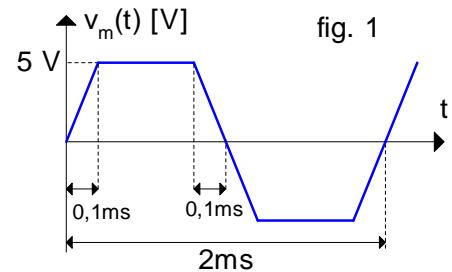


**TEMA: Modulación en Ángulo**

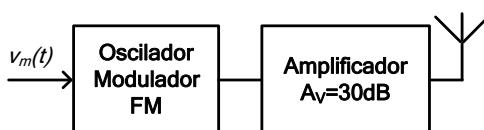
1.- Un modulador de fase que tiene una frecuencia central  $f_c = 15 \text{ MHz}$ , es modulado por la señal  $v_m(t)$  mostrada en la figura (2). La máxima desviación de fase es  $\Delta\theta = 75^\circ$ . a) ¿Qué valor tienen  $k_p$  y  $m_p$ ? b) Dibuje los diagramas de  $\theta(t)$  y  $f(t)$  para la moduladora de la figura 1. c) Repita el punto anterior para una moduladora  $v_m(t) = 3\cos(2\pi 15000 t)[V]$ . d) Proponga una solución para transformar el modulador de PM en uno de FM. Justifique sus respuestas.



2.- Una señal modulada en ángulo, está representada por  $v(t) = 15\cos(2\pi 10,7 \cdot 10^6 t + 6\cos 2\pi 10^3 t)[V]$  cuando es modulada por una señal  $V_m(t) = 500 [\text{mV}]$ . Suponiendo que la señal representa una señal modulada en fase o en frecuencia, completar la tabla incluyendo las unidades de cada uno de los parámetros.

	PM		FM	
	$f_m$	$f_m/2$	$f_m$	$f_m/2$
$\Delta f$				
$\Delta\theta$				
$K$				

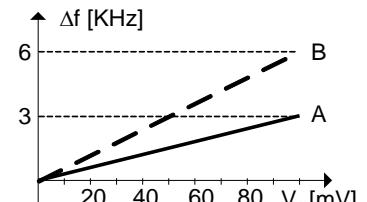
3.- Un modulador de FM entrega a una carga de  $50 \Omega$  la señal  $v(t) = 3,5 \cos [2\pi 10,7 \cdot 10^6 t + 1 \cos (2\pi 10^4 t)][V]$ . a) Calcule los valores de  $f_c$ ,  $f_m$  y  $m_f$  b) ¿Cuál es la potencia sobre la carga? c) ¿Cuánto valen  $\Delta f$  y  $\Delta\theta$  (en grados)? d) Utilizando un simulador obtenga el espectro de la señal. e) ¿Qué ancho de banda asignaría para este ejemplo? f) Suponga que  $m_f = 80$  y con el simulador obtenga las gráficas de  $v_{FM}(t)$ ,  $f(t)$ ,  $\phi(t)$  y  $\theta(t)$ .



4.- La señal  $v_m(t) = 0,5 \cos (2\pi 2000 t)[V]$  es introducida a un modulador de FM y produce la señal de salida es  $v_{FM}(t) = 6 \cos [2\pi 89,3 \cdot 10^6 t + 15 \cos (2\pi 2000 t)][V]$ . a) Calcule la sensibilidad del modulador. b) Escriba la expresión de la tensión en antena. c) Si la antena es de  $50 \Omega$ , calcule la potencia que se desarrolla sobre la misma. d) Si la señal moduladora cambia a  $v_m(t) = 1,5 \cos (2\pi 1000 t)[V]$ , calcule la potencia que se desarrolla sobre la carga para esta nueva situación.

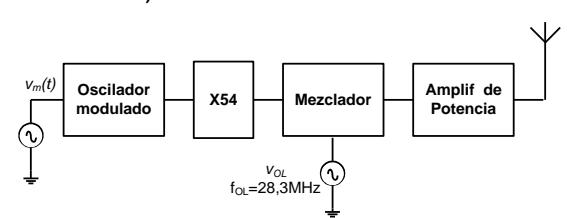
5.- Un modulador de FM entrega 25 W de potencia a una carga de  $50 \Omega$ . Si el modulador, que tiene  $k_\omega = 9420 \text{ rad/V}$  genera una portadora de  $10,7 \text{ MHz}$ , es modulado por  $v_m(t) = 2 \cos(2\pi 2000 t)[V]$ . a) Calcule el valor de  $m_f$  de la señal modulada. b) Escriba la expresión de la señal de salida. c) Calcule los valores de las frecuencias instantáneas máxima y mínima a la salida del modulador. d) Calcule  $\Delta\theta_{\max}$  (en grados). e) Utilizando un simulador obtenga el espectro de la señal. f) ¿Qué ancho de banda asignaría para este ejemplo? g) Modifique su moduladora para que  $\Delta\theta_{\max} = 3600$  grados, con el simulador obtenga  $v_{FM}(t)$ ,  $f(t)$ ,  $\phi(t)$  y  $\theta(t)$ .

6.- Un modulador de PM es ensayado, como resultado se obtiene la curva (A) de la figura. a) Si un segundo ensayo da por respuesta la curva (B) ¿qué causas podrían originar este resultado?



7.- Un transmisor comercial de FM tiene una frecuencia central a la salida de  $106,7 \text{ MHz}$

MHz y  $\Delta f = 60 \text{ KHz}$ , cuando es modulado con una señal de  $2 \text{ V}$  de amplitud y  $2,5 \text{ KHz}$  de frecuencia. a) Calcule la frecuencia central, desviación de frecuencia, índice de modulación a la salida de cada bloque. (Sugerencia: realice un cuadro de valores) b) Determine el valor de la sensibilidad a la salida del modulador c) Calcule el ancho de banda de la señal y el número de bandas laterales significativas d) Calcule la máxima tensión moduladora permitida.



**8.-** Para el problema anterior diseñe un circuito de preéñfasis. b) Muestre los resultados de su diseño usando un simulador.

### Problemas propuestos

**1.-** De que depende la desviación instantánea de frecuencia en un transmisor de FM y en uno de PM? a) Escriba las expresiones respectivas. b) Grafíquelas en función de  $f_m$  y de  $V_m$ .

**2.-** ¿Cuáles son los valores mínimos y máximos que tiene  $m_f$  en un transmisor de FM que transmite en la banda comercial?

**3.-** Un modulador de fase que tiene una frecuencia central  $f_c = 15$  MHz, es modulado por la señal  $v_{m1}(t) = 3 \cos(2\pi 1000 t)$ . La máxima desviación de fase es  $\Delta\theta = \pi/4$ . a) Calcule  $k_p$  y  $m_p$ . b) Dibuje los diagramas de  $\theta$  y  $f$  en función del tiempo para esa señal moduladora. c) Repita los apartados a) y b) para  $v_{m2}(t) = 1,5 \cos 12560 t$ . d) Dibuje cualitativamente la señal  $v_{PM}(t)$  en función del tiempo para dos ciclos de  $v_{m1}(t)$ .

**4.-** ¿Qué ventajas y desventajas presenta una comunicación de FM comparada otra de AM?

**5.-** Un modulador de frecuencia que tiene una frecuencia central  $f_c = 12$  MHz, es modulado por la señal  $v_m(t)$  mostrada en la fig 1 del problema 1. La máxima desviación de frecuencia es  $\Delta f = 10$  KHz. a) ¿Qué valor tiene  $k_f$ ? b) Dibuje los diagramas de  $f$  y  $\theta$  en función del tiempo para la moduladora de la figura 1. c) Idem para  $v_m(t) = 2 \cos(62800 t)$ .

### Bibliografía

- "Sistemas Electrónicos de Comunicaciones", Blake Roy, segunda edición Thomson,
- "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas", Tomasi Waine, segunda edición, Prentice Hall,
- "Sistemas Electrónicos de Comunicaciones", Frenzel Louis, Alfaomega,
- "Solid State Radio Engineering", Kraus-Bostian-Raab, John Wiley & Sons.
- "Electronic Fundamentals And Applications", Ryder John D , fourth edition, Prentice Hall, Inc.
- Apuntes de clase.

-Página de Cátedra - <http://catedras.facet.unt.edu.ar/ft>