

Série d'exercices n°4 : La modulation angulaire

Exercice 1

On donne l'expression d'un signal modulé en fréquence :

$$s(t) = 10\cos(6283200t - 5\cos(3141t))$$

Déterminer :

1. L'expression de sa fréquence instantanée.
2. La fréquence porteuse et la fréquence du signal modulant.
3. L'excursion en fréquence.
4. L'indice de modulation.
5. L'allure du spectre du signal modulé.
6. Sa largeur de bande.
7. Sa puissance lorsqu'il passe par une antenne ayant une impédance de 50Ω .

Exercice 2

Calculer la largeur de bande d'un signal FM si :

1. L'indice de modulation est 0.2 et la fréquence de signal modulant est 10KHz.
2. L'indice de modulation est 6 et la fréquence de signal modulant est 10KHz.
3. L'indice de modulation est 30 et la fréquence de signal modulant est 1.5KHz.

Exercice 3

Soit une porteuse : $s(t) = 5\cos(2\pi \cdot 450 \cdot 10^3 t)$. On module $s(t)$ en fréquence par :

$$b(t) = B\cos(6\pi \cdot 10^3 t), \text{ avec un indice de modulation } m=1.$$

1. Trouver la valeur de l'amplitude de signal modulant si ce signal est amplifié par 1000 fois avant modulation.
2. Calculer la fréquence instantanée de signal S_{FM} , puis en déduire son expression.

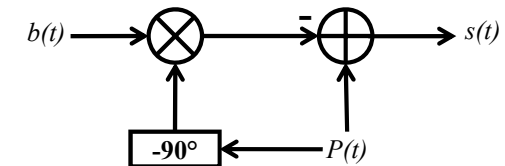
3. Calculer la fréquence maximale, la fréquence minimale, l'excursion maximale en fréquence, et la bande passante de S_{FM} .
4. Tracer le spectre de signal FM.

Pour démoduler $s(t)$, on utilise la partie linéaire de la pente de réponse d'un filtre passe bande. Sachant que le gain de circuit est 0.8 à 500KHz, et 0.6 à 400 KHz.



5. Trouver l'expression de la partie linéaire de la réponse de ce filtre.
6. On applique à l'entrée de ce filtre le signal $s(t)$, déterminer l'expression de la sortie $m(t)$. Comment faire pour démoduler le signal et restituer $b(t)$?

Exercice 4



Pour le modulateur d'Armstrong montré par la figure suivante, on donne :
 $b(t) = 0.2 \cos \pi 10^3 t$ et $p(t) = \cos 2\pi 10^7 t$

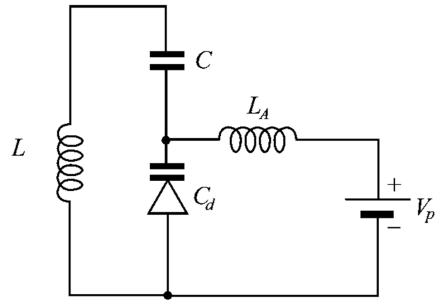
1. Calculer $s(t)$ et montrer qu'il est modulé en phase. Donner la fréquence porteuse.
2. Calculer l'indice de modulation et la déviation max en fréquence.
3. Proposer un montage pour transformer ce modulateur en un modulateur de fréquence.

Exercice 5

On considère un oscillateur à base d'une diode à capacité variable. La diode varicap se comporte comme un condensateur de capacité :

$$C_d = \frac{k}{\sqrt{V_0 + V_p}}$$

Avec : k et V_0 sont des constantes et V_p est la tension de polarisation de la diode.



On donne :

L'expression de la fréquence de d'oscillation de ce circuit :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C//C_d)}}$$

Et : $L = 0,32 \mu\text{H}$, $C = 10\,000 \text{ pF}$, $V_0 = 0,36 \text{ V}$, $k = 9 \cdot 10^{-10}$.

1. Exprimer la fréquence d'oscillation f_0 du circuit et montrer qu'elle se met sous

la forme : $f_0(V_p) = A\sqrt{B + \sqrt{D + V_p}}$. Donner les valeurs de A, B et D.

2. Déterminer la valeur de V_p pour avoir une fréquence $f_0 = 15 \text{ MHz}$.

La tension V_p est la somme d'une tension continue $V = 7 \text{ V}$ et d'une tension sinusoïdale $v(t)$ d'amplitude $V_m = 0,2 \text{ V}$ et de fréquence $f_m = 20 \text{ kHz}$.

3. Montrer que l'oscillateur est modulé en fréquence. Donner la fréquence de la porteuse.

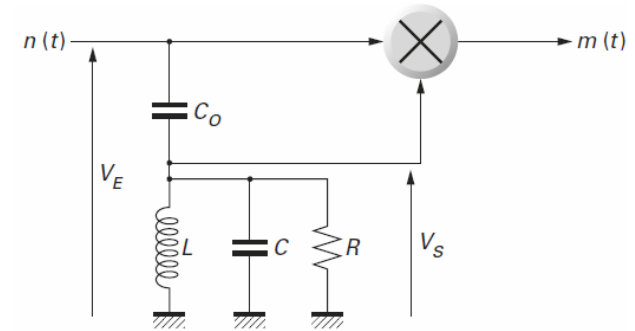
4. Déterminer l'indice de modulation du signal FM obtenu, ainsi que la bande passante nécessaire pour transmettre ce signal.

Exercice 6

Le circuit suivant est composé par un réseau déphaseur et un comparateur de phase.

On donne la fréquence de résonance du déphaseur :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C + C_0)}}$$



1. Calculer la fonction de transfert $H(f) = V_S/V_E$ de circuit déphaseur et montrer que sa phase s'écrit sous la forme $\varphi = -\frac{\pi}{2} + \alpha \cdot (f_0 - f)$, si f est proche de f_0 avec : α est une constante à déterminer.
2. Si $n(t)$ est un signal FM, trouver l'expression du signal $m(t)$ à la sortie du multiplieur. Qu'est-ce qu'il faut ajouter à ce circuit pour démoduler $n(t)$.

Coefficients de Bessel

Les valeurs numériques des coefficients de Bessel J_n pour certaines valeurs de m .

m	J0	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16
0	1																
0.25	0.98	0.12															
0.5	0.94	0.24	0.03														
1	0.77	0.44	0.11	0.02													
1.5	0.51	0.56	0.23	0.06	0.01												
2	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03												
2.5	-0.05	0.5	0.45	0.22	0.07	0.02											
3	-0.26	0.34	0.49	0.31	0.13	0.04	0.01										
4	-0.4	-0.07	0.36	0.43	0.28	0.13	0.05	0.02									
5	-0.18	-0.33	0.05	0.36	0.39	0.26	0.13	0.05	0.02								
6	0.15	-0.28	-0.24	0.11	0.36	0.36	0.25	0.13	0.06	0.02							
7	0.3	0	-0.30	-0.17	0.16	0.35	0.34	0.23	0.13	0.06	0.02						
8	0.17	0.23	-0.11	-0.29	-0.10	0.19	0.34	0.32	0.22	0.13	0.06	0.03					
9	-0.09	0.24	0.14	-0.18	-0.27	-0.06	0.2	0.33	0.30	0.21	0.12	0.06	0.03	0.01			
10	-0.25	0.04	0.25	0.06	-0.22	-0.23	-0.01	0.22	0.31	0.29	0.20	0.12	0.06	0.03	0.01		
12	-0.05	-0.22	-0.08	0.20	0.18	-0.07	-0.24	-0.17	0.05	0.23	0.30	0.27	0.20	0.12	0.07	0.03	0.01
15	-0.01	0.21	0.04	0.19	-0.12	0.13	0.21	0.03	-0.17	-0.22	-0.09	0.10	0.24	0.28	0.25	0.18	0.12