



M2-S1-Télécom option Systèmes de Télécoms

Janvier 2018

Matière: TS922-Partie I : Composants passifs microondes

Examen

Durée : 1H

Problème:

Considérons un quadripôle linéaire caractérisé par sa matrice $[S]$. Nous supposons que ce quadripôle est unilatéral ($S_{12} \approx 0$). Ce quadripôle est relié d'une part à une source d'impédance interne Z_g et d'autre part à une charge Z_r , par l'intermédiaire de deux tronçons de ligne sans pertes, caractérisé chacun par une longueur L et une impédance caractéristique Z_c .

1/ Calculer les termes de la matrice $[S']$ du dispositif formé par le quadripôle et les deux tronçons de lignes. Schématiser à l'aide d'un graphe de fluence ce circuit, lorsque seul le générateur est adapté au tronçon de ligne d'entrée.

2/ Calculer la puissance utile P transmise à la charge, en fonction des paramètres S , de la puissance $|a_1|^2$ délivrée par le générateur et du coefficient de réflexion τ_r au niveau de la charge.

3/ On appelle gain en puissance composite ou gain transducique, le rapport de la puissance utile P transmise à la charge sur la puissance maximale que le générateur peut délivrer s'il est adapté à la ligne d'entrée. Calculer ce gain G en fonction des paramètres S et du coefficient de réflexion τ_r de la charge.

4/ Montrer que G peut se mettre sous la forme $G = G_0 \times G_2$; G_0 est le gain interne traduisant le transfert d'énergie à l'intérieur du quadripôle; G_2 est le gain en puissance entre la charge et la sortie du quadripôle.

5/ A 500MHz, on a trouvé pour le dispositif formé par le quadripôle et les deux tronçons de ligne, caractérisé chacun par une longueur L et une impédance caractéristique $Z_c = 50\Omega$;

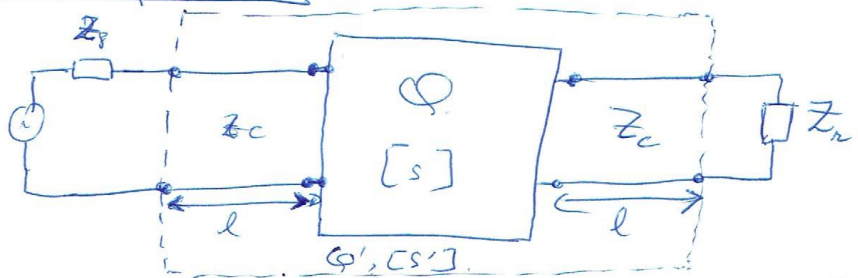
$$S_{11} = 0,7 \exp(-j\pi/2) ; S_{21} = 2 ; S_{22} = 0,7 \exp(-j\pi/2) ; S_{12} \approx 0.$$

a/ Calculer G_{\max}

b/ Calculer ce gain dans le cas où la charge est adaptée au tronçon de ligne assurant sa liaison au quadripôle. Quelle conclusion tirez-vous?



Solution du problème :



1/ Le quadripôle est représenté par sa matrice $[S] = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix}$

La matrice $[S']$ du quadripôle formé par le dispositif Φ et les deux tronçons de ligne de longueur l et d'impédance caractéristique Z_c , est :

$$[S'] = \begin{bmatrix} S_{11} e^{2j\varphi_1} & S_{12} e^{+j(\varphi_1 + \varphi_2)} \\ S_{21} e^{+j(\varphi_1 + \varphi_2)} & S_{22} e^{2j\varphi_2} \end{bmatrix}$$

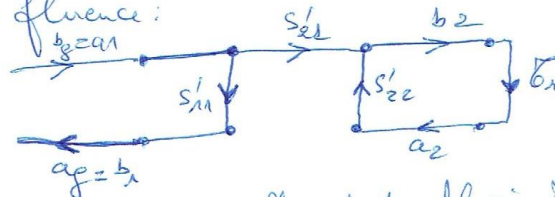
avec $\varphi_1 = \beta l = -\beta |l|$; $\varphi_2 = \beta l = -\beta |l|$

$\Rightarrow \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi = -\beta |l|$

$$\Rightarrow [S'] = \begin{bmatrix} S_{11} e^{2j\varphi} & S_{12} e^{2j\varphi} \\ S_{21} e^{2j\varphi} & S_{22} e^{2j\varphi} \end{bmatrix}$$

or $S_{12} \approx 0 \Rightarrow [S'] = \begin{bmatrix} S_{11} e^{2j\varphi} & 0 \\ S_{21} e^{2j\varphi} & S_{22} e^{2j\varphi} \end{bmatrix}$

Graphes de fluence :



* La charge représente un coefficient de réflexion $\Gamma_r = \frac{Z_r - Z_c}{Z_r + Z_c} = \frac{a_2}{b_2}$

* Le générateur est adapté à l'entrée d'impédance Z_c , donc

$$Z_g = Z_c \Rightarrow \Gamma_g = \frac{Z_g - Z_c}{Z_g + Z_c} = \frac{a_g}{b_g} = 0$$



2/ Calcul de la puissance utile transmise à la charge.

$$P = |b_2|^2 - |a_2|^2 = |b_2|^2 \left(1 - \frac{|a_2|^2}{|b_2|^2}\right) = |b_2|^2 (1 - |\Gamma_L|^2)$$

A partir du graphe de fluence, on a :

$$b_2 = S'_{21} a_1 + S'_{22} a_2 \quad \text{or} \quad a_2 = \Gamma_L b_2$$

$$\Rightarrow b_2 = S'_{21} a_1 + S'_{22} \Gamma_L b_2 = S'_{21} a_1$$

$$\Rightarrow b_2 = \frac{S'_{21} a_1}{1 - S'_{22} \Gamma_L}$$

$$\text{or} \quad a_1 = b_g \quad \text{car} \quad \Gamma_g = 0$$

$$\Rightarrow |b_2|^2 = \frac{|S'_{21}|^2 |b_g|^2}{|1 - S'_{22} \Gamma_L|^2} = \frac{|S'_{21}|^2 |a_1|^2}{|1 - S'_{22} \Gamma_L|^2}$$

avec $P_a = |b_g|^2 = |a_1|^2$ = la puissance maximale que le générateur peut délivrer s'il est adapté.

D'où la puissance utile transmise à la charge est :

$$P = \frac{|a_1|^2 (1 - |\Gamma_L|^2) |S'_{21}|^2}{|1 - S'_{22} \Gamma_L|^2}$$

3/ Le gain composite ou transductique est de :

$$G_T = \frac{P}{|b_g|^2} = \frac{P}{|a_1|^2} = \frac{|S'_{21}|^2 (1 - |\Gamma_L|^2)}{|1 - S'_{22} \Gamma_L|^2}$$



4/ Le gain peut se mettre sous la forme: $G = G_0 \times G_2$.

tel que $G_0 = |S'_{21}|^2$ = gain interne traduisant le transfert d'énergie à l'intérieur du quadripôle Q .

et $G_2 = \frac{(1 - |\Gamma_r|^2)}{|1 - S'_{22} \Gamma_r|^2}$ traduisant le gain à la sortie du quadripôle Q .

G_{2max} est obtenue lorsqu'il y'a adaptation parfaite à la sortie du quadripôle, c.à.d. $\Gamma_r = S'_{22}^*$.

$$\Rightarrow G_{2max} = \frac{1}{(1 - |S'_{22}|^2)}$$

$$5/ \text{D'où } G_{nat} = G_0 \times G_{2max} = |S'_{21}|^2 \cdot \frac{1}{(1 - |S'_{22}|^2)}$$

a/ A.N: $G_{max} = 4 \cdot \frac{1}{1 - 0,5} = \frac{4}{0,5} = 8$.

$$\Rightarrow G_{max} \leq 9 \text{ dB}$$

b/ Dans le cas où le générateur et la charge sont adaptés aux tronçons de lignes d'impédance Z_c , on a $\Gamma_g = \Gamma_c = 0 \Rightarrow G_2 = 1$

$$\text{D'où } G_{max} = 4 \Rightarrow G_{2max} = 6 \text{ dB}$$

Conclusion: On constate des applications numériques (a) et (b) que le gain en présence d'adaptation du générateur et la charge aux tronçons de ligne est inférieur à celui donné par l'adaptation du générateur et la charge au quadripôle. La meilleure adaptation est celle donnant le gain maximum.