



Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
de Telecomunicació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

DEPARTAMENT DE TEORIA DEL SENYAL I COMUNICACIONS

Radiació i Ones Guiades

23 de gener de 2007

Data notes provisionals: 29 de gener de 2007

Període d'al·legacions: 30 de gener de 2007

Data notes revisades: 31 de gener de 2007

Professors: José Luís Álvarez, Ignasi Corbella, Juan Pérez, Francisco Torres.

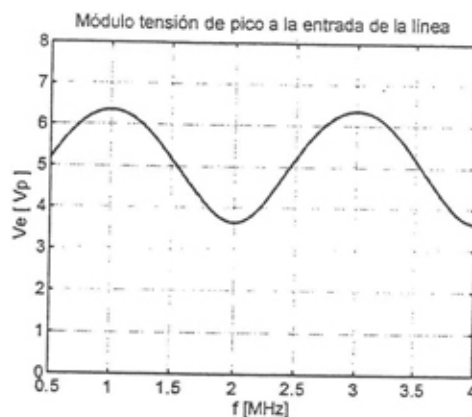
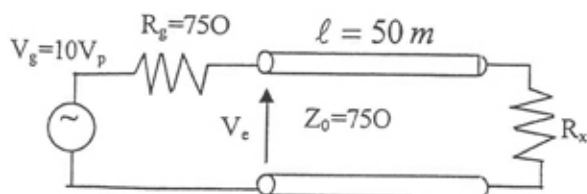
Informacions addicionals:

- Durada de la prova: 3 hores
- Cal realitzar només TRES dels quatre problemes proposats
- Comenci cada exercici en un full apart.

PROBLEMA 1

El circuit de la figura adjunta representa un muntatge similar al de la pràctica de RPS de laboratori. Se disposa de un generador de tensió de freqüència variable entre 0,5 MHz y 4 MHz, impedància interna $R_g = 75\Omega$ y tensió de pico en circuit obert $V_g = 10V_p$. El generador se ha connectat a un tramo de línia coaxial de impedància interna $Z_0 = 75\Omega$ y longitud $\ell = 50m$, acabada en una carga resistiva incògnita R_x . Para caracterizar el circuito, se mide la tensió de pico V_e a la entrada de la línia en funció de la freqüència (gràfica adjunta). La tensió de pico màxima y mínima que se miden son $V_{\max} = 6,36V_p$ y $V_{\min} = 3,64V_p$ respectivament. Si se considera que la atenuació de la línia coaxial es despreciable ($\alpha \approx 0$):

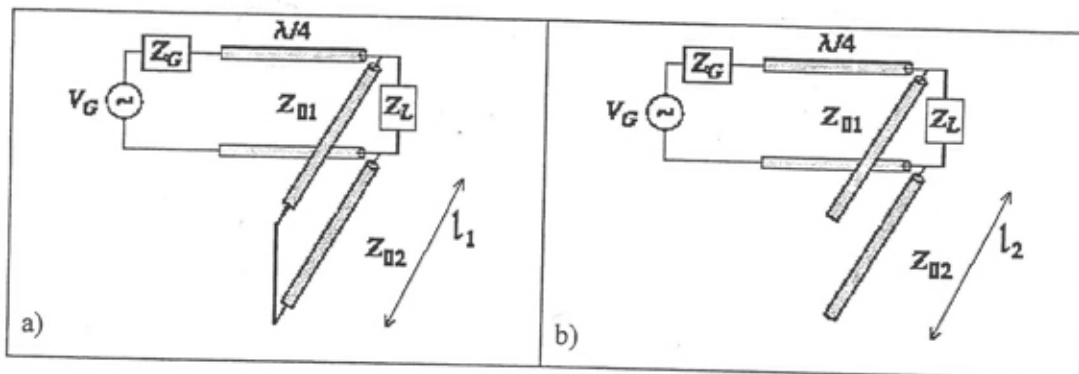
- Determinar la velocitat de propagació en la línia coaxial v_p [m/s], su capacitat por unidad de longitud C [pF/m] y su inductancia por unidad de longitud L [$\mu H/m$].
- Determinar el valor de la impedància resistiva incògnita R_x [Ω].
- Calcular la potencia entregada a la carga incògnita en dBm.
- Si en este apartado se tiene en cuenta que la atenuació de la línia coaxial es $A = 1dB/100m$, constante en el margen de frecuencias de trabajo, y se debe exclusivamente a las pérdidas en el dieléctrico, comprobar si la aproximación de pérdidas bajas es válida en dicho margen frecuencial.
- Si la carga incògnita R_x se substituye por un cortocircuito $R_x = 0$, calcular la tensió de pico V_e medida a la entrada de la línia a $f = 2$ MHz. Tenga en cuenta que la atenuació es $A = 1dB/100m$.



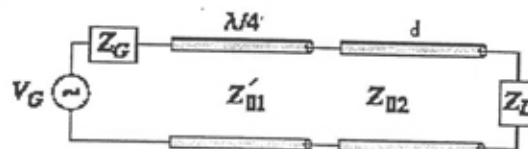
PROBLEMA 2

Se quiere diseñar una red adaptadora para un generador de impedancia $Z_G = 75 \Omega$ y voltaje $V_G = 12 \text{ V}_{\text{ef}}$ y una carga de impedancia $Z_L = 10 + j 20 \Omega$ como la de la figura adjunta. Esta consta de una línea de cuarto de onda de impedancia característica incógnita Z_{01} y un stub acabado en cortocircuito de impedancia característica $Z_{02} = 25 \Omega$. La frecuencia de trabajo del generador f_1 es de 1 GHz y el dieléctrico de las líneas de transmisión es el aire.

- Calcúlese la longitud l del stub en cm y el valor de Z_{01} para que la carga esté adaptada al generador.
- Supóngase ahora que el stub acaba en circuito abierto. En este caso calcúlese también la correspondiente longitud del mismo en cm.



- Para cada uno de los casos anteriores contemplados en los apartados a) y b), pero con el valor de la frecuencia duplicada ($f_2 = 2 f_1 = 2 \text{ GHz}$), calcúlese la ROE en la línea de impedancia característica de Z_{01} y la potencia disipada en la carga.
- Si se elimina el stub y se coloca un tramo de línea de $Z_{02} = 25 \Omega$ entre la línea de cuarto de onda y la carga, ¿qué longitud d mínima ha de tener dicho tramo de línea y qué valor de impedancia característica Z'_{01} ha de tener la línea de cuarto de onda para obtener adaptación entre la carga y el generador a frecuencia f_1 ?



PROBLEMA 3

Una guía rectangular de dimensiones $a = 2 \text{ cm}$ y $b = 1.25 \text{ cm}$, rellena de aire, se utiliza para alimentar una antena, que radia una señal con polarización lineal según \hat{y} . El generador, que está adaptado a la guía, inyecta una señal TE_{10} . Se mide el campo eléctrico en el interior de la guía, obteniéndose un valor eficaz máximo $E_{\text{max}} = 18 \text{ KV/m}$ y un valor eficaz mínimo $E_{\text{min}} = 6 \text{ KV/m}$. Nos situamos en la guía en una posición que corresponde a un mínimo del campo. Al sustituir la antena por una placa conductora, los dos nulos del campo más cercanos se encuentran a 10 mm hacia la antena y a 10 mm hacia el generador.

- ¿Cuál es el ancho de banda monomodo de la guía? Dar el resultado en GHz.
- ¿Cuál es la frecuencia de trabajo del generador?
- ¿Cuál es la impedancia normalizada equivalente (\bar{Z}_a) de la antena?

(continúa en la página siguiente)

- d) ¿Cuáles son las pérdidas de retorno (RL)? Dar el resultado en dB. Si el campo de ruptura del aire es $E_r=30.000$ V/m, ¿Cuáles la máxima potencia que el generador puede entregar a la antena?

Se utiliza un nuevo generador, cuya frecuencia de trabajo es $f = 13$ GHz. El generador inyecta en la guía una señal en los modos de propagación TE_{10} y TE_{01} con igual amplitud y fase, es decir, la polarización de la señal al inicio de la guía es $\hat{e}_s = (\hat{x} + \hat{y})/\sqrt{2}$. También se sustituye la antena, que ahora radía una señal con polarización lineal $\hat{e}_r = (\hat{x} - \hat{y})/\sqrt{2}$. Para conseguir la máxima transferencia de potencia entre la guía y la antena, la señal que viaja en la guía y la antena deben tener la misma polarización.

- e) ¿Qué longitud mínima (L) debe tener la guía para que haya acoplo total de polarización entre la señal que viaja en la guía y la señal que emite la antena?

$$\beta_{mn} = \sqrt{\left(\frac{\omega}{c}\right)^2 \epsilon_r - \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 - \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2}$$

$$Z_{TEmn} = \frac{\alpha \mu_0}{\beta_{mn}}$$

$$P_{TE10} = \frac{ab}{2} \frac{|E_0^+|^2}{Z_{TE10}}, \text{ donde } E_0^+ \text{ es el valor eficaz del campo eléctrico.}$$

PROBLEMA 4

La figura mostra una antena consistent en una obertura rectangular (botzina) amb il·luminació uniforme. Els camps a l'obertura ($|x| < A/2$, $|y| < B/2$, $z=0$) es poden considerar aproximadament com els d'una ona

TEM: $\vec{E}_0 = E_0 \hat{y}$; $\vec{H}_0 = -\frac{E_0}{\eta_0} \hat{x}$, essent E_0 una constant i $\eta_0=120\pi$. Els camps

per $z=0$ fora de l'obertura són nuls. En aquestes condicions, l'antena radia en el semiespai $z>0$ amb el màxim en la direcció de l'eix z .

- a) Trobeu una expressió que doni la potència total que travessa la obertura en la direcció $z>0$ en funció de l'amplitud de camp elèctric E_0 . Raoneu quina relació té aquesta potència amb la radiada per l'antena.

- b) Se sap que el camp elèctric de radiació en el pla $y=0$ respon a la següent expressió:

$$\vec{E}(r, \theta) = E_0 \frac{AB}{2\lambda r} (1 + \cos \theta) \text{sinc} \left(\frac{A}{\lambda} \sin \theta \right) \hat{y}$$

$$[\text{nota: } \text{sinc } x = \frac{\sin \pi x}{\pi x}]$$

on E_0 és l'amplitud del camp a l'obertura. Escriviu l'expressió del tall del diagrama de radiació en aquest mateix pla i obteniu l'ample de feix entre nuls. Indiqueu si aquest pla és el pla E o el pla H. Finalment, doneu una expressió per a la intensitat màxima de radiació K_{\max} .

- c) Deduïu les expressions exactes de la directivitat màxima, l'àrea efectiva i l'angle sòlid equivalent de l'antena en funció de A, B i λ .
- d) L'antena s'utilitza ara com a *receptora* en un sistema de comunicacions a 10 GHz. Si el camp elèctric de l'ona incident a l'obertura, *provinent del transmissor*, és $\vec{E}_i = 3\hat{x} + 4\hat{y}$ mV/m, calculeu el coeficient de desacoblament de polarització en dB. Calculeu també la potència captada per l'antena si $A=50$ cm i $B=30$ cm.
- e) Suposant que la temperatura d'antena és 250K, el factor de soroll del receptor de 5dB i l'ample de banda de soroll de 300MHz, calculeu la relació senyal soroll del sistema en dB.

$$[k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K; } T_0=290 \text{ K}]$$

