

Introduction aux microondes et antennes : test1

4.11.2024 8:15-10:00

Documents autorisés: Polycopié, copies de slides

Problème 1

On utilise un guide d'onde de section carrée rempli d'air et ayant une dimension $a=b=5\text{cm}$ pour transmettre un signal d'une fréquence de 6.2 GHz. Combien de modes TE peuvent-ils se propager à cette fréquence? Pour chaque mode, quel est le temps que prends une impulsion modulée ayant une porteuse à 6.2GHz pour parcourir une distance de 100m dans le guide ?

$f_c(\text{TE}_{10}) = f_c(\text{TE}_{01}) = 3\text{ GHz}$ ce mode se propage

$f_c(\text{TE}_{11}) = 4.243\text{ GHz}$ ce mode se propage

$f_c(\text{TE}_{20}) = f_c(\text{TE}_{02}) = 6\text{ GHz}$ ce mode se propage

$f_c(\text{TE}_{21}) = f_c(\text{TE}_{12}) = 6.708\text{ GHz}$ ce mode ne se propage pas)

Il y a donc cinq modes TE qui se propagent.

Pour trouver le temps de propagation d'une impulsion modulée, il faut trouver la vitesse de groupe:

$v_g = c_0 \sqrt{1 - (pc_0/\omega)^2} = c_0 \sqrt{1 - (f_c/f)^2}$ et le temps de parcours est donné par :

$$t = \frac{l}{v_g} = \frac{l}{c_0 \sqrt{1 - (f_c/f)^2}} = \frac{100}{3 \cdot 10^8 \sqrt{1 - (f_c/6)^2}} = \frac{33,333 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{1 - (f_c/6.2)^2}} \text{ s} = \frac{333,33}{\sqrt{1 - (f_c/6.2)^2}} \text{ ns}$$

Pour les 5 modes qui se propagent, on a donc

$$t_{10}^{\text{TE}} = t_{10}^{\text{TE}} = \frac{333,33}{\sqrt{1 - (3/6.2)^2}} = 380.89 \text{ ns}$$

$$t_{11}^{\text{TE}} = \frac{333,33}{\sqrt{1 - (4,24/6)^2}} = 456.86 \text{ ns}$$

$$t_{20}^{\text{TE}} = t_{02}^{\text{TE}} = \frac{333,33}{\sqrt{1 - (6/6.2)^2}} = 1323 \text{ ns}$$

On note que le temps de parcours est très différent pour les modes, et que le signal est plus lent pour un mode proche de la fréquence de coupure.

Problème 2

Pour regarder dans une cavité industrielle où on fait croître des diamants industriels à l'aide d'un signal microonde à 6 GHz, on fait un petit trou circulaire dans une paroi de cette cavité. Pour atténuer que l'énergie microonde qui s'échappe par ce trou, on y soude un tube cylindrique creux d'une longueur de 10cm. Quelle devra être le diamètre de ce cylindre, si on souhaite une atténuation d'un facteur 10^6 du champ électrique sur la longueur du tube?

$$\text{Nous voulons } e^{-\alpha z} < 10^{-6} \text{ pour } z=0.1, \text{ donc } \alpha > 138 \text{ Np} / m.$$

De plus,

$$\alpha = k_c \sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^2} \text{ avec}$$

$$k_c = \frac{p'_{11}}{a} \text{ et } \omega_c = \frac{p'_{11}}{a \sqrt{\epsilon \mu}} = \frac{p'_{11} c}{a}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 [m / s] : \text{ vitesse de la lumière}$$

Donc $a \leq 9.9 \text{ mm}$

Problème 3

Une ligne microruban ayant une impédance caractéristique $Z_c = 50 \Omega$, imprimée sur un substrat diélectrique sans pertes ayant une permittivité relative $\epsilon_r = 4.5$ a une largeur de 2mm.

- Quelle serait l'impédance caractéristique d'une ligne ayant la moitié de cette largeur ?
- A quelle fréquence la ligne de 50Ω devient elle dispersive ? At which frequency will the 50Ω line begin to become dispersive?
- On utilise la ligne de 50Ω pour connecter un générateur de 10W (adapté à la ligne) a une antenne ayant une impédance de $60 - j20 \Omega$. Quelle sera la puissance rayonnée par l'antenne que l'on suppose sans pertes ?

On cherche d'abord le rapport

$$\frac{w}{h} = 1.8778$$

donc

$$h = 1.0651 \text{ mm}$$

On obtient la permittivité effective

$$\varepsilon_{e2} = 3.22$$

$$Z_{c2} = 72.47 \Omega$$

La ligne devient dispersive pour une fréquence donnée par

$$f < f_p = \frac{Z_c}{2h\mu_o} = \frac{50}{2 \cdot 1.0651 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}} = 18 \text{ GHz}$$

$$\rho = \left| \frac{Z_l - Z_c}{Z_l + Z_c} \right| = \left| \frac{60 - j20 - 50}{60 - j20 + 50} \right| = \left| \frac{10 - j20}{110 - j20} \right| = 0.2$$

donc

$$P = P_{in} (1 - \rho^2) = 10 * 0.96 = 9.6 \text{ W}$$