

PRÁCTICA 3

MODULACIÓN AM

ÍNDICE

| | |
|------------------------------|---|
| 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS..... | 3 |
| 2. MEDIDAS | 6 |

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El proceso de modulación consiste básicamente en trasladar una señal de información banda base (considerada de baja frecuencia) a una señal paso banda (normalmente de alta frecuencia) con el fin de poder transmitir mejor esa información en determinados medios de transmisión: cables o radiocomunicaciones. El procedimiento utilizado hasta ahora para poder realizar esto, consiste en modificar algún parámetro de una señal sinusoidal denominada **portadora** (“carrier”).

La ecuación de la señal sinusoidal portadora es la siguiente:

$$c(t) = A_c \cdot \cos(\omega_c t + \varphi) = A_c \cdot \cos(2\pi f_c t + \varphi)$$

Observando la ecuación anterior podemos observar que sólo podemos variar el valor de la amplitud, la frecuencia o la fase de la señal portadora. En función del parámetro que modifiquemos para incorporar la señal de información y para señales de información analógicas, obtenemos las modulaciones de amplitud (AM) de frecuencia (FM) y de fase (PM). La señal de información $x(t)$ que pretendemos transmitir se denomina **moduladora**. La señal mezcla de las dos anteriores se denomina **señal modulada**.

Si consideramos una señal moduladora normalizada $x_n(t)$, de valor medio cero y valor de pico 1 voltio, la señal modulada en amplitud sería de la forma:

$$y(t) = A \cdot [1 + m \cdot x_n(t)] \cdot \cos(\omega_c t + \varphi)$$

En vez de multiplicar directamente la señal portadora por la moduladora, la forma de realizarlo anterior permite introducir un parámetro de control de la profundidad de modulación, y mantener la señal portadora en ausencia de señal moduladora. Este parámetro **m** se denomina: **índice de modulación**.

Para poder recuperar en recepción la señal moduladora mediante el proceso denominado demodulación, y utilizando un simple detector de envolvente, el valor del índice de modulación, m debe estar entre 0 y 1. Para una señal moduladora consistente en un tono puro (señal sinusoidal) la ecuación que obtenemos para la señal modulada es:

$$y(t) = A \cdot [1 + m \cdot \cos(\omega_m t + \varphi_m)] \cdot \cos(\omega_c t + \varphi)$$

Normalmente $A = A_c$, si bien, depende del tipo de modulador utilizado.

Representación temporal de una señal modulada en AM por un tono normalizado.

La señal modulada en AM vista en un osciloscopio será la que se representa en la figura:

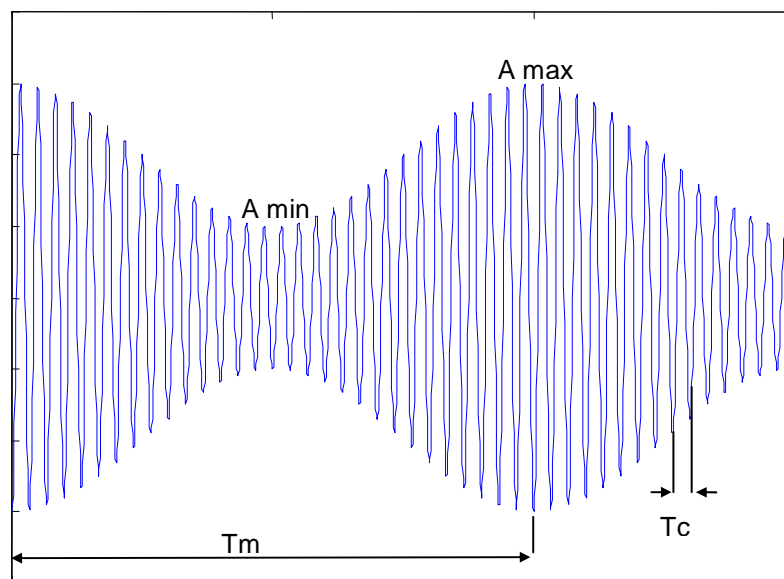


Figura 1. Representación temporal de una señal en AM.

donde:

$$A_{\max} = A \cdot (1+m)$$

$$A_{\min} = A \cdot (1-m)$$

y por lo tanto:

$$A = \frac{A_{\max} + A_{\min}}{2} \quad m = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}}$$

Espectro y potencia de la señal de AM suponiendo la señal modulada con un tono normalizado.

En la ecuación correspondiente a la señal modulada en AM podemos distinguir la señal de portadora y la correspondiente a las denominadas bandas laterales.

$$y(t) = A \cdot \cos(\omega_c t) + A \cdot m \cdot x_n(t) \cdot \cos(\omega_c t)$$

La potencia de la portadora y de las bandas laterales (teniendo en cuenta que el valor cuadrático medio de un tono normalizado es $\frac{1}{2}$) viene dado por las siguientes ecuaciones:

Potencia de portadora sola: $P_c(W) = \frac{A^2}{2R}$

Potencia de las 2 bandas laterales: $P_{BL}(W) = \frac{A^2 m^2}{2R} \langle x_n^2(t) \rangle = \frac{A^2 m^2}{4R}$

Potencia de una banda lateral: $P_{1BL}(W) = \frac{A^2 m^2}{8R}$

Potencia equivalente de pico: $P.E.P (W) = \frac{A^2 \cdot (1+m)^2}{2R}$

Para el caso de señal modulada con un tono podemos obtener las componentes espectrales.

$$\begin{aligned} y(t) &= A \cdot \cos(\omega_c t) + A \cdot m \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \cos(\omega_c t) \\ &= A \cdot \cos(\omega_c t) + \frac{A \cdot m}{2} \cdot \{ \cos[(\omega_c + \omega_m)t] + \cos[(\omega_c - \omega_m)t] \} \end{aligned}$$

Espectro de una señal modulada en AM por un tono normalizado.

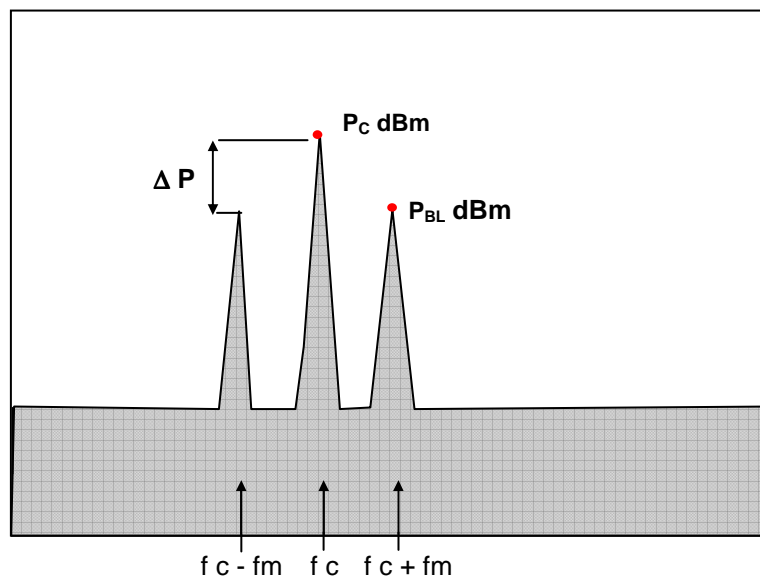


Figura 2. Representación espectral de una señal en AM.

Cálculo del índice de modulación a partir del espectro (moduladora sinusoidal).

Potencia de portadora sola (dBm):

$$P_c(dBm) = 10 \log \left(\frac{A^2(V)}{2R(\Omega)} \cdot 1000 \right)$$

Potencia de una banda lateral (dBm):

$$P_{bl}(dBm) = 10 \log \left(\frac{A^2(V)}{8R(\Omega)} \cdot m^2 \cdot 1000 \right)$$

Diferencia entre ambas (dB):

$$\Delta P(dB) = P_c(dBm) - P_{bl}(dBm)$$

$$\frac{4}{m^2} = \left(\frac{2}{m} \right)^2 = 10^{\left[\frac{\Delta P(dB)}{10} \right]}$$

2. MEDIDAS

En este apartado, debe realizarse el estudio detallado de una modulación de amplitud, simulando en Matlab las señales proporcionadas por los instrumentos más habituales de cualquier laboratorio de Sistemas de Telecomunicación: el generador de funciones, el generador de señal de Radio Frecuencia, el osciloscopio y el analizador de espectros.

Seguidamente, se propondrán las características de la modulación. El cometido del alumno consistirá en simular el montaje necesario para efectuar las medidas pedidas, llevar éstas acabo y dar respuesta a las preguntas que se le planteen.

Puesto que el período de muestro de la simulación es directamente proporcional al ancho de banda de las señales simuladas, en esta práctica trabajaremos con valores de frecuencia, tanto para la señal moduladora como para la portadora y la modulada, mucho menores a los utilizados normalmente en los sistemas de telecomunicaciones.

Siga los siguientes pasos:

1. Cree un script para medir señales AM. Resetee el espacio de trabajo.
2. Valores iniciales: frecuencia de muestreo $f_s = 1024$ Hz; número de muestras $N = 1024$; frecuencia de portadora $f_c = 128$ Hz; potencia de AM -20 dBm (potencia de portadora sola); moduladora sinusoidal de $f_m = 16$ Hz; impedancia de trabajo $Z = 50 \Omega$. (Como $f_s = N = 1024$, la resolución espectral es de una muestra por Hz.)
3. El programa debe pedir al usuario el valor del índice de modulación, m , en tanto por uno. (Para ello, puede usar la instrucción *input*.)
4. Genere un vector, t , con los instantes de muestreo. Calcule la amplitud, A , de la portadora sin modular (a partir de los -20 dBm). Genere las señales moduladora normalizada, x_n , y modulada, y .
5. Con un índice de modulación del 50%, visualice con *time_dep* la señal AM. Compruebe y/o calcule sus parámetros: a) Verifique f_c y f_m en el tiempo y el espectro (use el zoom para ver con detalle). b) Lea en el espectro la potencia de portadora sola. c) Mida la potencia de portadora sola con *powmeter*.

Compruebe que los valores coinciden con lo esperado. d) Lea en el espectro y mida con *powmeter* la potencia de la banda lateral superior. e) Calcule la potencia total de AM (sumando en unidades naturales, por supuesto). f) Calcule la potencia equivalente de pico, PEP. g) Mida la diferencia en dB entre la potencia de portadora sola y la potencia de una banda lateral, $\Delta P(\text{dB})$. A partir de ese valor, calcule el índice de modulación. Compare con el valor introducido (0,5). h) En el tiempo, mida los valores máximo y mínimo de la envolvente. Con esos valores, calcule de nuevo el índice de modulación. Compare con el valor introducido.

6. Ahora, varíe el valor del índice de modulación, m , entre 0 y 100%. Visualice la señal AM para cada valor de m . Observe cómo cambia la señal, tanto en el tiempo como en el espectro. Saque conclusiones.
7. Por último: Genere un índice de modulación aleatorio ($0 < m < 1$). Puede usar la función *rand*. Genere la señal AM correspondiente, y visualícela con *time_dep*. Mida $\Delta P(\text{dB})$ y calcule m . Compare el valor generado con el calculado.