

## PROBLEMAS PROPUESTOS DE AMPLITUD MODULADA

- 1.- Un método para medir el índice de modulación de una señal DSB-LC es aplicar la señal modulada al sistema de deflexión vertical de un osciloscopio y la señal modulante al sistema horizontal.

a) Simule esto usando un computador digital y un monitor gráfico. Sean  $x(t) = \cos \pi t$ ,

$$y(t) = (1 + m \cos \pi t)(\cos 100\pi t)/(1 + m)$$

- las funciones horizontal y vertical, respectivamente. Calcule y grafique para  $0 \leq t < 1$ ,  $m = 0.5$ , usando 500 puntos de muestra. Debe observar un patrón de tipo trapezoidal.
- b) Repita la parte (a) para  $m = 1.0, 1.5$ .
- c) Defina un parámetro  $A$  como el máximo ancho vertical del patrón observado, y  $B$  como el mínimo. Derive una fórmula para  $m(A, B)$ .
- d) Investigue qué sucede a los patrones para  $m > 1$  si no se permite una inversión de fase de la portadora (p. ej., como en el diseño de un transmisor de tipo no lineal).
- 2.- Un transmisor AM (DSB-LC) dado desarrolla una potencia de salida sin modular de 1 kW<sup>T</sup> a través de un resistor de 50 Ω. Cuando se aplica un tono de prueba senoidal con amplitud pico de 5.0 V a la entrada del modulador, se encuentra que la línea espectral para cada banda lateral en el espectro de magnitud para la salida es el 40% de la línea portadora. Determine las siguientes cantidades en la señal de salida:

- a) El índice de modulación.
- b) La amplitud pico de la banda lateral inferior.
- c) La razón de la potencia total en las bandas laterales a la potencia de la portadora.
- d) La potencia total de salida.
- e) La potencia promedio total en la salida si la amplitud pico de la senoidal de modulación se reduce a 4.0 V.
- 3.- Un transmisor AM (DSB-LC) dado se prueba utilizando una carga resistiva ("falsa"). Sin modulación, la potencia promedio de salida es de 5 kW. Con una entrada  $f(t)$  senoidal de 1 kHz con amplitud pico de 1 V, la potencia de salida es de 7 kW.
- a) Suponga que el material de programación típico tiene una relación pico a rms de 1/8. Si los picos se fijan a 100% de modulación, ¿cuál es la potencia promedio resultante del transmisor para la programación?
- b) Calcule el índice de modulación senoidal equivalente para la parte (a).
- c) A fin de aumentar la potencia de salida efectiva para los 5 kW asignados (véase pie de página para el problema 5.2.6), se decide que el material de transmisión se "coloree". Ello da como resultado una pérdida de fidelidad para el material de programación, pero esto se puede tolerar en algunos casos para ganar más potencia radiada efectiva. Se pueden elegir métodos más elaborados, pero aquí se supone que la  $f(t)$  se aplica a un amplificador no lineal con 120% de ganancia en excursiones positivas relativas a las excursiones negativas para lograr el "color". Usando el índice de modulación senoidal equivalente en la parte (b), estime cuánta potencia efectiva de salida adicional se puede ganar usando este método.

- 4.- Para la señal senoidal modulada DSB-LC que se muestra en la figura
- a) Encuentre el índice de modulación.
- b) Escriba una expresión para la señal en la forma de la ecuación (5.18).
- c) Dibuje el espectro de línea de la señal.
- d) Demuestre que la suma de las dos líneas de las bandas laterales de la parte (c), divididas por la línea de la portadora, proporciona el índice de modulación.

5.- Para un modulador DSBC de AM con Frecuencia de portadora  $f_c = 100 \text{ KHz}$  y una señal moduladora de frecuencia máxima  $f_m(\text{max}) = 5 \text{ KHz}$ , determinar:

a.- Límites de frecuencia de las bandas laterales superior e inferior.

b.- Ancho de Banda

c.- Frecuencias de lado superior e inferior, que se producen cuando la señal moduladora es un tono de frecuencia única de  $3 \text{ KHz}$ .

d.- El Espectro de frecuencias de salida.

6.- Una entrada en un Modulador convencional de AM es una portadora de  $500 \text{ KHz}$ , con una amplitud de  $20 \text{ Vp}$  de amplitud. La segunda entrada es una señal moduladora de  $10 \text{ KHz}$  de amplitud suficiente para causar un cambio de  $\pm 7.5 \text{ Vp}$  en la onda de Salida. Determinar:

a.- Frecuencias de lado superior e inferior.

b.- Coeficiente de modulación y el porcentaje de modulación.

c.- La amplitud máxima de la portadora modulada y los voltajes de frecuencias laterales superior e inferior.

d.- Amplitudes máxima y mínima de la envolvente.

e.- La ecuación de onda modulada.

7.- Un Transmisor Banda Lateral Doble de AM tienen de potencia de portadora no modulada  $P_c = 100 \text{ W}$ , que se modula en forma simultánea por tres señales cuyos coeficientes de modulación son  $m_1 = 0.2$ ,  $m_2 = 0.4$  y  $m_3 = 0.5$ , determinar:

a.- Coeficiente total de modulación.

b.- La potencia de las Bandas laterales superior e inferior.

c.- La potencia total transmitida.

8.- Un Modulador de AM de Bajo Nivel, con un coeficiente de modulación  $m = 0.8$ , una ganancia de voltaje en reposo  $A_q = 100$ , una frecuencia de portadora de entrada  $f_c = 500$  KHz con una amplitud  $V_c = 5$  mV y una señal moduladora de 1000Hz, determinar:

- Ganancias máxima y mínima de voltaje.
- Amplitudes máxima y mínima de  $V_{sal}$ .
- Trazar la envolvente de la AM de salida.

9.- El receptor SSB BFO de la figura tiene una banda de RF de recepción de 30 a 30.005 MHz, oscilador local de RF de 20MHz, una banda de FI de 10 a 10.005 MHz y una frecuencia de BFO de 10 MHz. Determinar:

- La primera banda de FI modulada y la banda de frecuencias de información demodulada.
- Banda de frecuencia de información demoduladas si la RF del oscilador local se corre hacia abajo 0.001

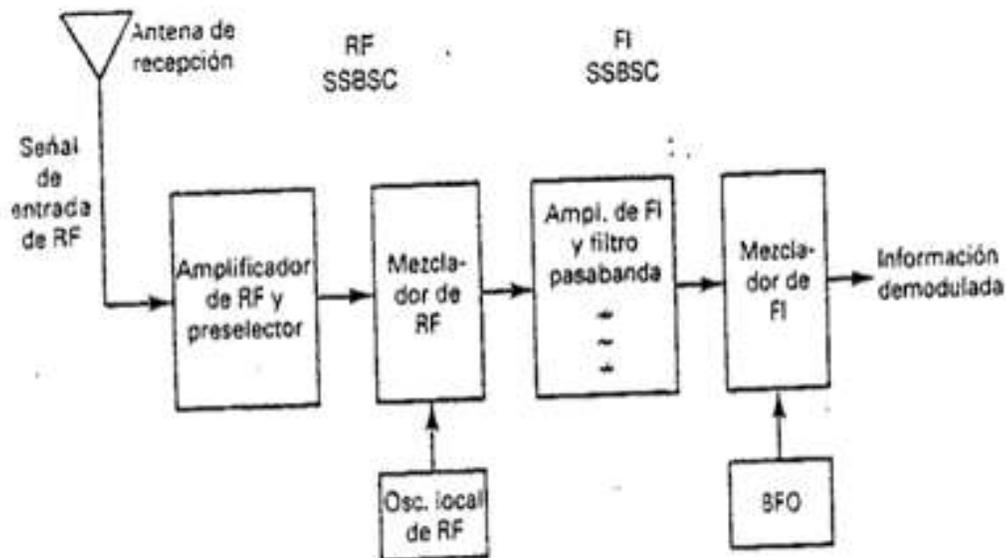


FIGURA Receptor SSB BFO no coherente

10.- Para el receptor BFO coherente de banda lateral única de la figura, una RF de portadora reducida de 30 MHz con una banda lateral superior que va desde justo arriba de 30 hasta 30.005 MHz, una RF del oscilador local de 20 MHz, una FI central de 10 MHz y una frecuencia de salida BFO de 10 MHz, determinar:

- La primera banda de FI demodulada y la banda de frecuencias de información demoduladas.
- La banda de frecuencias de información demodulada, si la RF de entrada de portadora subiera de 60Hz, produciendo una RF de portadora de 30,000000 MHz y una banda lateral superior que va hasta 30,000060 MHz.

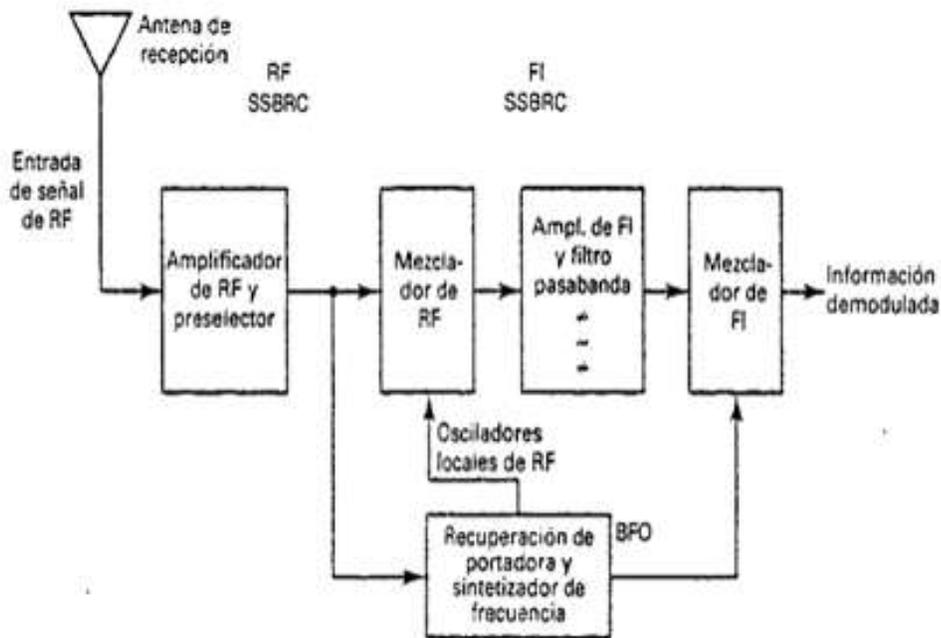


FIGURA Receptor SSB BFO coherente

5.- para un modulador DSBC de Am con frecuencia de portadora  $F_c = 100\text{Khz}$  y una señal de moduladora de frecuencia máxima  $f_m(\text{max}) = 5\text{Khz}$  determinar:

a) Limite de Frecuencias de la Banda Superior e Inferior

Frecuencia Portadora =  $F_c = 100\text{khz}$

Frecuencia máxima =  $5\text{Khz}$

Banda Lateral Inferior = LSB

Banda Lateral Superior = USB

LSB =  $(F_c - F_m(\text{max}))$  a  $F_c$

$(100\text{ Khz} - 5\text{Khz})$  a  $100\text{ Khz}$

LSB =  $95\text{Khz}$  a  $100\text{ Khz}$

USB =  $F_c$  a  $(F_c + F_m(\text{max}))$

$(100\text{ Khz} + 5\text{Khz})$  a  $100\text{ Khz}$

LSB =  $100\text{Khz}$  a  $105\text{ Khz}$

b) Ancho de banda

$B = 2 F_m(\text{max}) = 2 (5\text{ Khz})$

$B = 10\text{ Khz}$

c) frecuencia Lado Superior e Inferior cuando la señal moduladora es  $3\text{ khz}$

$F_c + F_{\text{moduladora}} = F_c + F_m$

$100 + 3 = 103\text{ Khz}$  Superior

$F_c + F_{\text{moduladora}} = F_c - F_m$

$100 - 3 = 97\text{ Khz}$  Inferior

d) Espectro de frecuencias

$95\ 97\ 100(\text{portad})\ 103\ 105$

6.- Una entrada en un modulador convencional de AM es una portadora de  $500\text{ khz}$  con una amplitud de  $20\text{ Vp}$  de amplitud. La segunda entrada es una señal modulada de  $10\text{Khz}$  de amplitud suficiente para causar un cambio de  $\pm 7.5\text{ Vp}$  en la onda de salida . Determinar :

a) frecuencia Lado Superior e Inferior

$$F_c + F_{\text{moduladora}} = F_c + F_m$$

$$500 + 10 = 510 \text{ KHz Superior}$$

$$F_c + F_{\text{moduladora}} = F_c - F_m$$

$$500 - 10 = 490 \text{ KHz Inferior}$$

**b) Coeficiente de modulación y el porcentaje de modulación**

$M = \text{amplitud forma de onda} / \text{amplitud portadora no modulada}$

Coeficiente es  $M = E_m / E_c \quad M = 7.5 / 20 = 0.375$

Porcentaje es  $M = 100 * 0.375 = 37.5\%$

**c) Amplitud máxima de la portadora modulada y los voltajes de frecuencias laterales superior e inferior**

$$E(F_c) = E(F_m) = E M_c / 2 = (0.375)(20) / 2 = 3.75 \text{ Vp}$$

**d) amplitud máxima y mínima de la envolvente**

$$V_{\text{max}} = E_c + E_m = 20 + 7.5 = 27.5 \text{ Vp}$$

$$V_{\text{min}} = E_c - E_m = 20 - 7.5 = 12.5 \text{ Vp}$$

**e) La ecuación de onda modulada**

$$V_m(f) = 20 \text{ Sen}(2\pi 500 \text{ kt}) - 3.75 \text{ Cos}(2\pi 510 \text{ kt}) + 3.75 \text{ Cos}(2\pi 490 \text{ kt})$$

**7.- Un transmisor banda lateral doble de AM tiene de potencia de portadora no modulada  $P_t = 100 \text{ watts}$  que se modula en forma simultanea por tres señales cuyos coeficientes de modulación son  $m_1 = 0.2$   $m_2 = 0.4$  y  $m_3 = 0.5$  determinar**

**a) Coeficiente total de modulación**

$$M(f) = \sqrt{[(0.2)(0.2) + (0.4)(0.4) + (0.5)(0.5)]} = 0.67$$

**b) la potencia de las bandas laterales superior e inferior**

$$P_t B_s = P_t B_i = P_e (M_f)(M_f) / 2$$

$$P_t B_s = P_t B_i = 100 (0.67)(0.67) / 2 = 22.445 \text{ w}$$

**c) la potencia total transmitida**

$$P_t = P_o [1 + (M_f)(M_f) / 2]$$

$$P_t = 100 [1 + (0.67)(0.67) / 2] = 122.445 \text{ w}$$

**8.- un modulador de AM de bajo nivel con un coeficiente de modulación  $m = 0.8$  una ganancia de voltaje en reposo  $A_q = 100$  una frecuencia de portadora de entrada  $F_c = 500 \text{ KHz}$  con una amplitud  $V_c = 5 \text{ mv}$  y una señal moduladora de  $1000 \text{ Hz}$  determinar:**

**a) Ganancia máxima y mínima de voltaje**

$$A_v = A_q (1 \pm m)$$

$$A_{\text{max}} = 100(1 + 0.8) = 180$$

$$A_{\text{min}} = 100(1 - 0.8) = 20$$

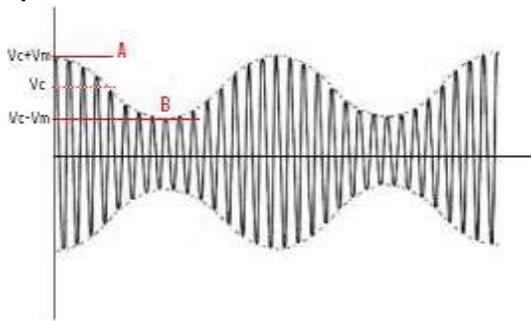
**b) Amplitudes máxima y mínima de  $V_{\text{sal}}$**

$$V_{\text{sal}} = A_v * V_c$$

$$V_{\text{sal}}(\text{max}) = 180(5 * 10^{-3}) = 0.9 \text{ v}$$

$$V_{\text{sal}}(\text{min}) = 20(5 * 10^{-3}) = 0.1 \text{ v}$$

**c) Trazar la envolvente de la AM de salida**



**9.- El receptor SSB BFO de la figura tiene una banda de RF de recepción de 30 a 30.005 Mhz oscilador local de  $f_l$  de 20Mhz , una banda de FI de 10 a 10.005 Mhz y una frecuencia de BFO de 10 Mhz Determinar:**

**a) La primera banda de  $f_i$  Modulada**

$$f_i = (30 \text{ Mhz a } 30.005 \text{ Mhz}) - 20 \text{ Mhz}$$

$$f_i = 10 \text{ mhz a } 10.005 \text{ Mhz}$$

Haciendo el espectro de la señal de información

$$f_m = (10 \text{ MHz a } 10.005 \text{ MHz}) - 10 \text{ MHz}$$

$$f_m = 0 \text{ MHz a } 0.005 \text{ MHz} = 0 \text{ KHz a } 5 \text{ KHz}$$

**b) Banda de frecuencia de información demoduladas si la Rf del oscilador se corre hacia abajo 0.001**

Este desplazamiento causaría una disminución de la Rf teniendo una  $\Delta f = (0.0001)(20 \text{ MHz}) = 200 \text{ Hz}$

Entonces la Rf se desplazara hacia abajo 200 Hz  $\rightarrow 0.0002 \text{ MHz}$  que sería 19.9998 MHz

$$\text{La salida del mezclador} = f_i = (30 \text{ MHz a } 30.005 \text{ MHz}) - 19.9998 \text{ MHz}$$

$$\text{Entonces} = (10.0002 \text{ MHz a } 10.0052 \text{ MHz})$$

Espectro de la señal demodulada de la información es la diferencia (banda de FIEC – BFC)

$$f_{im} = (10.002 \text{ MHz a } 10.0052 \text{ MHz}) - 10 \text{ MHz} = 200 \text{ Hz a } 5200 \text{ Hz}$$

Además el desplazamiento de 0.001% de la RF causa un de 200Hz en el espectro de la señal modulada de información.

**10.- Para el receptor BFO coherente de banda lateral única de la figura, una RF de portadora reducida de 30 MHz con una banda lateral superior que va justo arriba de 30 hasta 30.005 MHz una Rf del oscilador local de 20 MHz, una FI central de 10 MHz y una frecuencia de salida BFO de 10 MHz determinar:**

**a) La primera banda de FI demodulada y la banda de frecuencias de información demoduladas**

$$f_{FS} = (30 \text{ MHz a } 30.005 \text{ MHz}) - 20 \text{ MHz} = 10 \text{ MHz a } 10.005 \text{ MHz}$$

Hallando el espectro de la señal demodulada

$$f_m = (10 \text{ MHz a } 10.005 \text{ MHz}) - 10 \text{ MHz} = 0 \text{ Hz a } 5 \text{ Hz}$$

**b) la banda de frecuencias de información demodulada si la RF de entrada de portadora subiera de 60 Hz produciendo una RF de portadora de 30000000 MHz y una banda lateral superior que va hasta 30000060**

Tanto las frecuencias RF (oscilador) y BFO se sincronizan

$$f_{FS} = (30.0006 \text{ MHz a } 30.00506 \text{ MHz}) - 20.0004 \text{ MHz}$$

$$f_{FS} = 10.0003 \text{ MHz a } 10.00016 \text{ MHz}$$

La frecuencia de salida de BFO se ajustara y será proporcional a 10.0002

$$f_m = 10.0002 \text{ a } 10.0052 \text{ MHz} - 10.0052 \text{ MHz}$$

$$f_m = 0 \text{ Hz a } 5 \text{ KHz}$$