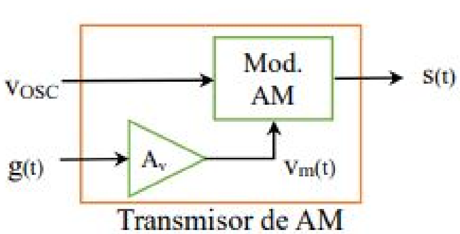
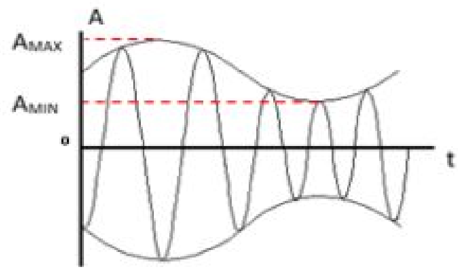
Ejercicio 1

En un transmisor de AM se inyecta una señal senoidal $g_{(t)}$ de 3,4 KHz de frecuencia y 2,4 Vpp de amplitud, y en su salida se visualiza mediante un ORC la siguiente forma de onda donde $A_{máx}$ alcanza un valor de 18 V pico y $A_{mín}$ un valor de 7 V pico. Asuma frecuencia de portadora 980 KHz.





Determinar:

a) Determinar la amplitud de la portadora, la amplitud de las bandas laterales y el índice de modulación.
b) Expresión de la onda modulada $s_{(t)}$.
c) Potencia media de $s_{(t)}$ sobre una carga de 50Ω expresada en Watts, dBm y dBW,
d) Potencia media de la portadora (P_C) y de cada una de las bandas laterales (P_{SSB}) sobre una carga de 50Ω en Watts, dBm y dBW.
e) Mediante filtros a la salida se reduce 30 dB la portadora y se suprime totalmente una banda lateral. Grafique el espectro en potencia y determine la potencia de transmisión.
f) Cuál es el índice de modulación si ahora $g_{(t)}$ es de 4,5 Vpp de amplitud.
g) ¿Qué valor debería alcanzar amplitud de $g_{(t)}$ para lograr 90% de índice de modulación manteniéndose la amplitud de portadora constante?

a)

La amplitud de la portadora (A_C) se puede calcular como la semisuma entre los valores A_{MAX} y A_{MIN}:

$$A_C = \frac{A_{MAX} + A_{MIN}}{2} = \frac{18V + 7V}{2} = \frac{25V}{2} = 12,5V$$

La señal modulada realiza una excursión de $5,5V$ pico hacia arriba y hacia abajo respecto de A_C. Esta excursión se corresponde con la amplitud pico de la señal $V_m(t)$. La amplitud de las bandas laterales se calcula como:

$$A_{BL} = \frac{V_{mp}}{2} = \frac{5,5V}{2} = 2,75V$$

El índice de modulación se puede calcular como:

$$m = \frac{A_{MAX} - A_{MIN}}{2.A_C} = \frac{18V - 7V}{2.12,5V} = 0,44$$

b)

$s(t) = A_C.[1 + V_m(t)]. \cos(\omega_c.t)$

$s(t) = A_C.[1 + m. \cos(\omega_m.t)]. \cos(\omega_c.t)$

$s(t) = A_C. \cos(\omega_c.t) + A_C.m. \cos(\omega_m.t). \cos(\omega_c.t)$

$s(t) = A_C. \cos(\omega_c.t) + \frac{A_C.m}{2}.[\cos((\omega_c + \omega_m).t) + \cos((\omega_c - \omega_m).t)]$

Recoradando que:

- $A_C = 12,5V$
- $m = 0,44$
- $\omega_c = 2.\pi.f_c = 2.\pi.980KHz$
- $\omega_m = 2.\pi.f_m = 2.\pi.3,4KHz$

$s(t) = 12,5V. \cos(2.\pi.(980KHz).t) + \frac{12,5V.0,44}{2}.[\cos(2.\pi.(980KHz + 3,4KHz).t) + \cos(2.\pi.(980KHz - 3,4KHz).t)]$

$s(t) = 12,5V. \cos(2.\pi.(980KHz).t) + 2,75V.[\cos(2.\pi.(983,4KHz).t) + \cos(2.\pi.(976,6KHz).t)]$

c)

La potencia media se puede calcular a partir de la expresión:

$P_{(W)} = \langle s^2(t) \rangle = \frac{1}{2.50\Omega}.A_C^2 + \frac{1}{2.50\Omega}.A_C^2 \langle m^2(t) \rangle$

$P_{(W)} = \frac{A_C^2}{2.50\Omega}(1 + \langle m^2(t) \rangle)$

$\langle m^2(t) \rangle = \frac{1}{2}.m^2 = \frac{1}{2}.(0,44)^2 = 0,0968$

$P_{(W)} = \frac{(12,5V)^2}{2.50\Omega}(1 + 0,0968) = 1,71375W$

$P_{(dBm)} = 10. \log\left(\frac{P_{(W)}}{1mW}\right) = 10. \log\left(\frac{1,71375}{1mW}\right) = 32,34dBm$

$P_{(dBW)} = 10. \log\left(\frac{P_{(W)}}{1W}\right) = 10. \log\left(\frac{1,71375}{1W}\right) = 2,34dBW$

d)

La potencia media en la portadora y en las bandas laterales se puede deducir de la expresión:

$P_{(W)} = \langle s^2(t) \rangle = \frac{1}{2.50\Omega}.A_c^2 + \frac{1}{2.50\Omega}.A_c^2 \langle m^2(t) \rangle$

$P_{(W)} = P_C + 2.P_{SSB}$

Donde se corresponde que:

$P_C = \frac{1}{2.50\Omega}.A_c^2 = 1,5625W$

$2.P_{SSB} = \frac{1}{2.50\Omega}.A_c^2\langle m^2(t)\rangle = 0,15125W$

$P_{SSB} = \frac{0,15125W}{2} = 0,075625W$

$P_{C(dBm)} = 10.\log\left(\frac{P_{C(W)}}{1mW}\right) = 10.\log\left(\frac{1,5625W}{1mW}\right) = 31,93dBm$

$P_{C(dBW)} = 10.\log\left(\frac{P_{C(W)}}{1W}\right) = 10.\log\left(\frac{1,5625W}{1W}\right) = 1,93dBW$

$P_{SSB(dBm)} = 10.\log\left(\frac{P_{SSB(W)}}{1mW}\right) = 10.\log\left(\frac{0,075625W}{1mW}\right) = 18,79dBm$

$P_{SSB(dBW)} = 10.\log\left(\frac{P_{SSB(W)}}{1W}\right) = 10.\log\left(\frac{0,075625W}{1W}\right) = -11,21dBW$

e)

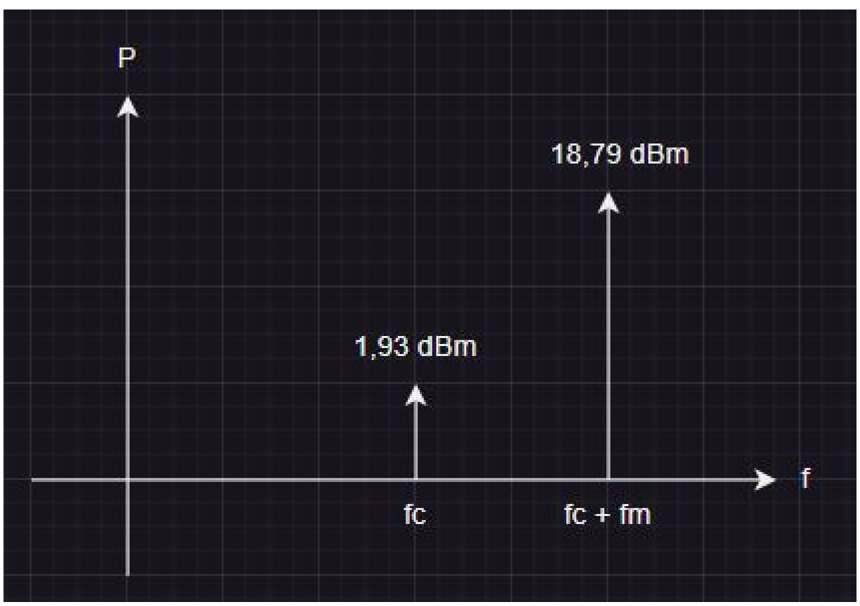
La potencia en la portadora se reduce $30dB$:

$P'_{C(dBm)} = P_C - 30dB = 31,93dBm - 30dB = 1,93dBm$

$P'_{C(W)} = 1,56mW$

La potencia de transmición es:

$P_{(W)} = P'_{C(W)} + P_{SSB(W)} = 77,18mW$



f)

Para una amplitud de $2,4V_{pp}$ en $g(t)$, $V_m(t)$ tiene una amplitud de $11V_{pp}$, esto implica que el amplificador A_v tiene una ganancia tal que:

$$A_v = \frac{11V_{pp}}{2,4V_{pp}} = 4,58$$

Suponiendo ahora que $g(t)$ tiene una amplitud de $4,5V_{pp}$ entonces $V_m(t)$ tendrá una amplitud tal que:

$$A_{V_m(t)} = A_{g(t)}.A_v = 4,5V_{pp}.4,58 = 20,61V_{pp}$$

Para esta condición, el índice de modulación se puede calcular como:

$$m = \frac{A_{MAX} - A_{MIN}}{2.A_C} = \frac{A_{V_m(t)}}{2.A_C} = \frac{20,61V}{2.12,5V} = 0,82$$

g)

Para alcanzar un índice de modulación de 90%, es decir, $m = 0,9$ se puede calcular la amplitud pico a pico de $g(t)$ de la siguiente manera:

$$m = \frac{A_{V_m(t)}}{2.A_C}$$

$$A_{V_m(t)} = m.2.A_C = 0,9.2.12,5V = 22,5V_{pp}$$

$$A_{g(t)} = \frac{A_{V_m(t)}}{A_v} = \frac{22,5Vpp}{4,58} = 4,91Vpp$$