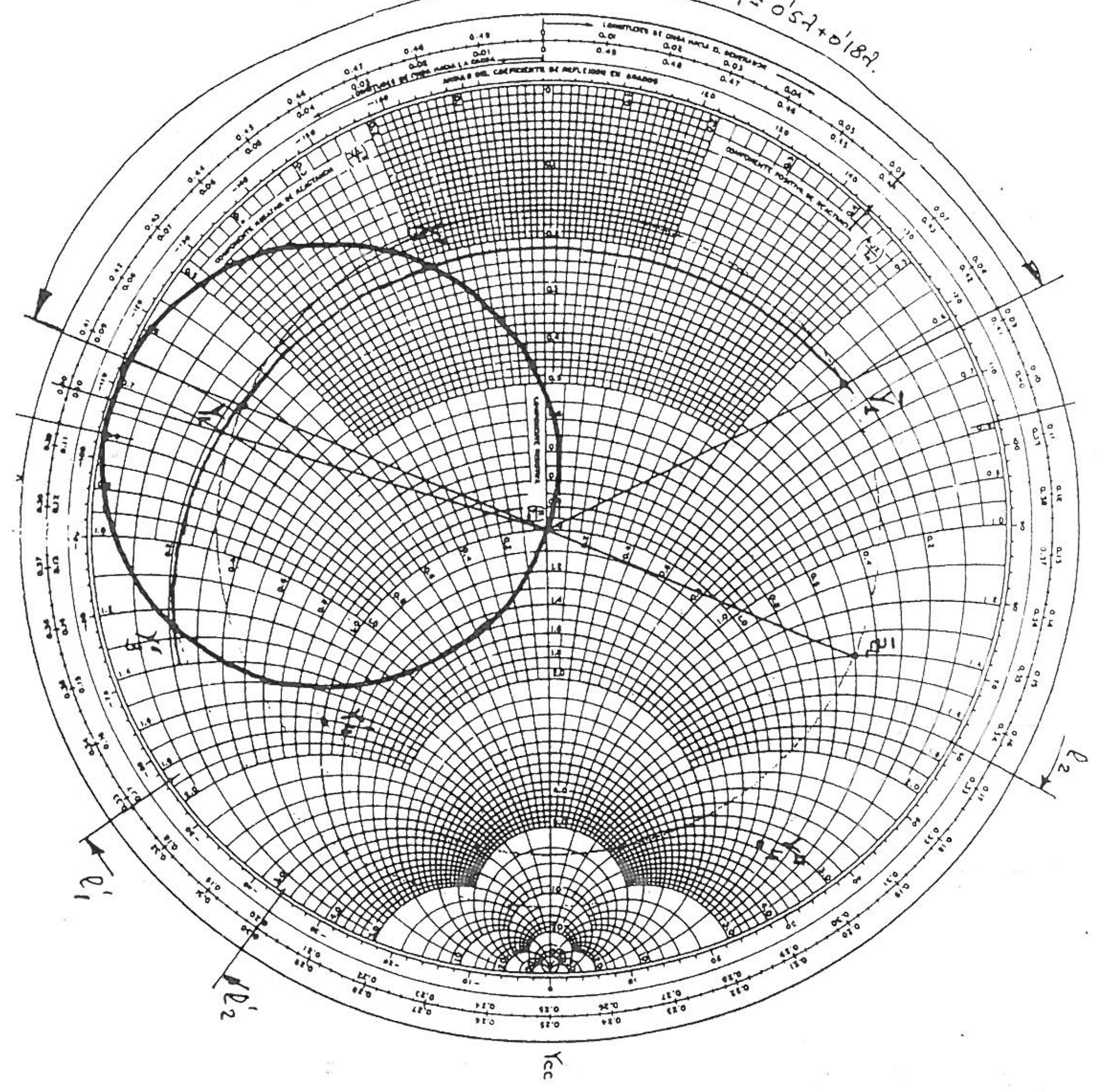
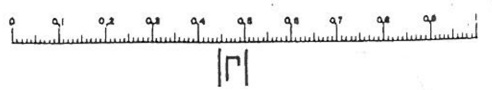


DIAGRAMA DE SMITH



Solución:

Normalizamos $\overline{z}_L = \frac{z_L}{z_0} = 0{,}5 + j1{,}4$. La posicionamos en la carta y pasamos a admitancias.

Nos desplazamos por la circunferencia de módulo $|\rho| = cte$ $0{,}68\lambda$ hacia generador hasta encontrar $\overline{y}_1$:

$\overline{y}_1$

Como $\overline{y}_3 = \overline{y}_1 + \overline{y}_2$ y sabemos que $\overline{y}_2$ es imaginaria pura, $Re(\overline{y}_3) = Re(\overline{y}_1) = 0{,}22$ (la remarcamos en la carta de Smith).

Por otro lado sabemos que $\overline{y}_6 = \overline{y}_4 + \overline{y}_5 \underset{\text{ADAPTACIÓN}}{=} 1$. Como $\overline{y}_5$ es imag. pura tenemos que: $Re(\overline{y}_4) = Re(\overline{y}_6) = 1$

Desplazamos la circunferencia $Re() = 1$, donde están los posibles valores de $\overline{y}_4$, $0{,}35\lambda$ hacia carga para encontrar los posibles valores de $\overline{y}_3$.

$\overline{y}_3' = 0{,}22 - j0{,}19$ Deshaciendo el giro encontramos: $\overline{y}_4' = 1 - 1{,}7j$

$\overline{y}_3'' = 0{,}22 - j1{,}26$ $\overline{y}_4'' = 1 + j3{,}1$

Solución 1:

$\overline{y}_2' = \overline{y}_3' - \overline{y}_1 = (0{,}22 - j0{,}19) - (0{,}22 + j0{,}6) = -0{,}79j$

$l_1' = 0{,}144\lambda$

$\overline{y}_5' = \overline{y}_6 - \overline{y}_4' = 1 - (1 - j1{,}7) = +j1{,}7$

$l_2' = 0{,}166\lambda$

Solución 2:

$\overline{y}_2'' = \overline{y}_3'' - \overline{y}_1 = (0{,}22 - j1{,}26) - (0{,}22 + j0{,}6) = -j1{,}86$

$l_1'' = 0{,}078\lambda$

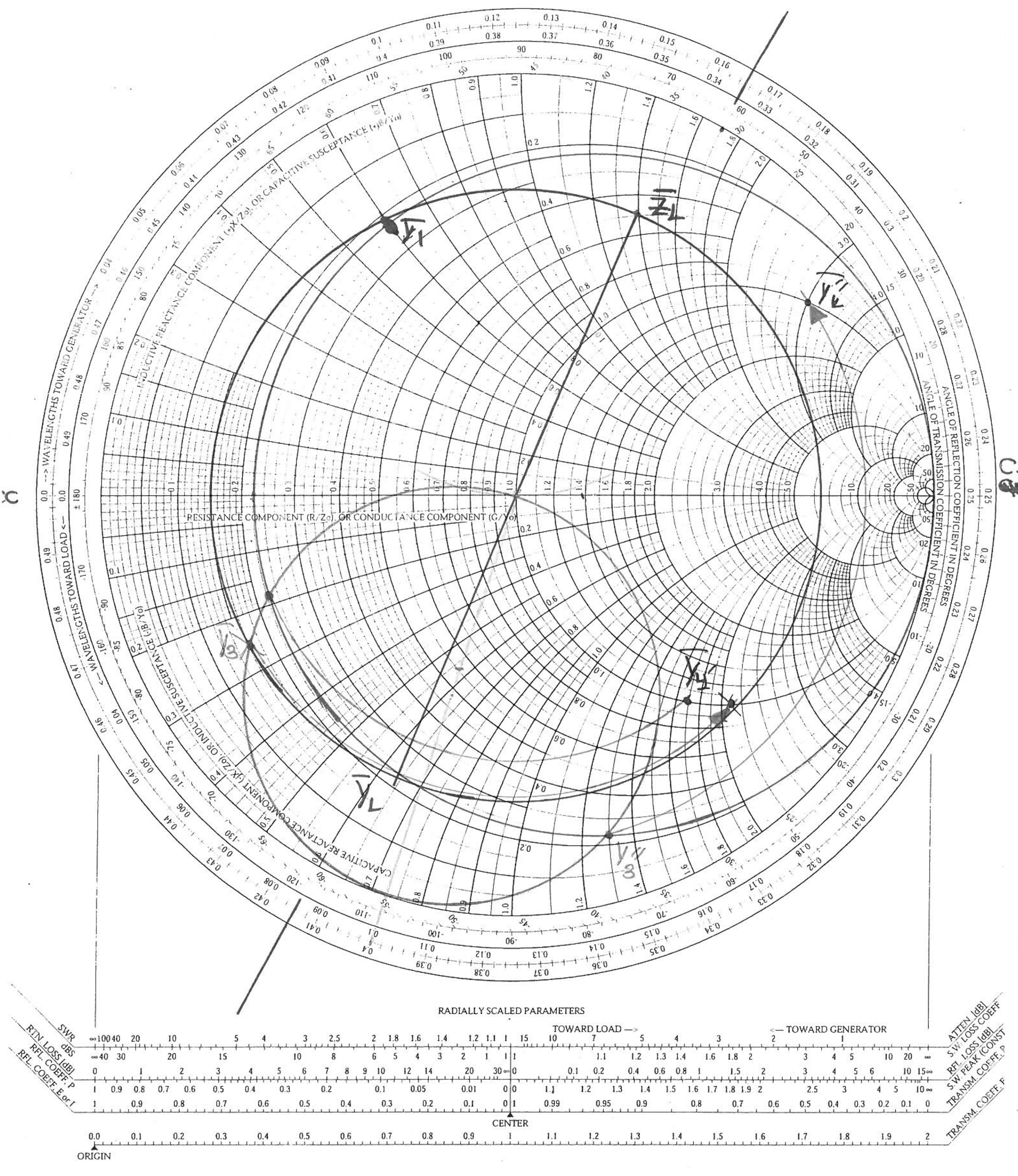
$\overline{y}_5'' = \overline{y}_6 - \overline{y}_4'' = -j3{,}1$

$l_2'' = 0{,}3\lambda$

Ejemplo Doble Stub

Carta de Smith

Electromagnetismo. Universidad de Valladolid

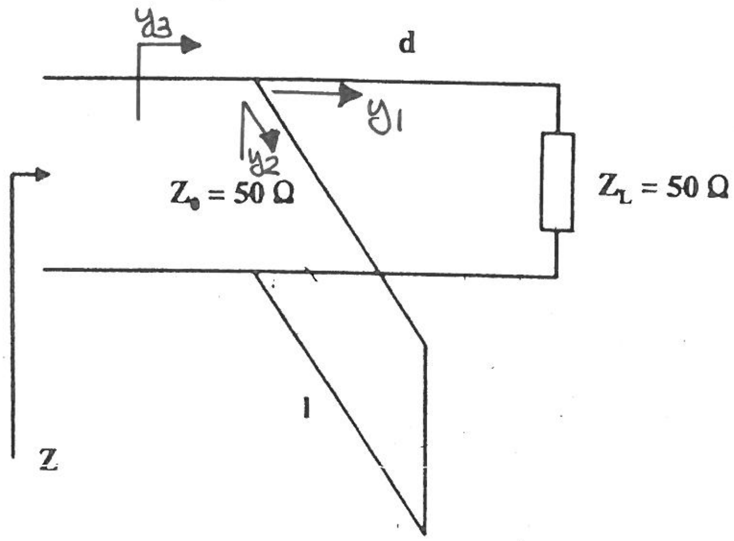


49

"Carta de Smith no sólo sirve para adaptar".

Problema 2 Septiembre 2000

Una línea de transmisión de impedancia característica $Z_0 = 50\ \Omega$ y de longitud $L = \lambda/2$ se encuentra terminada por una carga de impedancia $Z_L = 50\ \Omega$. Determine la distancia d de la carga y la longitud l de un único sintonizador en paralelo cortocircuitado que debe colocarse para obtener a la entrada de la línea principal una impedancia de valor $Z = 30 + 40j\ \Omega$.



Observamos que $Z_L = 50\,\Omega$ y por tanto $\bar{y}_L = 1$, $\bar{z}_L = 1$

Como $\bar{y}_2$ es imaginaria pura y además $\bar{y}_3 = \bar{y}_1 + \bar{y}_2 \longrightarrow Re(\bar{y}_3) = Re(\bar{y}_1) = 1$

Normalizamos $\bar{z}_e = \frac{z_e}{z_0} = 0,6 + j0,8$

Trazamos la $|\rho| = cte$ que pasa por $\bar{z}_e$ e $\bar{y}_e$

$\bar{y}_3 = \bar{y}_1 + \bar{y}_2$

$\bar{y}_3' = 1 - j1,15 \longrightarrow \bar{y}_2' = \bar{y}_3 - \bar{y}_1 = -j1,15 \longrightarrow l'$

$\bar{y}_3'' = 1 + j1,15 \longrightarrow \bar{y}_2'' = +j1,15 \longrightarrow l'$

*Nota del ejercicio

Para llegar al $\bar{z}_e = 0,6 + j0,8$, aún deberíamos movernos hacia generador una distancia $\frac{\lambda}{2} - d$, ya que el valor de $\bar{y}_3$ en el punto de encuentro de los 3 stubs será 1, lo que $1 \neq 0,6$

El valor de d da lo mismo, ya que esa parte de la línea está adaptada.

$\frac{\lambda}{2} - d'$

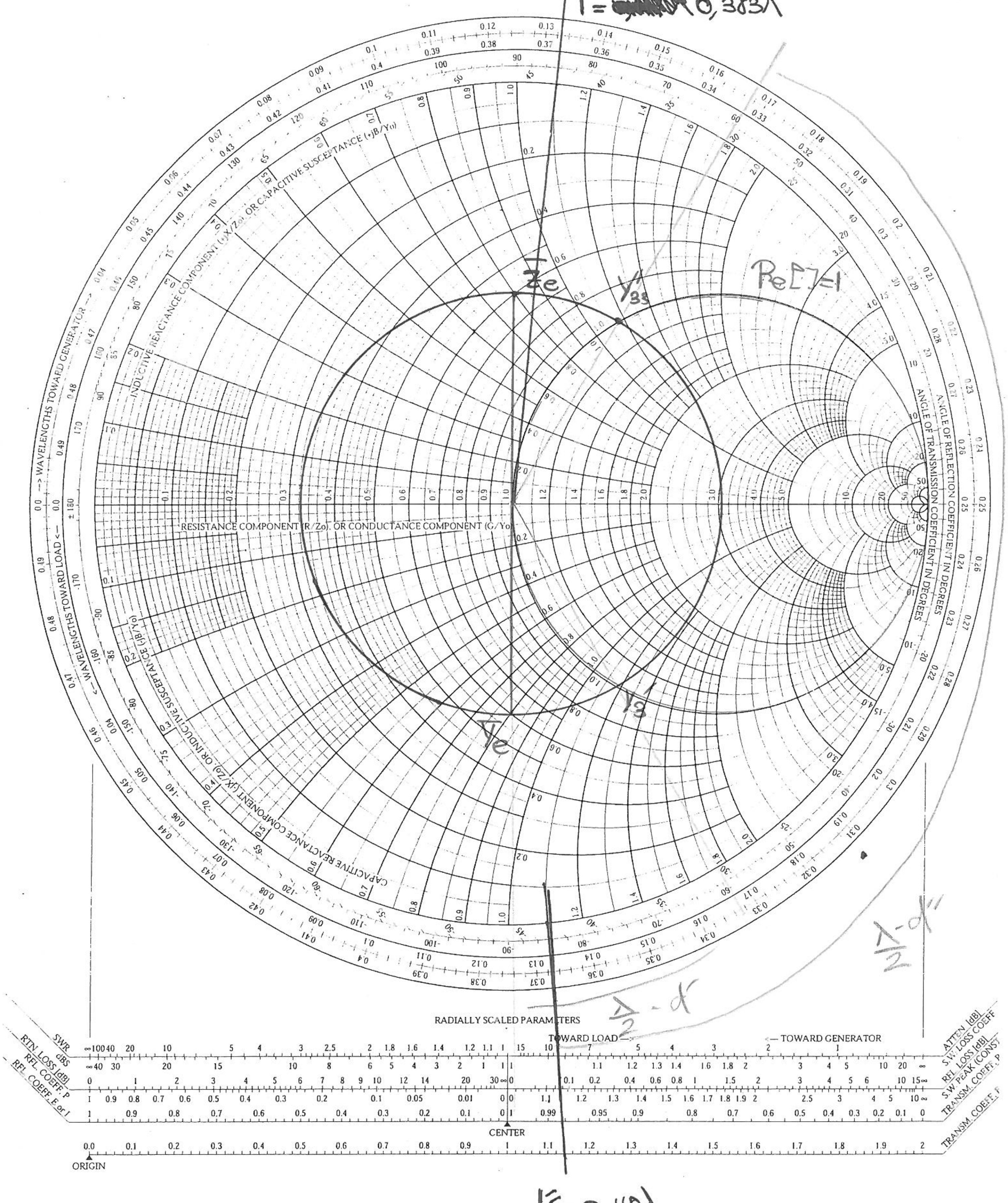
$\frac{\lambda}{2} - d''$

50

Carta de Smith

Electromagnetismo. Universidad de Valladolid

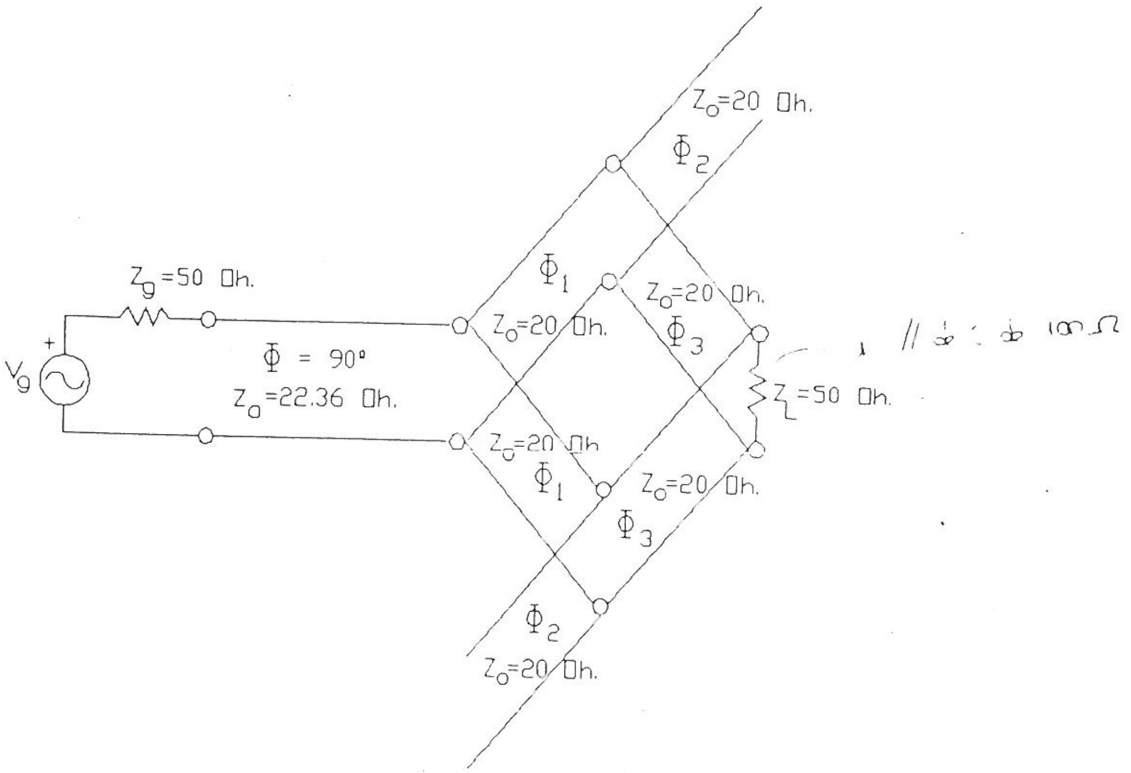
$l' = 0{,}383\lambda$



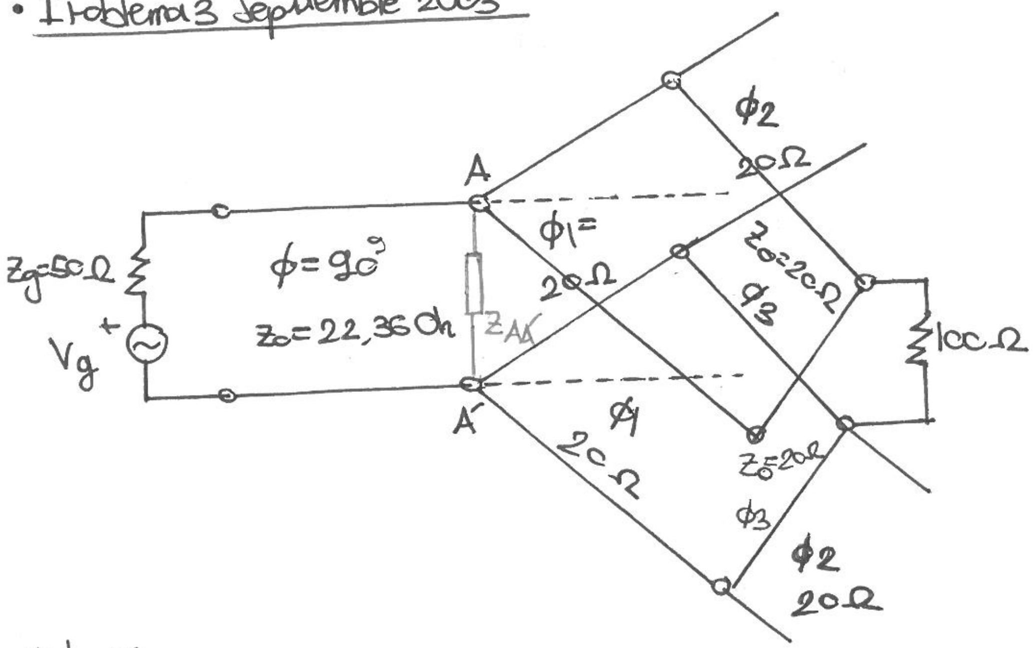
$l'' = 0{,}118\lambda$

Problema 3 Septiembre 2003

En la estructura de la figura calcule los valores de las longitudes eléctricas de Φ_1, Φ_2, y Φ_3 en grados que hacen que el generador entregue la máxima potencia disponible.

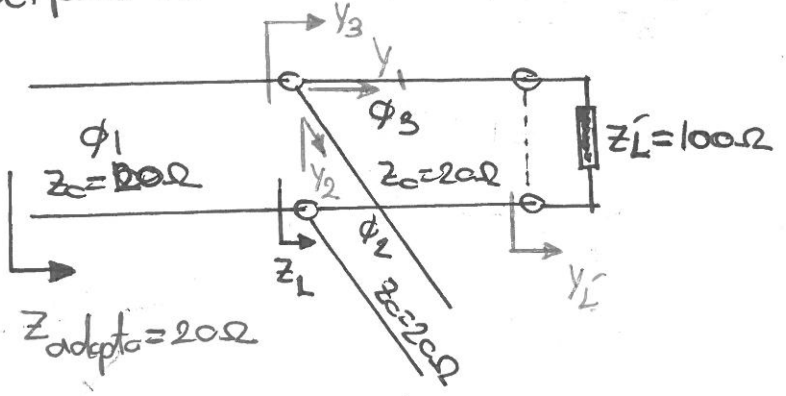


• Problema 3 Septiembre 2003



Solución

A partir del plano AA´ tenemos 2 esquemas en paralelo como el siguiente:



Como después del generador hay una línea de $\frac{\lambda}{4}$, para que exista adaptación debe ser:

$$Z_{0\lambda/4} = 22,63\Omega = \sqrt{Z_g \cdot Z_{AA'}}$$ ← CLAVE → Mirar circuitos hacia derecha e izquierda.

$$Z_{AA'} = \frac{(22,63)^2}{Z_g} = 10\Omega$$

Así, para que exista adaptación, cada uno de los circuitos anteriores, deben tener a la entrada una impedancia de 20Ω, ya que son dos impedancias de 20Ω en paralelo. → Ribola.

Por tanto, debemos adaptar el siguiente esquema: Sintonizador Simple

Observamos que ϕ_1 puede ser cualquier longitud mientras $Z_3 = 20\Omega$

Por tanto se trata de adaptar $Z_L' = 100\Omega$ a $Z_3 = 20\Omega$ con ϕ_3 y ϕ_2.

Normalizamos Z_L' a 20Ω : $\overline{Z_L'} = 5\Omega$

La posicionamos y pasamos a admitancias porque el sint. está en //.

$$\overline{y_L'} = \frac{1}{\overline{Z_L'}} = 0,2$$

Trazamos la circunferencia $|\rho|$ cte que pasa por y_L'. En ella estará $\overline{Y_1}$

Por otro lado:

$$\overline{Y_3} \neq \overline{Y_1} + \overline{Y_2}$$

Como $\overline{Y_2}$ es imaginaria pura:

$$Re(\overline{Y_1}) = Re(\overline{Y_3}) = 1$$

En la carta se obtiene:

$$\overline{Y_1'} = 1 + \overbrace{j1,8}^{\text{no es exacto}} \longrightarrow d_3' = 0,183\lambda \longrightarrow \phi_3' = 65,88^\circ$$

$$\overline{Y_1''} = 1 - j1,8 \longrightarrow d_3'' = 0,317\lambda \longrightarrow \phi_3'' = 114,12^\circ$$

$$(0,5 - 0,183)\lambda$$

$$\overline{Y_2'} = \overline{Y_3} - \overline{Y_1'} = -j1,8 \longrightarrow d_2' = 0,331\lambda \longrightarrow \phi_2' = 119,16^\circ$$

$$\overline{Y_2''} = \overline{Y_3} - \overline{Y_1''} = +j1,8 \longrightarrow d_2'' = 0,169\lambda \longrightarrow \phi_2'' = 60,84^\circ$$

Solución ①

ϕ_1 cualquiera

$\phi_2 = 119,16^\circ$

$\phi_3 = 65,88^\circ$

Solución ②

ϕ_1 cualquiera

$\phi_2 = 60,84^\circ$

$\phi_3 = 114,12^\circ$

*Notas del Ejercicio

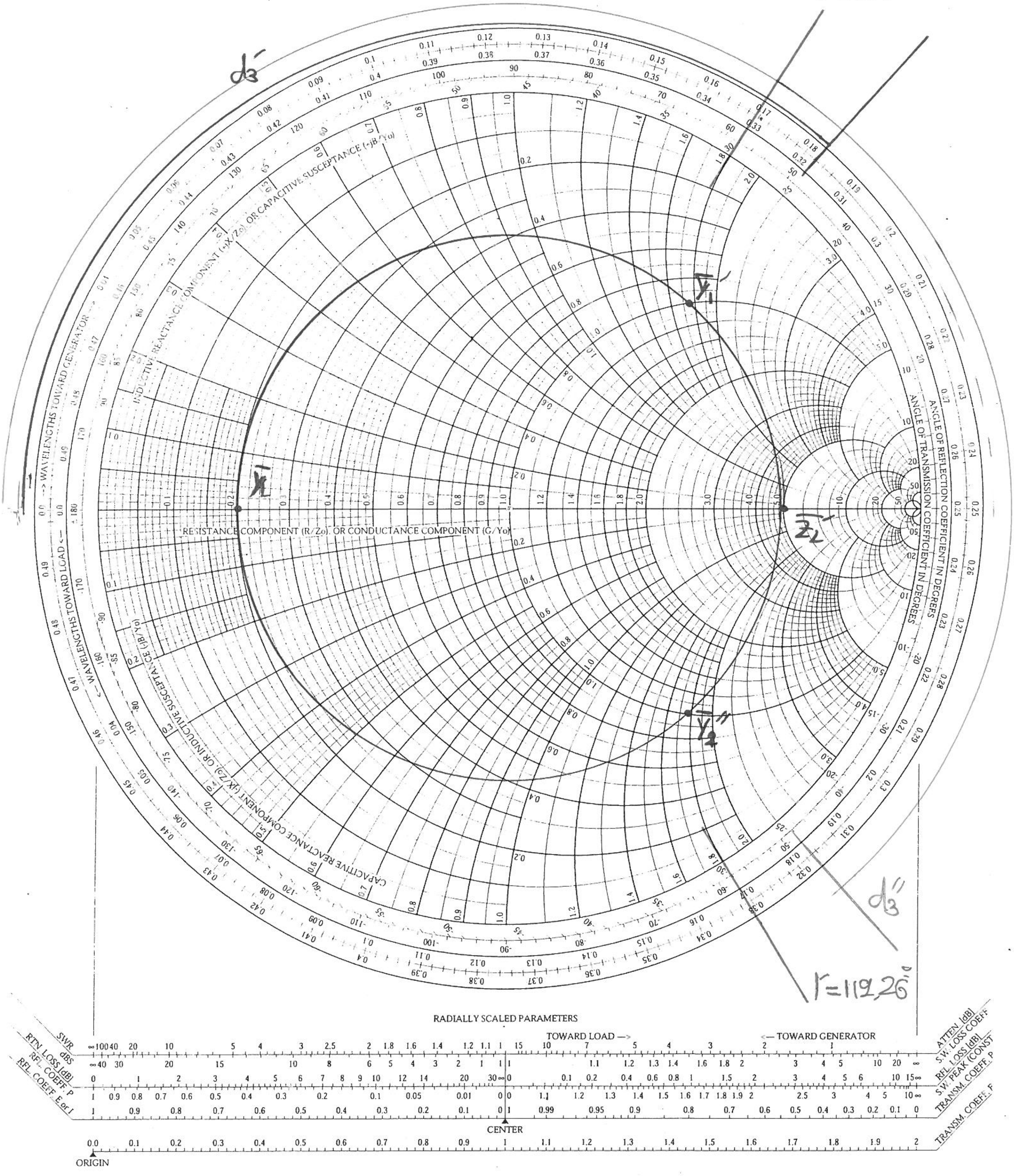
- Darse cuenta de que son 2 esquemas en paralelo idénticos.
- Mirar $Z_{AA'}$ hacia la izquierda con la fórmula del $\lambda/4$.
- Mirar $Z_{AA'}$ hacia la izquierda, por estar los esquemas en //.
- Individualmente, su impedancia de entrada será 20Ω, por estar los esquemas en //.
- Sintonizador está en paralelo $\longrightarrow$ trabajar en admitancias.

Problema 3 Septiembre 2003

Carta de Smith

Electromagnetismo. Universidad de Valladolid

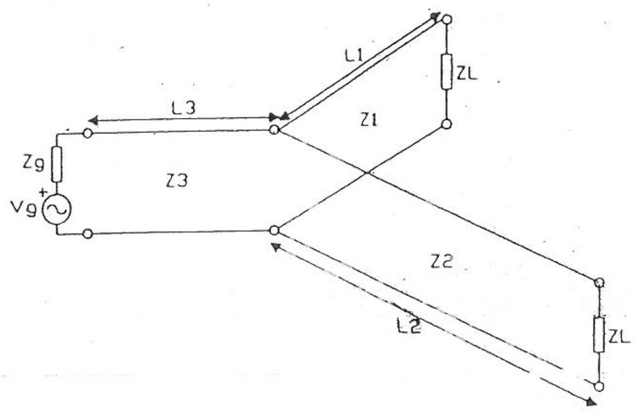
$\Gamma' = 60{,}84°$



Problema 8 Febrero 2003

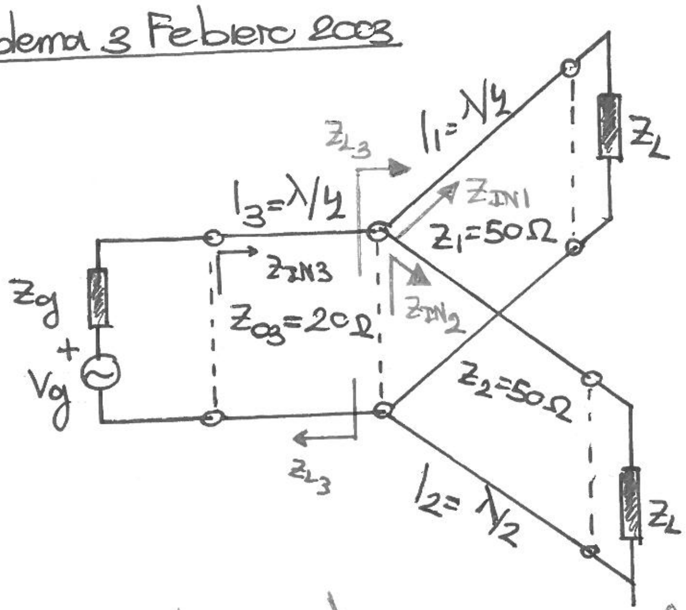
PROBLEMA 3. (4 Ptos.)

En la siguiente figura las impedancias Z1, Z2 y Zg tienen un valor de 50Ω, valiendo Z3 20Ω. Las longitudes de las lineas 1 y 3 es de 90° y la de correspondiente a la línea 2 es de 180°. Calcule los valores posibles de ZL que hacen que el generador entregue la máxima potencia disponible



55

Problema 3 Febrero 2003



(No tenemos stubs → sin CS)

¿Z_L para adaptación?

Solución

no hacer

$$Z_{IN_1}=Z_1\frac{Z_L+jZ_1\,tg(\beta l)}{Z_1+Z_L\,tg(\beta l)}=\frac{Z_1^2}{Z_L}=\frac{50^2}{Z_L}$$ → fórmula del $\lambda/4$.

$Z_{IN_2}=Z_L$ ← Línea $\frac{\lambda}{2}$

$$Z_{L3}=\frac{Z_{IN1}\cdot Z_{IN2}}{Z_{IN1}+Z_{IN2}}=\frac{\frac{50^2}{Z_L}\cdot Z_L}{\frac{50^2}{Z_L}+Z_L}=\frac{50^2\cdot Z_L}{50^2+Z_L^2}$$

Para que exista adaptación debe ser Z_3: viéndolo como en la figura. → fórmula del $\lambda/4$.

$$Z_3=\sqrt{Z_{L3}\cdot Z_g}=20\Omega \rightarrow Z_{L3}=\frac{20^2}{Z_g}=8\Omega$$

Igualando:

$$8=\frac{50^2\cdot Z_L}{50^2+Z_L^2} \longrightarrow 8Z_L^2-2500Z_L+10000=0 \rightarrow Z_L \begin{cases} 304{,}28\,\Omega \\ 8{,}22\,\Omega \end{cases}$$

***Nota**

Cuidado con el $\lambda/4$ → Sólo si hay adaptación, la impedancia del $\lambda/4$ es la media geométrica de las otras dos

CHULETARIO

Lo que es teorema es que $Z_{IN3}=\frac{Z_{03}^2}{Z_{L3}}$ → ésto se cumple siempre

Problema 1 Junio 2002

Serie-Paralelo

Problema más repetido de TPO

PROBLEMA 1. (3.5 Ptos.)

En la figura 1, la impedancia Z_L representa la impedancia de entrada de un transistor a una frecuencia de 1 GHz. Su coeficiente de reflexión referido a Z_0 tiene un modulo de 0.4 y una fase de 50°. Las impedancias Z_1, Z_2, Z_3 y Z_4 tienen un valor de Z_0=50Ω. La longitud eléctrica de la línea 1 es de 90° eléctricos y la de la línea 4 de 45° eléctricos. Se pide determinar las longitudes eléctricas (en grados) de las líneas 2 y 3 para que el generador Vg entregue la máxima potencia posible.

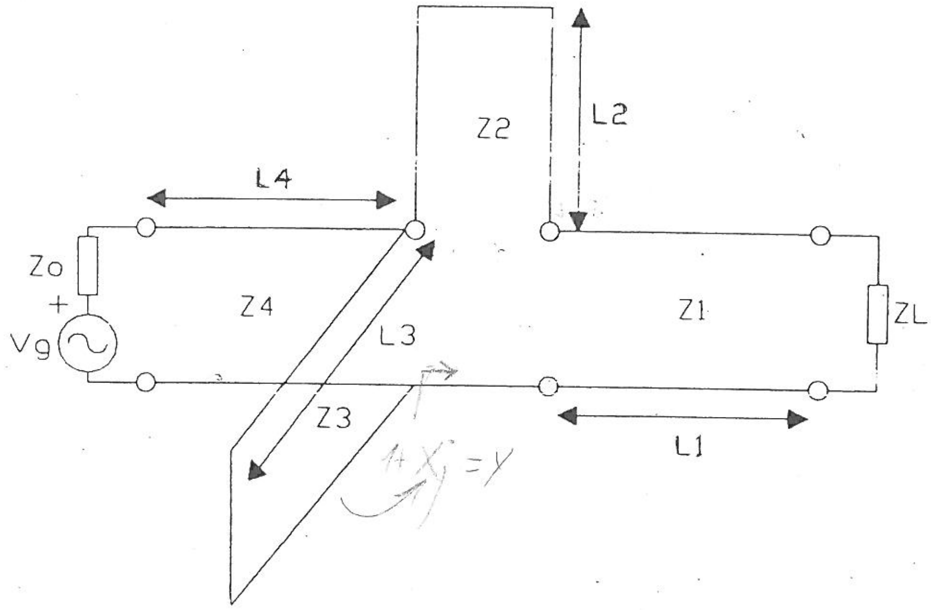
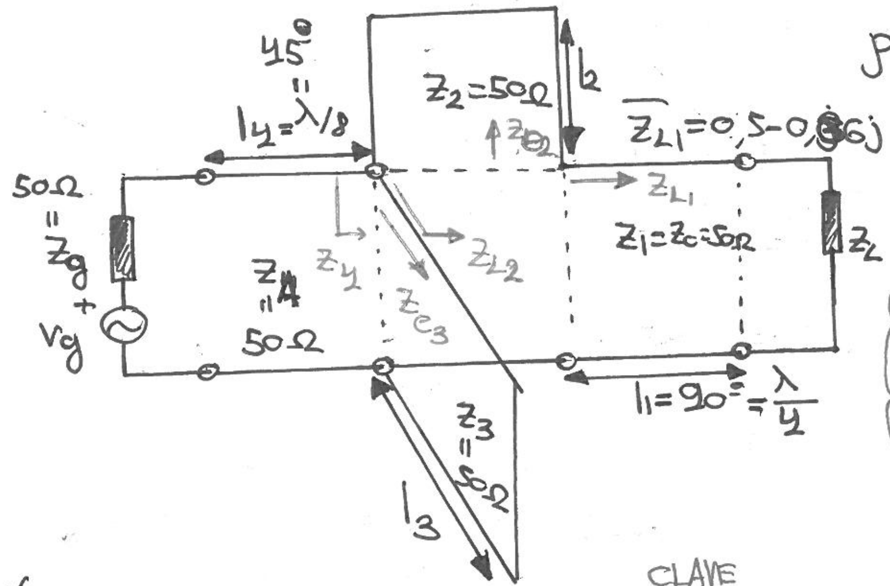


Figura 1

57

Problema 1 Junio 2002

* Problema más repetido TPO



*Nota
Grados del coeficiente de reflexión no son eléctricos, son normales.

Solución

CLAVE

Independientemente de la línea 4 $Z_A = 50\Omega$ para que exista adaptación

Posicionamos el coeficiente de reflexión en la CS. Este coeficiente es $\rho_2 = \frac{Z_2 - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{\overline{Z}_L - 1}{\overline{Z}_L + 1}$

$\overline{Z}_L = 1,3 + j0,95$

Desplazándolos $\frac{\lambda}{4}$ hacia generador por la circunferencia $|\rho| = cte$ llegamos a $\overline{Z}_{L1} = 0,5 - j0,36$

$$Z_{L1} = 50 \frac{\overline{Z}_2 + j\,tg(90º)}{1 + j\,\overline{Z}_2\,tg(90º)} = \frac{1}{Z_L}$$

→ stubs en serie: trabajar con impedancia.

Como el primer stub está en serie $\overline{Z}_{L2} = \overline{Z}_{L1} + \overline{Z}_{e2}$

Como $\overline{Z}_{e2}$ es imaginaria para: $Re(\overline{Z}_{L2}) = Re(\overline{Z}_{L1}) = 0,5$ (La remarcamos en la CS)

Como el 2º stub está en // interesa trabajar en admitancias.

$\overline{Y}_A = 1 = \overline{Y}_{L2} + \overline{Y}_{e3}$ ya que existe adaptación ($Z_A = 50\Omega \rightarrow \overline{Z}_A = 1$)

Como $\overline{Y}_{e3}$ es imaginaria para: $Re(\overline{Y}_{L2}) = 1$

Pasamos a ~~admitancias~~ impedancias todos los posibles valores de $\overline{Y}_{L2}$, que es como girar $\frac{\lambda}{4}$ la circunferencia $Re(\,) = 1$ $\underbrace{\text{Truco Raúl} \rightarrow \text{mirar CS.}}$

$\overline{Z}_{L2}' = 0,5 + j0,5 \longrightarrow \overline{Y}_{L2}' = 1 - j$

$\overline{Z}_{L2}'' = 0,5 - j0,5 \longrightarrow \overline{Y}_{L2}'' = 1 + j$

Cálculo de l_2

$$\overline{Z}_{e_2}' = \overline{Z}_{L_2}' - \overline{Z}_{L_1} = \underbrace{+j0{,}86}_{\text{bobina}} \longrightarrow l_2' = 0{,}113\lambda \longrightarrow \phi_2' = 40{,}68^\circ$$

$$\overline{Z}_{e_2}'' = \overline{Z}_{L_2}'' - \overline{Z}_{L_1} = \underbrace{-j0{,}24}_{\text{condensador}} \longrightarrow l_2'' = 0{,}479\lambda \longrightarrow \phi_2'' = 172{,}44^\circ$$

Cálculo de l_3

Moviéndonos hacia generador.

$f = 1\,GHz$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}\, f}$$

$$\overline{y}_{e_3}' = \overbrace{+j}^{\text{condensador}} \longrightarrow l_3' = \frac{3\lambda}{8} = 135^\circ$$

$$\overline{y}_{e_3}'' = \underbrace{-j}_{\text{bobina}} \longrightarrow l_3'' = \frac{\lambda}{8} = 45^\circ$$

$$y_{e_3}' = \frac{j}{50} = j\omega C$$

$$y_e'' = \frac{-j}{50} = \frac{-j}{\omega L}$$

Solución ①:

$\phi_2' = 40{,}68^\circ$ y $\phi_3 = 135^\circ$ (bobina y condensador)

Solución 2:

$\phi_2'' = 172{,}44^\circ$ y $\phi_3 = 45^\circ$ (condensador y bobina)

***Nota**

$$Z_{bobina} = \overbrace{j\omega L}^{+}$$

$$Z_{cond} = \underbrace{-\frac{j}{\omega C}}_{-}$$

CHULETARIO

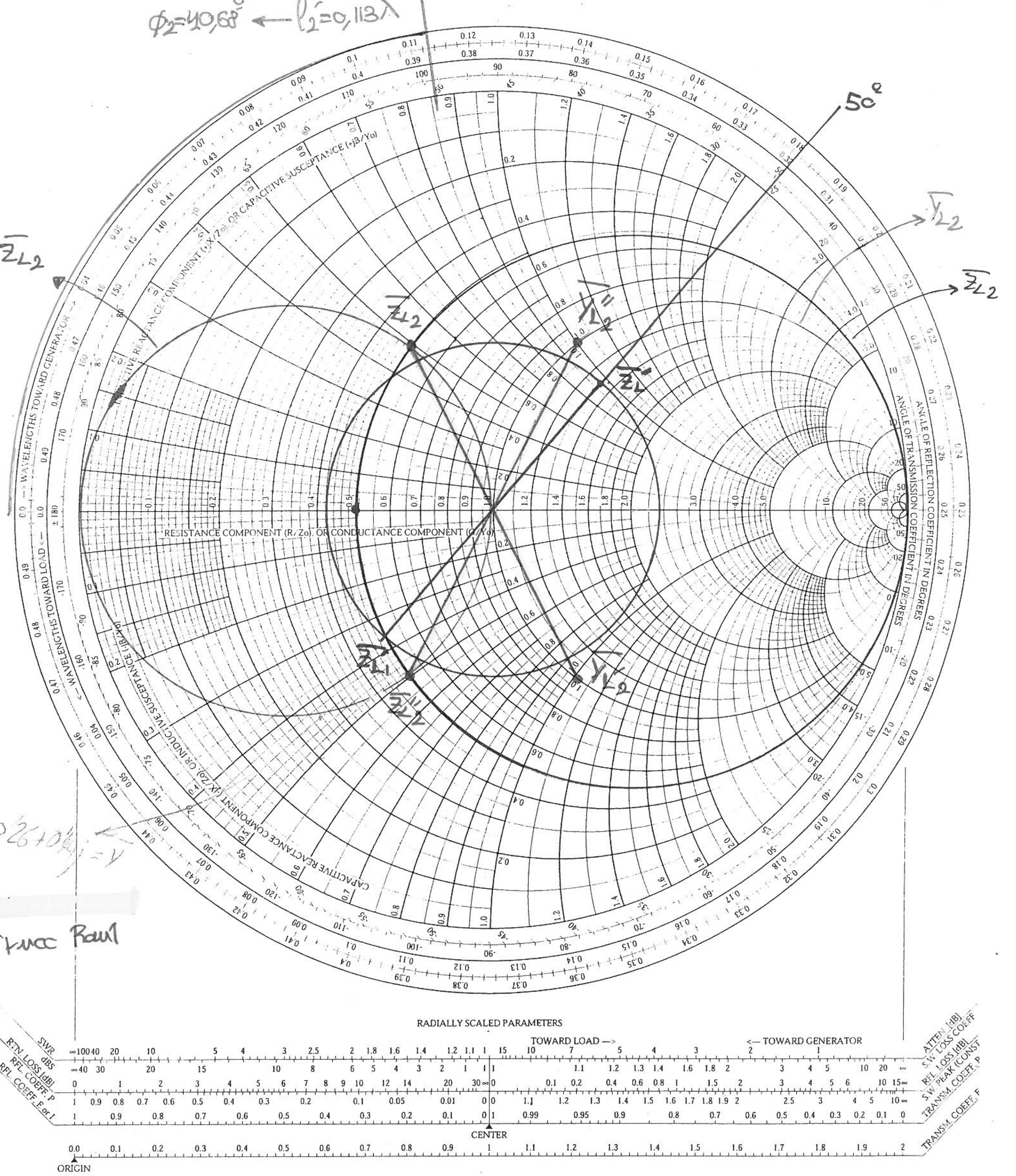
$$y_{bobina} = \overbrace{-\frac{j}{\omega L}}^{-}$$

$$y_{condensador} = \overbrace{j\omega C}^{+}$$

Problema 1 Junio 2002

Carta de Smith

Electromagnetismo. Universidad de Valladolid

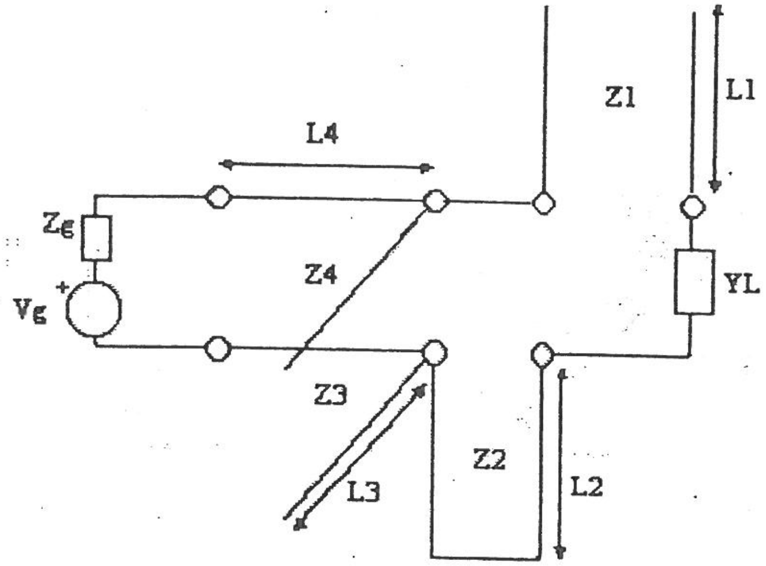


Truc Raul

59

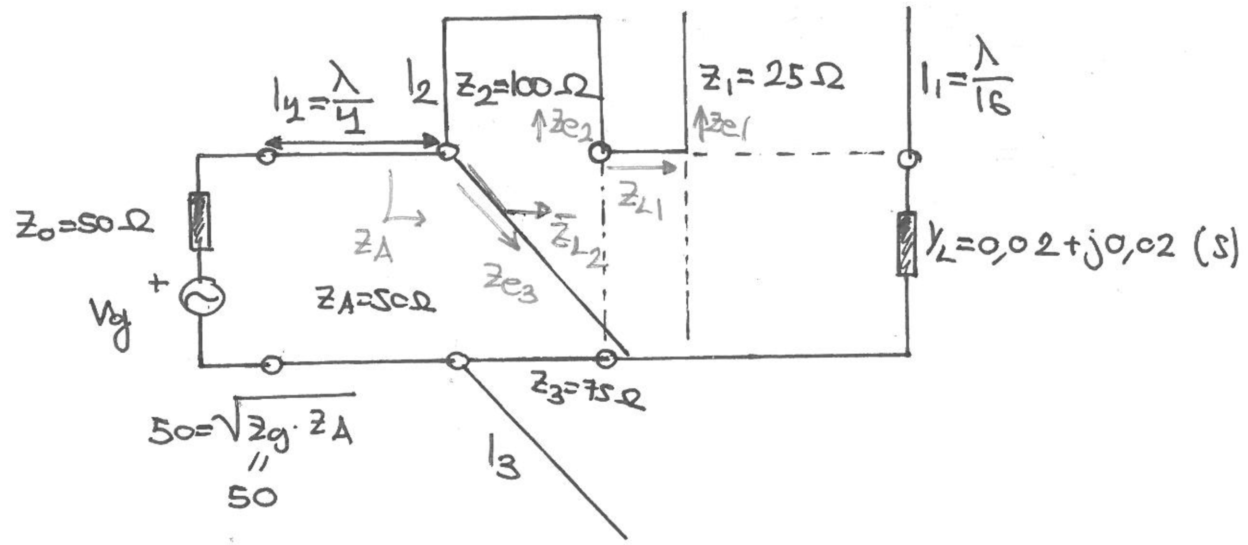
PROBLEMA 2 (3 Ptos.)

En la siguiente figura, la admitancia Y_L representa la admitancia de entrada de un transistor a la frecuencia de 1 GHz siendo su valor de 0.02 + 0.02 j Siemens. Las impedancias características de las distintas líneas tienen los siguientes valores: Z1 = 25 ohms, Z2 = 100 ohms, Z3 = 75 ohms y Z4 = 50 ohms. La impedancia del generador tiene un valor de 50 ohms. Las longitudes de las líneas 1 y 4 son respectivamente de λ / 16 y λ / 4. Se pide determinar las longitudes eléctricas (en grados) de las líneas 2 y 3 para que el generador Vg entregue la máxima potencia posible a Y_L



60

Problema 2



Solución

$$Z_{L1} = Z_{e1} + Z_L = Z_{e1} + \frac{1}{Y_L} = 25 \cdot \frac{\infty + j25\, tg\left(\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\lambda}{16}\right)}{25 + \infty j\, tg\left(\frac{360°}{\lambda}\cdot\frac{\lambda}{16}\right)} + \frac{1}{0{,}02 + j0{,}02} = \frac{25}{j\, tg\left(\frac{45°}{2}\right)} + \frac{1}{0{,}02 + j0{,}02} =$$

$$= 25 - j85{,}25\ \Omega$$

Debemos adaptar esta Z_{L1} a $Z_A = 50\,\Omega$ ya que tanto la Z_4 como la Z_g son $50\,\Omega$.

$\overline{Z_{L1}}\big|_{50} = 0{,}5 - j1{,}7$ (La posicionamos)

$\overline{Z_{L2}}\big|_{50} = \overline{Z_{e2}}\big|_{50} + \overline{Z_{L1}}\big|_{50}$

$\overline{Y_A}\big|_{50} = 1 = \overline{Y_{e3}}\big|_{50} + \overline{Y_{L2}}\big|_{50}$

Como $\overline{Z_{e2}}$ e $\overline{Y_{e3}}$ son imaginarias puras: $Re\left(\overline{Z_{L2}}\big|_{50}\right) = Re\left(\overline{Z_{L1}}\big|_{50}\right) = 0{,}5$

$Re\left(\overline{Y_{L2}}\big|_{50}\right) = Re\left(Y_A\big|_{50}\right) = 1$

Convertimos a impedancias todos los posibles valores de $\overline{Y_{L2}}\big|_{50}$ que es equivalente a girar $\lambda/4$ la circunferencia $Re() = 1$

$\overline{Z'_{L2}}\big|_{50} = 0{,}5 + j0{,}5 \longrightarrow \overline{Y'_{L2}}\big|_{50} = 1 - j$

$\overline{Z''_{L2}}\big|_{50} = 0{,}5 - j0{,}5 \longrightarrow \overline{Y''_{L2}}\big|_{50} = 1 + j$

Cuidado con la impedancia característica de cada línea!

Cálculo de l_2

$\overline{Z'_{e2}}\big|_{50} = \overline{Z'_{L2}}\big|_{50} - \overline{Z_{L1}}\big|_{50} = +j2{,}2 \xrightarrow{**} \overline{Z'_{e2}}\big|_{100} = +j1{,}1 \longrightarrow l'_2 = 0{,}133\lambda$

$\overline{Z''_{e2}}\big| = \overline{Z''_{L2}}\big| - \overline{Z_{L1}}\big| = +j1{,}2 \xrightarrow{**} \overline{Z''_{e2}}\big| = +j0{,}6 \longrightarrow l''_2 = 0{,}086\lambda$

Calculo de l_3:

$$\left.\overline{y_{e3}}\right|_{50} = +j \longrightarrow \left.y_e'\right|_{75} = j\frac{75}{50} = j1{,}5 \longrightarrow l_3' = 0{,}157\lambda$$

$$\left.y_e''\right|_{75} = \quad = -j1{,}5 \longrightarrow l_3'' = 0{,}343\lambda$$

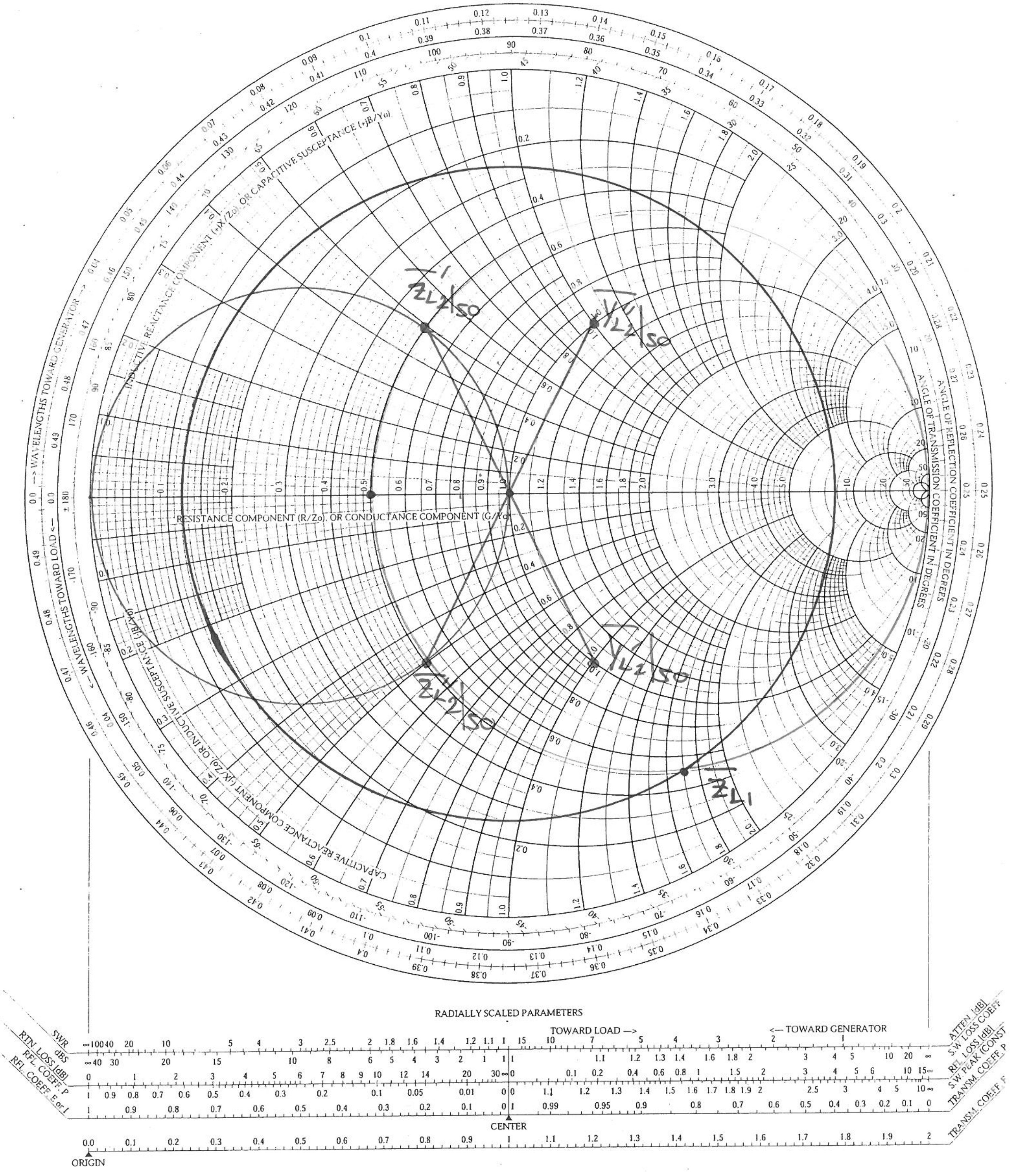
Suman 0,5

**

Problema 2

Carta de Smith

Electromagnetismo. Universidad de Valladolid



62

PROBLEMA 1. (3.5 Ptos.)

En la figura 1, la impedancia Z_L representa la impedancia de entrada de un transistor a una frecuencia de 1 GHz. Su valor como admitancia es de $0.0043+j\cdot 0.0017\ \Omega^{-1}$. La impedancia Z_0 tiene un valor de 50Ω y la longitud de la línea 3 es de 45° eléctricos. Se desea realizar una adaptación de impedancias mediante la técnica del doble stub serie que permita entregar al generador su máxima potencia disponible a ZL. Determine los valores de las longitudes eléctricas (en grados) de las líneas 1, 2 y 4 que hacen que esta solución sea única.

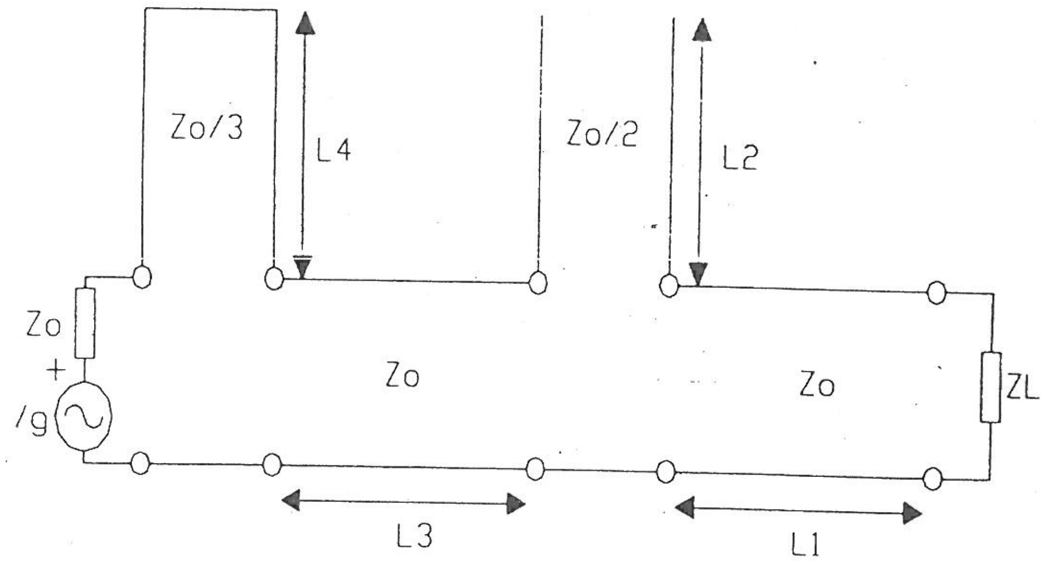


Figura 1

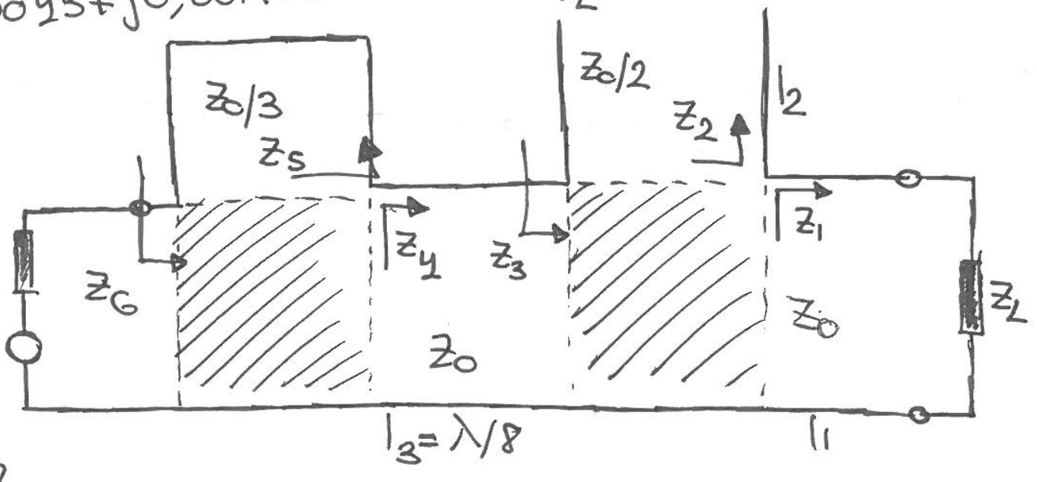
Tipo 2º Test TPo 2013 - 2014

65

Problema 1 → |Problema Solución Única| ←

$f = 1\ GHz$; $Z_0 = 50\,\Omega$

$Y_L = 0{,}0043 + j0{,}0017\ \Omega^{-1} \longrightarrow Z_L = \dfrac{1}{Y_L} = 200 - j80\ (\Omega)$



¿l_1, l_2, l_3?

$\overline{Z_L}\big|_{50} = \dfrac{200 - j80}{50} = 4 - j1{,}6 \longrightarrow$ En la CS, en la circunferencia $|\rho| = cte$ que pasa por $\overline{Z_L}\big|_{50}$ estará $\overline{Z_1}\big|_{50}$

Por otro lado, $Z_G = 50\,\Omega \longrightarrow \overline{Z_6}\big|_{50} = 1$

Como $\overline{Z_6}\big|_{50} = \overline{Z_4}\big|_{50} + \overline{Z_5}\big|_{50}$ y $\overline{Z_5}\big|_{50}$ es imaginario para $Re\left(\overline{Z_4}\big|_{50}\right) = 1$

Desplazamos todos los posibles valores de $\overline{Z_4}\big|_{50}$ $\frac{\lambda}{8}$ hacia carga para encontrar todos los posibles valores de $\overline{Z_3}\big|_{50}$.

Hay circunferencias de $Re()$ que cortan dos veces a la circunferencia de posibles valores de $\overline{Z_3}\big|_{50}$. Hay otras que no cortan en ningún punto y sólo una circunferencia de Re que es tangente a ésta en posibles valores de $\overline{Z_3}\big|_{50}$.

↖ CLAVE.

Esta circunferencia es $Re() = 2$

Por tanto para que la solución sea única $\overline{Z_3}\big|_{50} = 2 + j$

Como $Re\left(\overline{Z_3}\big|_{50}\right) = 2 = Re\left(\overline{Z_1}\big|_{50}\right)$ ya que $\overline{Z_2}\big|_{50}$ es imaginaria para los posibles valores de $\overline{Z_1}\big|_{50}$ son:

$\overline{Z_1'}\big|_{50} = 2 + j2{,}2 \longrightarrow l_1' = 0{,}445\lambda = 160{,}2^\circ$

$\overline{Z_1''}\big|_{50} = 2 - j2{,}2 \longrightarrow l_1'' = 0{,}026\lambda = 9{,}36^\circ$

56

$\overline{Z_2'}\Big|_{50} = \overline{Z_3}\Big|_{50} - \overline{Z_1''}\Big|_{50} = (2+j)-(2+j2{,}2) = -j1{,}2 \xrightarrow{**} \overline{Z_2'}\Big|_{25} = -j2{,}4 \rightarrow l_2' = 0{,}063\lambda = 22{,}68^{\circ}$

$= j3{,}2 \xrightarrow{**} \overline{Z_2''}\Big|_{25} = j6{,}4 \rightarrow l_2'' = 0{,}475\lambda = 171^{\circ}$

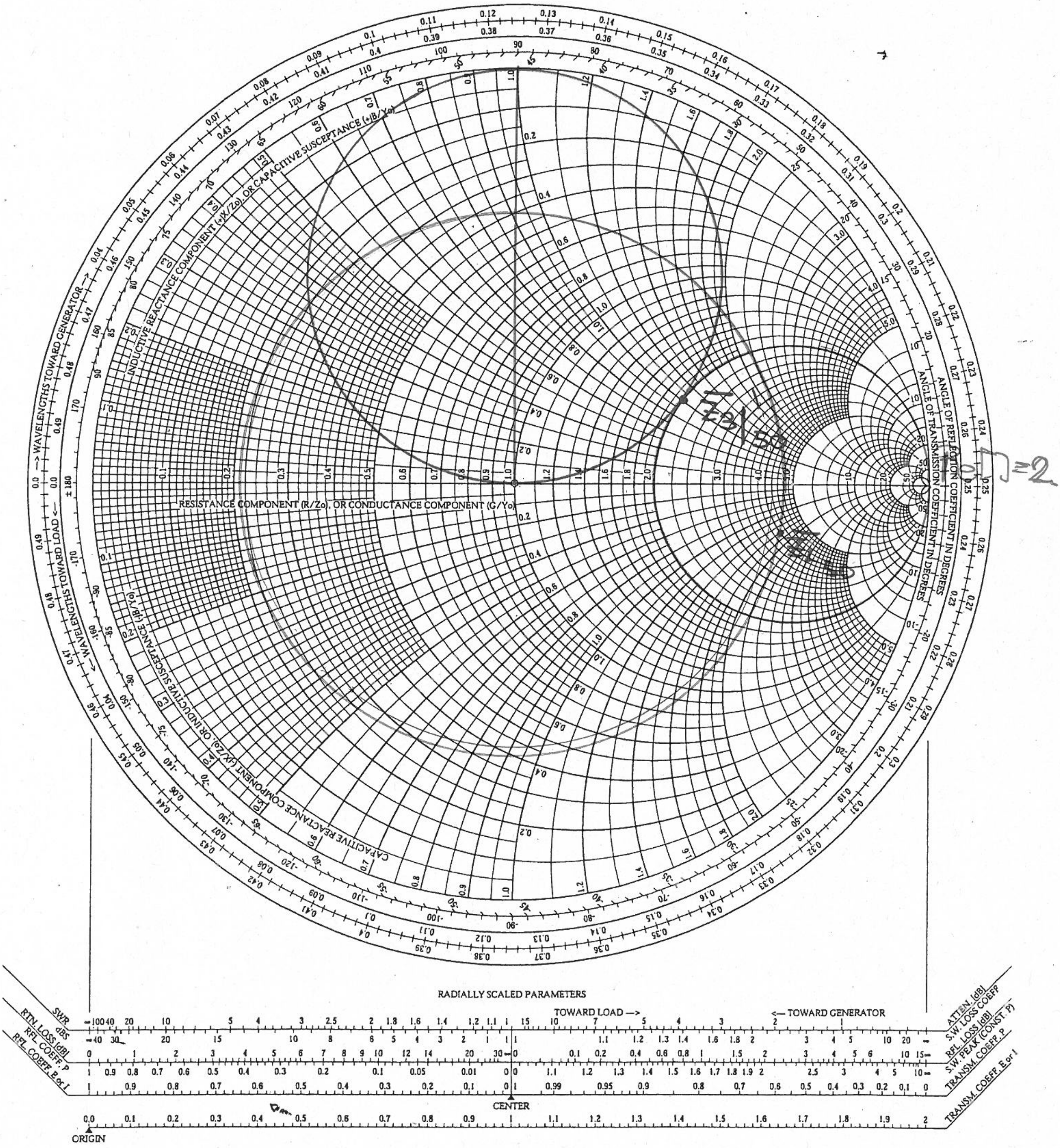
$\overline{Z_2''}\Big|_{50} =$

Deshaciendo el giro, encontramos $\overline{Z_{L1}}\Big|_{50} = 1-j \rightarrow \overline{Z_s}\Big|_{50} = 1+j \rightarrow \overline{Z_s}\Big|_{50/3} = +j3 \rightarrow$

$\rightarrow l_y = 0{,}199\lambda = 71{,}64^{\circ}$

The Complete Smith Chart

Black Magic Design



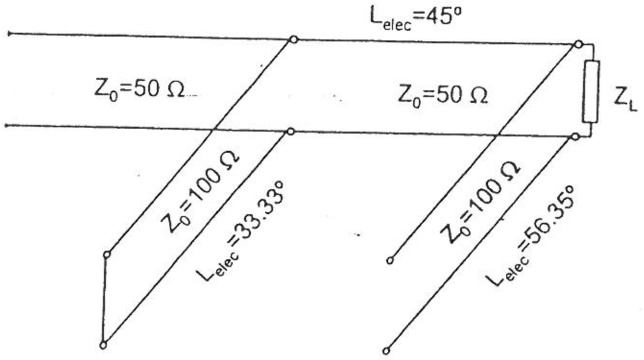
[redacted] Diciembre 2004.

38

Problema de Región Prohibida

PROBLEMA 3 (4 puntos)

La siguiente figura muestra la red de adaptación de una impedancia que usted debe encontrar. Fíjese que la impedancia de los stubs son de 100 Ω, mientras que la línea de transmisión entre los stubs (cuya longitud eléctrica es 45 °) es de 50 Ω. La impedancia de la línea de transmisión donde esta conectada la red de adaptación es, también, de 50 Ω. Note que el primer stub, el más cercano a la carga, está terminado en circuito abierto y su longitud eléctrica es de 56.35°. El segundo stub está terminado en cortocircuito y su longitud eléctrica es de 33.33°.



a.- Encuentre la impedancia de carga.

A la hora de construir el circuito ha habido un error y se ha colocado el segundo stub en serie, siendo el resto de los parámetros del circuito los mismos. Bajo esta situación y modificando exclusivamente la longitud de los stubs, encuentre, si es posible, el nuevo circuito que permite adaptación de impedancias.

b.- Si la adaptación de impedancias es posible, dé aquella solución donde la longitud del primer stub sea la más cercana posible a la de partida. Dé el resultado en grados eléctricos. Si la adaptación de impedancias imposible, determine la región prohibida. Indíquela sobre la carta de Smith y razone de forma adecuada por qué ha llegado a esta solución.

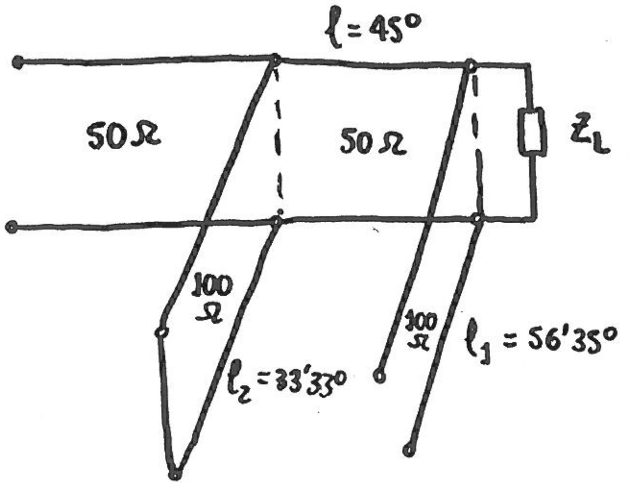
A continuación se desea adaptar una impedancia Z_L arbitraria

c.- Si el stub en serie se sustituye por un condensador y la longitud del primer stub se puede modificar, encuentre, si existe, la región prohibida. Indíquela sobre la carta de Smith de impedancias y razone de forma adecuada por qué ha llegado a esta solución.

d.- Repita el apartado anterior si el condensador se sustituye por una bobina.

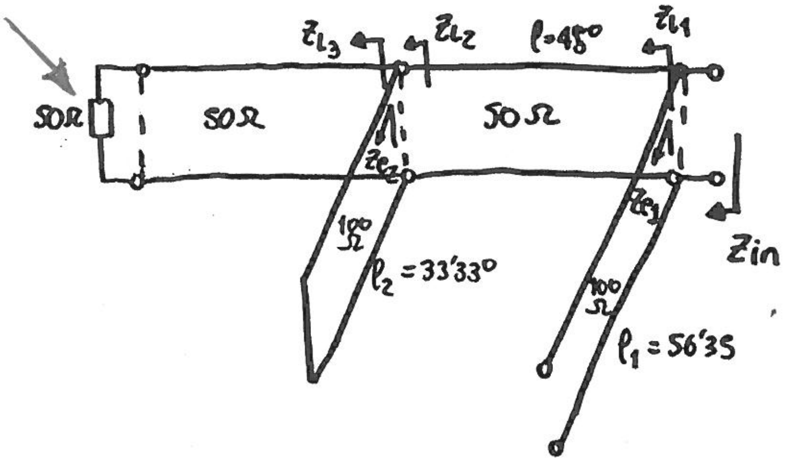
81

$\boxed{\text{PROB 3 DIC 2004}}$ Plan viejo (Pág. 38)



a) ¿ Z_L ?

Utilizamos el siguiente circuito para calcular Z_L mediante adaptación conjugada desplazandonos de izquierda a derecha:



$$Z_L = Z_{in}^*$$

Para que exista adaptación: $Z_{L_3} = 50\ \Omega$; por otro lado:

$$\boxed{Z_{e_2}} = 100 \cdot \frac{0 + j\,100 \cdot tg(33'33°)}{100 + j\,0} = j\,100 \cdot tg(33'33°) = \boxed{j\,65'76}\ \Omega$$

$$\boxed{Z_{L_2}} = Z_{L_3} \,//\, Z_{e_2} = \frac{Z_{L_3} \cdot Z_{e_2}}{Z_{L_3} + Z_{e_2}} = \frac{j\,50 \cdot 65'76}{50 + j\,65'76} = \boxed{31'68 + j\,24'09}\ \Omega$$

$$\boxed{Z_{L_1}} = 50 \cdot \frac{Z_{L_2} + j\,50 \cdot tg(45°)}{50 + j\,Z_{L_2} \cdot tg(45°)} = 50 \cdot \frac{31'68 + j\,74'09}{25'91 + j\,31'68} = \boxed{94'56 + j\,27'34}\ (\Omega)$$

$$\boxed{Z_{e_1}} = 100\, \frac{\infty + j\,100 \cdot tg(56'35°)}{100 + j\,\infty \cdot tg(56'35°)} = \frac{100}{j\,tg(56'35°)} = \boxed{-j\,66'56}\ (\Omega)$$ y finalmente :

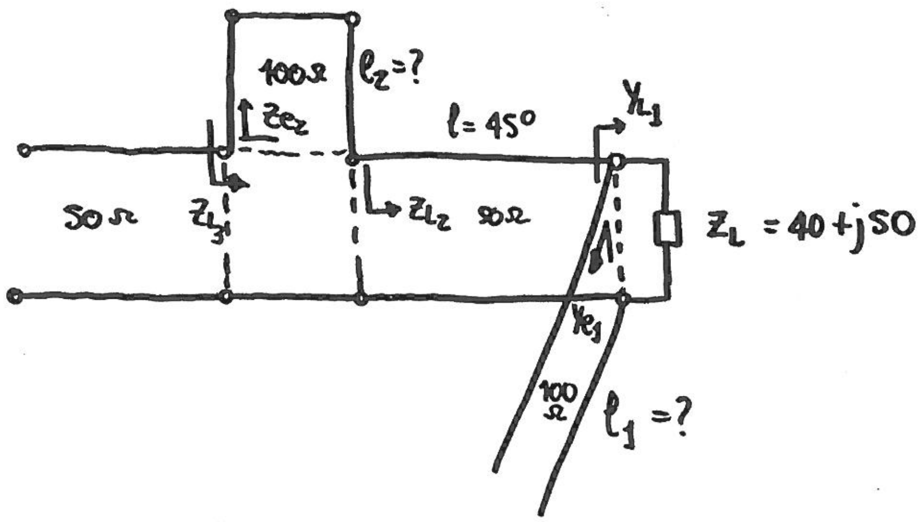
82

$$Z_{in}^{'} = \frac{Z_{L_1} \cdot Z_{e_1}}{Z_{L_1} + Z_{e_1}} = 39'97 - j\,49'98 \;,\; (\Omega)$$

Por tanto:

$$\boxed{Z_L = 39'97 + j\,49'98 \simeq 40 + j\,50} \; (\Omega)$$

b) Ahora tenemos el siguiente esquema:



Para conseguir adaptación debe ser $Z_{L_3} = 50\Omega$ por tanto en primer lugar normalizamos Z_L a 50Ω y calculamos su $\overline{Y_L}$ asociada posicionándola en la carta de Smith:

$\overline{Z_L} = 0'8 + j\,1 \Rightarrow \boxed{\overline{Y_L} = \frac{1}{\overline{Z_L}} = 0'488 - j\,0'61}$ Ver carta de Smith.

Remarcamos $\mathbb{R}e[\overline{Y_L}] = 0'488$ porque es en ella donde estará $\overline{Y_{L_1}}$ ya que $\overline{Y_{L_1}} = \overline{Y_L} + \overline{Y_{e_1}}\big|_{50}$ siendo $\overline{Y_{e_1}}\big|_{50}$ imaginaria pura.

Ahora desplazamos la $\mathbb{R}e[\;] = 1$ $\underbrace{\frac{\lambda}{8}}_{45°} + \frac{\lambda}{4}$ hacia carga y obtenemos los puntos de corte con $\mathbb{R}e[\overline{Y_L}] = 0'488$ que serán $\overline{Y_{L_1}}'$ y $\overline{Y_{L_1}}''$; estas admitancias al desplazarlas $\frac{\lambda}{8}$ hacia generador nos darán $\overline{Y_{L_2}}'$ y $\overline{Y_{L_2}}''$ que al girar $\frac{\lambda}{4}$ hacia generador (en total $3\lambda/8$) nos darán $\overline{Z_{L_2}}'$ y $\overline{Z_{L_2}}''$.

Haciendo los pasos anteriores obtenemos:

- $\overline{Y}_{L_1}' = 0'488 - j0'14 \Rightarrow \left.\overline{Y}_{e_1}'\right]_{50} = \overline{Y}_{L_1}' - \overline{Y}_L = +j0'47 \Rightarrow \boxed{\left.\overline{Y}_{e_1}'\right]_{100} = +j0'94}$

  Como partimos de un abierto: $\boxed{\ell_1' = 0'12\lambda \cong 43'2^{\circ}}$

- $\overline{Y}_{L_1}'' = 0'488 - j1'86 \Rightarrow \left.\overline{Y}_{e_1}''\right]_{50} = \overline{Y}_{L_1}'' - \overline{Y}_L = -j1'25 \Rightarrow \boxed{\left.\overline{Y}_{e_1}''\right]_{100} = -j2'5}$

  Como partimos de un abierto: $\boxed{\ell_1'' = 0'311\lambda \cong 111'96^{\circ}}$

Por tanto debemos dar la solución $\boxed{\ell_1' = 43'2^{\circ}}$ porque es la más cercana a $56'35^{\circ}$.

Con este $\overline{Y}_{L_1}' = 0'488 - j0'14$ obtenemos $\overline{Z}_{L_2}'$ desplazandonos $\frac{\lambda}{8} + \frac{\lambda}{4}$ hacia generador obteniendo:

$\overline{Z}_{L_2}' = 1 - j0'75 \Rightarrow \left.\overline{Z}_{e_2}'\right]_{50} = +j0'75 \Rightarrow \left.\overline{Z}_{e_2}'\right]_{100} = j0'375 \Rightarrow$ Como partimos de un corto $\Rightarrow \boxed{\ell_2' = 0'056\lambda \cong 20'16^{\circ}}$

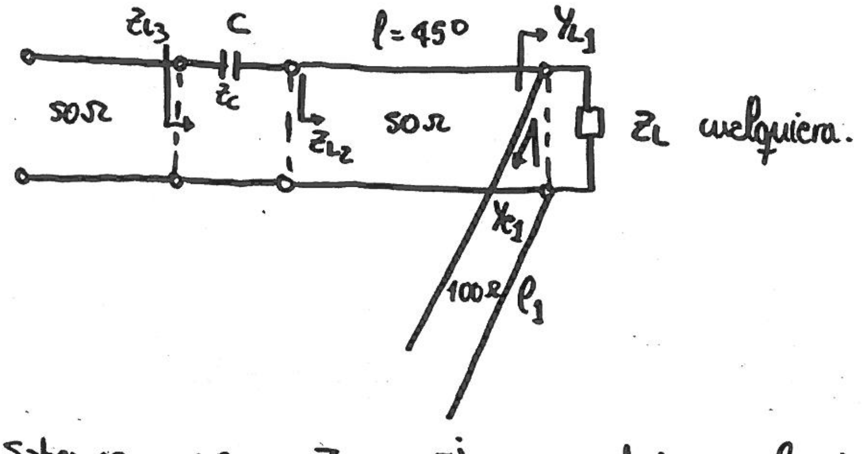
Por tanto la solución es:

$$\boxed{\begin{array}{l} \ell_1' = 43'2^{\circ} \\ \ell_2' = 20'16^{\circ} \end{array}}$$

P3)

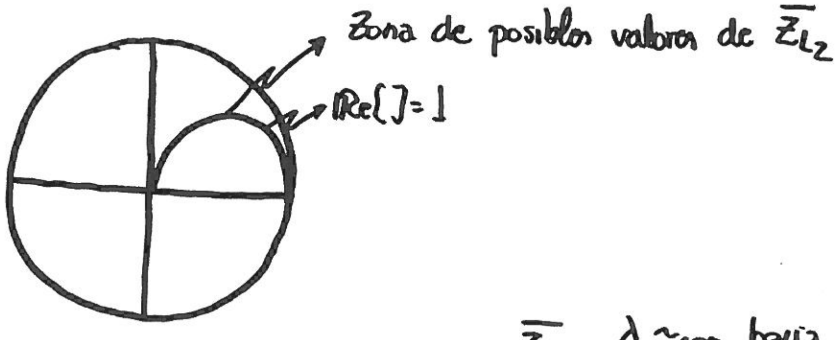
AHORA QUEREMOS ADAPTAR UNA Z_L ARBITRARIA.

c) Tenemos el siguiente esquema:

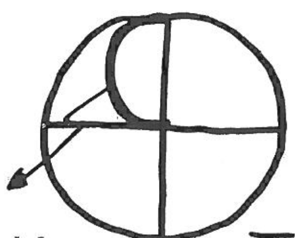


Sabemos que: $Z_C = \frac{-j}{\omega C}$, es decir que la impedancia del condensador es imaginaria pura y negativa, por tanto, como:

$\overline{Z_{L3}} = 1 = \overline{Z_C} + \overline{Z_{L2}}$ tenemos que $\overline{Z_{L2}}$ debe tener parte real 1 y parte imaginaria positiva, por tanto debe estar en la siguiente zona:

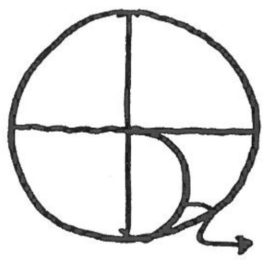


Como $\overline{Z_{L1}}$ se obtiene de girar $\overline{Z_{L2}}$ $\frac{\lambda}{8} \cong 45º$ hacia carga, los posibles valores de $\overline{Z_{L1}}$ son:



Posibles valores de $\overline{Z_{L1}}$.

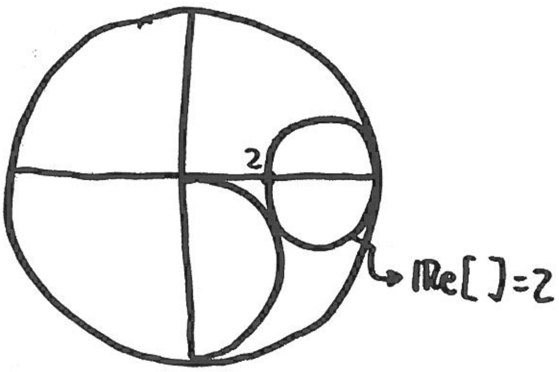
Por otro lado como $\overline{Y}_{L_1}$ se obtiene de desplazar $\frac{\lambda}{4}$ la impedancia $\overline{Z}_{L_1}$, los posibles valores para $\overline{Y}_{L_1}$ son:



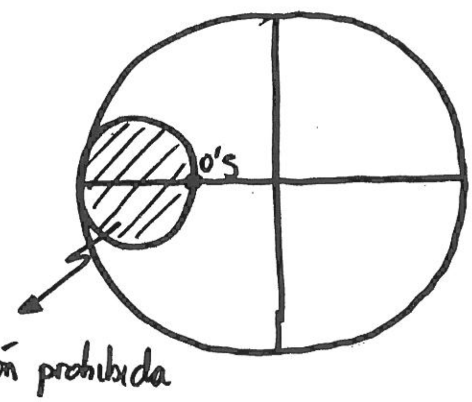
Posibles valores de $\overline{Y}_{L_1}$.

Como $\overline{Y}_{L_1} = \overline{Y}_{e_1} + \overline{Y}_L$ y además $\overline{Y}_{e_1}$ es imaginaria pura sabemos que $\mathrm{Re}[\overline{Y}_{L_1}] = \mathrm{Re}[\overline{Y}_L]$.

Por tanto las soluciones posibles para $\overline{Y}_L$ son aquellas cuya parte real corte a la curva que acabamos de indicar como posibles valores de $\overline{Y}_{L_1}$; las únicas partes reales que no cortan a esta curva son las que son mayores que 2, ver carta de Smith.

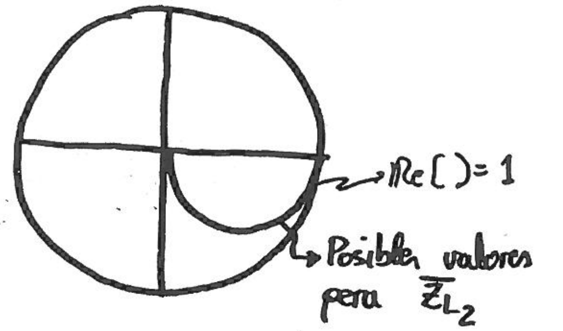


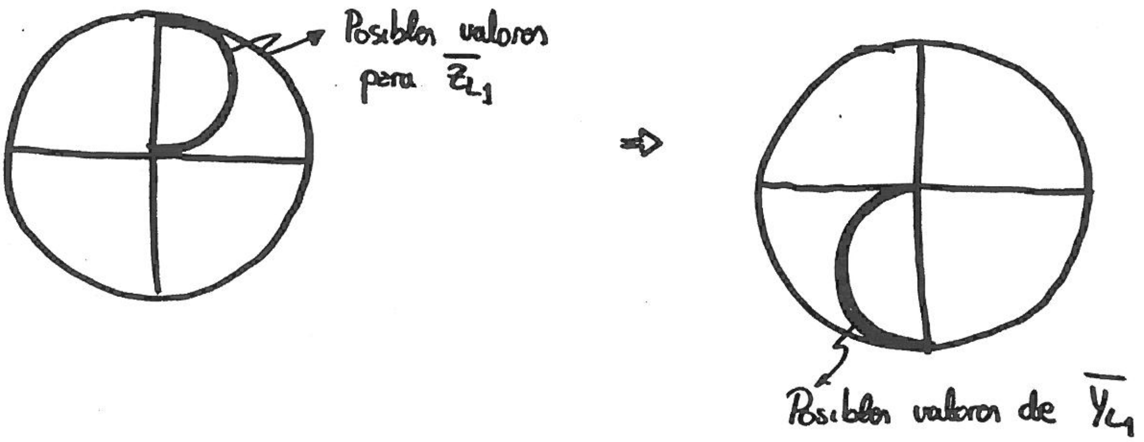
Por tanto la región prohibida para las admitancias $\overline{Y}_L$ son aquellas que tienen $\mathrm{Re}[\overline{Y}_L]>2$ y en impedancias:



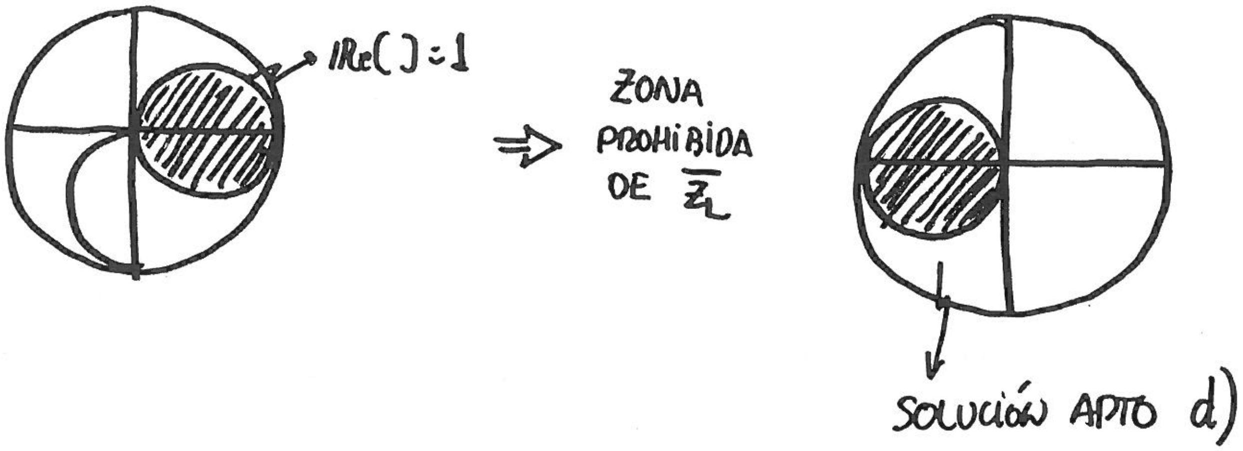
d) Tenemos el mismo esquema anterior pero con una bobina, y sabemos que :

$Z_{bobina} = j\omega L$ es decir imaginaria pura y positiva por tanto siguiendo un desarrollo análogo al anterior :





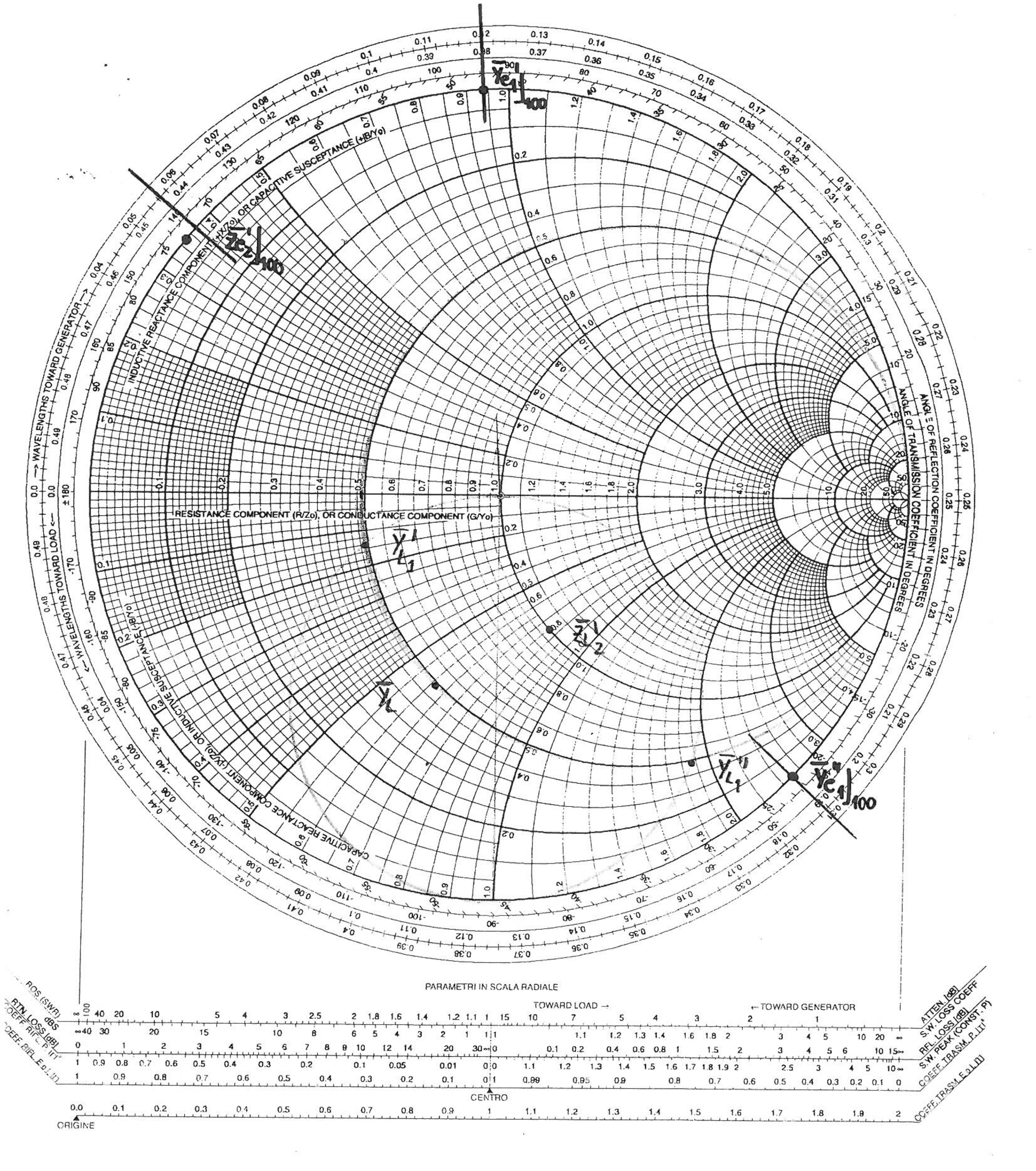
Por tanto la zona prohibida de $\overline{Y}_L$ es :



Carta di Smith

IEEE Student Branch dell'Università di Pavia

anno MMI

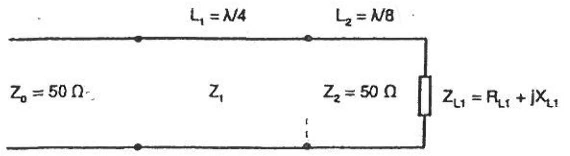


35

Problema 2007

PROBLEMA 1 (4 puntos).

Una carga $Z_{L1} = R_{L1} + jX_{L1}$ desconocida presenta una relación de onda estacionaria de SWR = 3 cuando se coloca al final de una línea de impedancia característica $Z_0 = 50\ \Omega$. Se consigue adaptar esta carga utilizando la siguiente configuración:



a) Calcule los posibles valores de la carga Z_{L1}
b) Calcule los valores de la impedancia característica Z_1 de la línea de longitud $\lambda/4$ para los que se consigue adaptar cada uno de los posibles valores de la carga Z_{L1}.

Una segunda carga $Z_{L2} = R_{L2}$ presenta una relación de onda estacionaria de SWR = 3 cuando se coloca al final de una línea de impedancia característica $Z_0 = 50\ \Omega$.

c) Calcule los posibles valores de la carga Z_{L2}
d) Calcule los valores de Z_1 y L_2 con los que se consigue adaptar cada uno de los posibles valores de la carga Z_{L2}, utilizando la misma configuración de la figura.

Una tercera carga $Z_{L3} = R_{L3} + jX_{L3}$ siendo $R_{L3} = 100\ \Omega$ presenta una relación de onda estacionaria de SWR = 3 cuando se coloca al final de una línea de impedancia característica $Z_0 = 50\ \Omega$.

e) Calcule los posibles valores de la carga Z_{L3}
f) Calcule los valores de Z_1 y L_2 con los que se consigue adaptar cada uno de los posibles valores de la carga Z_{L3}, utilizando la misma configuración de la figura.

Circunferencia radio 2.0

$\bar{Z}'_{L3}\big|_{50} = 2 + j1{,}3$

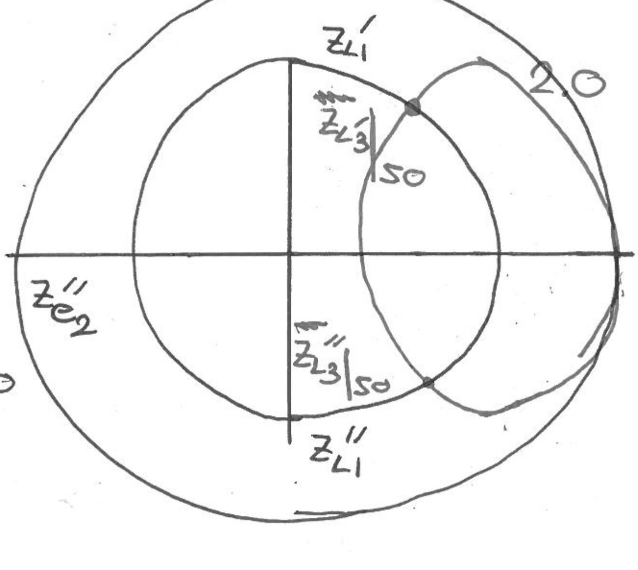
$\bar{Z}''_{L3}\big|_{50} = 2 - j1{,}3$

a) Desplazándonos desde $\bar{Z}e\big|_{50}$ $\frac{\lambda}{8}$ hacia carga encontramos los posibles valores de $\bar{Z}_{L1}\big|_{50}$

Solución

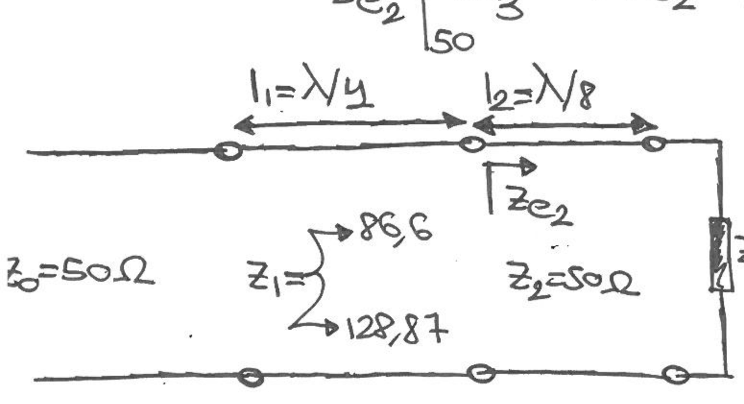
$\bar{Z}'_{L1}\big|_{50} = 0{,}6 + j0{,}8 \rightarrow Z'_{L1} = 30 + j40\ (\Omega)$

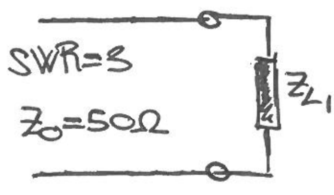
$\bar{Z}''_{L1}\big|_{50} = 0{,}6 - j0{,}8 \rightarrow Z''_{L1} = 30 - j40\ (\Omega)$



debe ser real, circunferencia $|\rho| =$ cte que $\bar{Z}_{L1}\big|_{50}$

$\bar{Z}e_2\big|_{50}$ son: $\begin{cases} \bar{Z}e'_2\big|_{50} = 3 \rightarrow Ze'_2 = 150\ \Omega \\ \bar{Z}e''_2\big|_{50} = \frac{1}{3} \rightarrow Ze''_2 = \frac{50}{3}\ \Omega \end{cases}$





b) Para adaptar con un $\lambda/4$ debe ser:

$$Z_1 = \sqrt{Z_{e2} \cdot 50} = \begin{cases} Z_1' = 50\sqrt{3} = 86{,}60\,\Omega \\ Z_1'' = \frac{50}{\sqrt{3}} = 128{,}87\,\Omega \end{cases}$$

→ La media geométrica de un $\lambda/4$ sólo se cumple cuando hay adaptación.

c) ¿Z_L? ¿$Z_L = R_{L2}$? están en $|\rho| = cte$ con $SWR = 3$

$Z_{L2}' = 150\,\Omega$

$Z_{L2}'' = \frac{50}{3}\,\Omega$

d) ¿Z_1 y L_2?

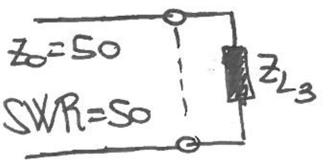
Con $Z_{L2}' = 150\,\Omega$ → Solución (1): $L_2' = \frac{\lambda}{2}$ y $Z_1 = 86{,}60\,\Omega$

→ Solución (2): $L_2' = \frac{\lambda}{4}$ y $Z_1 = 128{,}87\,\Omega$

Con $Z_{L2}'' = \frac{50}{3}\,\Omega$ → Solución (1): $L_2'' = \frac{\lambda}{2}$ y $Z_1 = 128{,}87\,\Omega$

→ Solución (2): $L_2'' = \frac{\lambda}{4}$ y $Z_1 = 86{,}60\,\Omega$

e) ¿$Z_{L3} = 100 + jX_{L3}$?



$$\overline{Z_{L3}}\Big|_{50} = 2 + j\frac{V_{L3}}{50} \begin{cases} \overline{Z_{L3}'}\Big|_{50} = 2 + j1{,}3 \rightarrow Z_{L3}' = 100 + j65\,\Omega \\ \overline{Z_{L3}''}\Big|_{50} = 2 - j1{,}3 \rightarrow Z_{L3}'' = 100 - j65\,\Omega \end{cases}$$

f) ¿Z_1 y L_2?

Con $Z_{L3}' = 100 + 65j\ (\Omega)$ → Solución 1: $L_2' = 0{,}04\lambda \rightarrow Z_1 = 86{,}60\,(\Omega)$

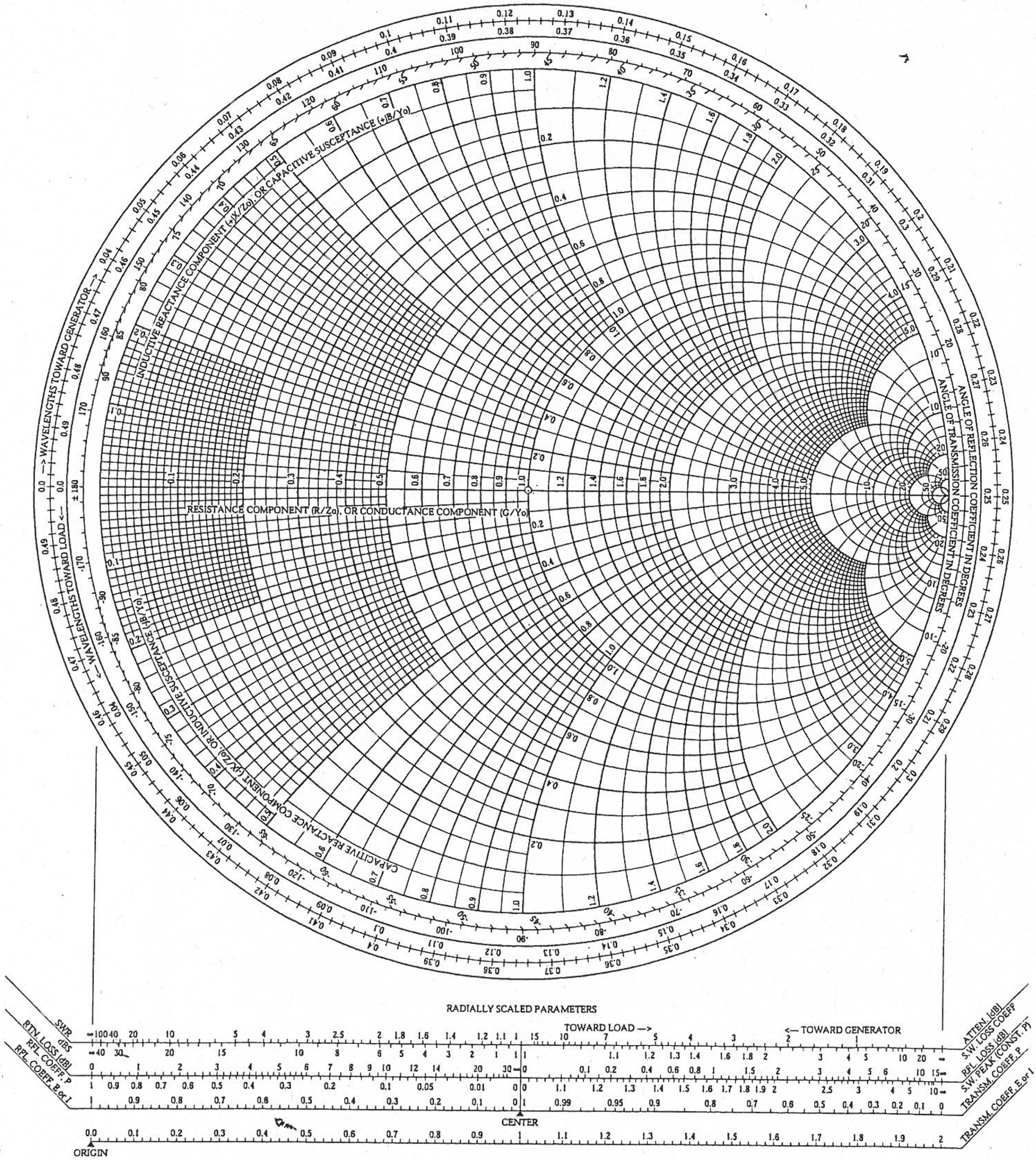
→ Solución 2: $L_2' = 0{,}04\lambda + 0{,}25\lambda = 0{,}29\lambda \rightarrow Z_1 = 128{,}87\,(\Omega)$

Con $Z_{L3}'' = 100 - j65\ (\Omega)$ → Solución 1: $L_2'' = (0{,}25 - 0{,}04)\lambda = 0{,}21\lambda \rightarrow Z_1 = 128{,}87\,(\Omega)$

→ Solución 2: $L_2'' = (0{,}21 + 0{,}25)\lambda = 0{,}46\lambda \rightarrow Z_1 = 86{,}60\,(\Omega)$

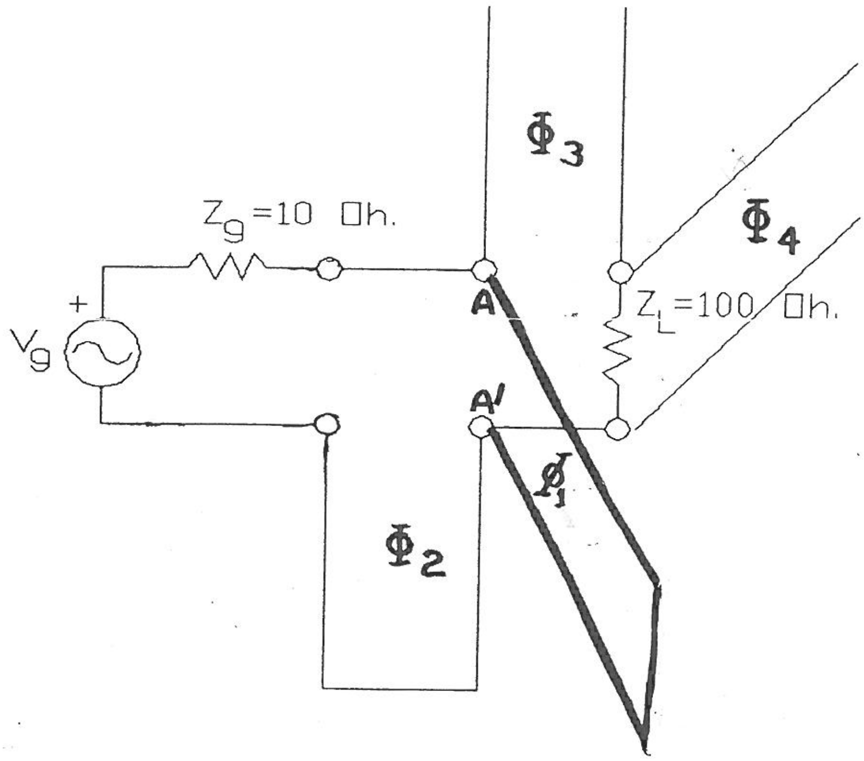
The Complete Smith Chart

Black Magic Design



PROBLEMA 2. (3 Ptos.)

En la estructura de la figura donde todas las líneas tienen una impedancia característica Z_o=50 Ω, calcule los valores de las longitudes eléctricas Φ_1, Φ_2 , Φ_3 y Φ_4 en grados que hacen que el generador entregue la máxima potencia disponible y que la impedancia vista a la derecha del plano de referencia A-A' sea $\sqrt{Z_g \cdot Z_L}$



63

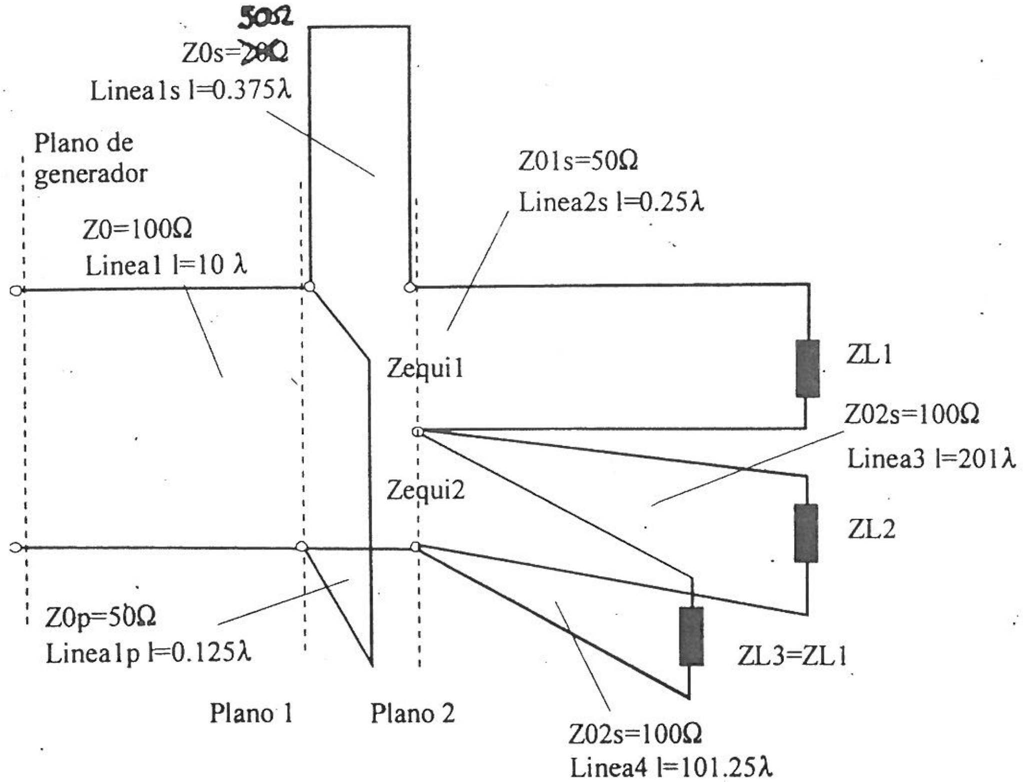
Examen Terrible

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AUDIOVISUAL
Y COMUNICACIONES**

**TRANSMISIÓN Y PROPAGACIÓN DE ONDAS I
SEPTIEMBRE 2004.**

PROBLEMA 1. (4.0 Ptos.)

Dado el circuito de la figura:



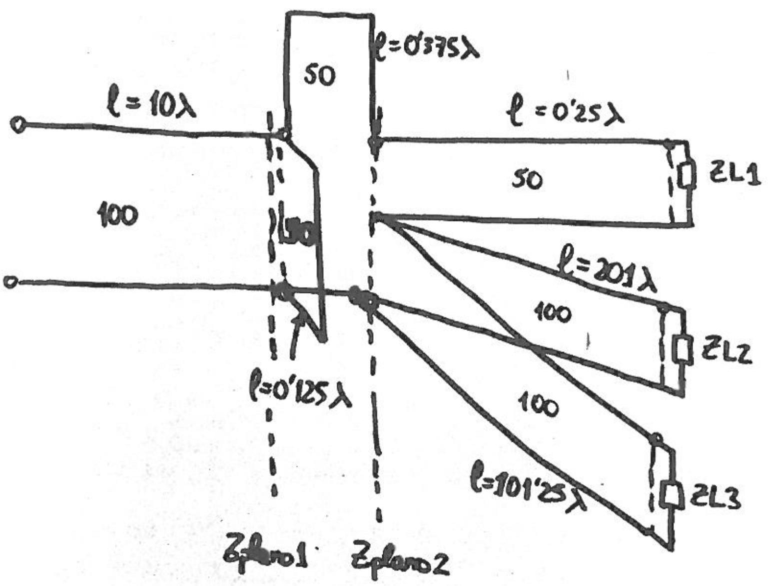
Conocida que la red esta perfectamente adaptada a 50 Ω y que la impedancia equivalente en el Plano 2, es la suma de dos impedancias complejas del mismo valor (Zequi1=Zequi2=Re+jIm) y además, tienen la parte real e imaginaria (Re=Im) del mismo valor para facilitar el cálculo. La impedancia equivalente 2 (Zequi2) se forma mediante el paralelo de dos líneas de impedancia característica 100 Ω (Líneas 3 y 4).

Se pide:

a) Calcular el valor de la impedancia ZL1=ZL3 y ZL2
b) Potencias disipadas en cada una de las cargas ZL1, ZL2 y ZL3. Si se inyecta una potencia en el plano de generador de -10dBm.
c) En el caso anterior y supuesto que solo la línea 1 tuviera pérdidas (α=0.6dB/λ) calcule las potencias disipadas en las cargas ZL1, ZL2 y ZL3. Calcule la impedancia vista en el plano de generador

37

PROB 1 SEPT 2004 (Pág 64)



DATOS:

* Red perfectamente adaptada a 50 Ω. ¡¡OJO!! que la línea principal es de 100 Ω.

* $Z_{plano2} = 2\, Z_{equi1} = 2\, Z_{equi2} = 2(R_e + j I_m)$ y $(R_e = I_m)$

$Z_{plano2} = 2 R_e (1+j)$

* Z_{equi2} es el paralelo de las líneas de 100 Ω terminadas en ZL2 y ZL3.

SOLUCIÓN:

a) Como la red está perfectamente adaptada a 50 Ω, SI VAMOS DE IZQUIERDA A DERECHA la Zplano1 vista hacia la izquierda es:

"conocida que la red está perfectamente adaptada a 50Ω"

$$\boxed{Z_{plano_1}} = 100 \cdot \frac{\overset{Z_{generador}}{50} + j\,100 \cdot tg\left(\frac{2\pi}{\lambda}\cdot 10\lambda\right)}{100 + j\,50 \cdot tg\left(\frac{2\pi}{\lambda}\cdot 10\lambda\right)} = \left\{ tg(20\pi) = 0 \right\} = \boxed{50\ (\Omega)}$$

$$Y_{plano_1} = \frac{1}{50}\ (\mho)$$

El sintonizador de la línea 1p (ver enunciado) presenta a su entrada una impedancia de valor:

$$Z_{in_{1p}} = 50 \cdot \frac{0 + j\,50 \cdot tg\left(\frac{2\pi}{\lambda}\cdot 0'125\lambda\right)}{50 + j\,0} = j\,50\ (\Omega)$$

Así pues: $Y_{in_{1p}} = -j\,\frac{1}{50}\ (\mho)$ y $Y_{plano_1} + Y_{in_{1p}} = \frac{1}{50}(1-j)\ (\mho)$

La impedancia asociada es la que hay que sumar a la impedancia de entrada de la línea 1,5' (ver enunciado) para conseguir la Z_{plano2} VISTA HACIA LA IZQUIERDA:

$$Z_{plano2\ \text{HACIA LA IZQUIERDA}} = Zin_{1S'} + \frac{1}{Y_{plano_1} + Yin_{1p}} = Zin_{1S'} + \frac{50}{(1-j)}\ ,(\Omega)$$

$$Zin_{1S'} = 50 \cdot \frac{0 + j\,50 \cdot tg\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot 0'375\lambda\right)}{50 + j0} = \left\{ tg(0'75\pi) = tg\left(\frac{3\pi}{4}\right) = -1 \right\} = -j\,50$$

Por tanto:

$$\boxed{Z_{plano2\ \text{HACIA LA IZQUIERDA}}} = -j50 + \frac{50}{(1-j)} = -j50 + \frac{50(1+j)}{(1-j)(1+j)} = -j50 + \frac{50(1+j)}{2} =$$

$$= \boxed{25 - j25}\ (\Omega)$$

<u>Para que exista adaptación</u>: $\boxed{Z_{plano2}} = \left(Z_{plano2\ \text{HACIA LA IZQUIERDA}}\right)^{\overset{\text{conjugado}}{*}} = \boxed{25 + j25}\ (\Omega)$

CUMPLE EL ENUNCIADO

Como $Z_{plano2} = Z_{equi_1} + Z_{equi_2}$ y $Z_{equi_1} = Z_{equi_2}$ tenemos que:

Pillada → 12,5 del //

- $Z_{equi_1} = 12'5(1+j) = 50 \cdot \dfrac{Z_{L_1} + j\,50 \cdot tg\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot 0'25\lambda\right)}{50 + j\,Z_{L_1} \cdot tg\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot 0'25\lambda\right)} = \dfrac{50^2}{Z_{L_1}}\ ,(\Omega) \Rightarrow$ → fórmula del $\lambda/4$.

$$Z_{L_1} = \frac{50^2}{12'5(1+j)} = \frac{50^2}{25}(1-j) = 100(1-j)\ ,(\Omega)$$

$$\boxed{Z_{L_1} = Z_{L_3} = 100(1-j)\ ,(\Omega)}$$

- Z_{equi_2} = paralelo de las líneas de 100 Ω terminadas en ZL2 y ZL3.

2→