INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS

COMUNICACIONES I

Practica No “Modulación en Amplitud con portadora de alta potencia”

By Richard

FECHA DE REALIZACIÓN: 02-ABRIL-08

FECHA DE ENTREGA: 09-ABRIL-08

FUNDAMENTO TEÓRICO.

Amplitud Modulada

Sabemos que en un sistema de radiodifusión con una multitud de receptores por cada transmisor, resulta mas económico tener un solo trasmisor costoso de alta potencia y receptores mas simples y económicos. En estas aplicaciones, junto con la señal modulada con portadora suprimida $f(t) \cdot Cos(\omega_c t)$ se transmite una señal de portadora de alta potencia que elimina la necesidad de generar una señal portadora en el extremo receptor.

Se denomina modulación al efecto de "añadir" una señal de baja frecuencia (información) a otra de alta frecuencia o portadora.
Amplitud modulada (AM) o modulación de amplitud es un tipo de modulación no lineal que consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, que es la información que se va a transmitir. La modulación de amplitud es equivalente a la modulación en doble banda lateral con reinserción de portadora.

Aplicaciones tecnológicas de la AM

Una gran ventaja de AM es que su demodulación es muy simple y, por consiguiente, los receptores son sencillos y baratos; un ejemplo de esto es la radio a galena. En contrapartida, otras modulaciones como la modulación por Banda lateral única o la Doble Banda Lateral son más eficientes en ancho de banda o potencia pero los receptores y transmisores son más caros y difíciles de construir.
La AM es usada en la radiofonía, en las ondas medias, ondas cortas, e incluso en la VHF: es utilizada en las comunicaciones radiales entre los aviones y las torres de control de los aeropuertos.

Representación matemática de la modulación en AM

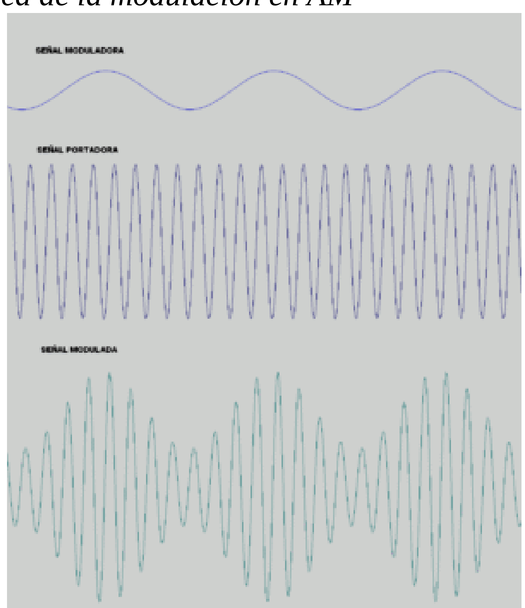


Fig 2: La señal moduladora, la señal portadora y la señal modulada en AM en sus distintas etapas.

Al considerar la señal moduladora (señal del mensaje) como:

$$y_s(t) = A_s \cdot cos(w_s \cdot t)$$

y Señal portadora como:

$$y_p(t) = A_p \cdot cos(w_p \cdot t)$$

La ecuación de la señal modulada en AM es la siguiente:

$$y(t) = A_p \cdot [1 + m \cdot x_n(t)] \cdot cos(w_p \cdot t)$$

y(t) = Señal modulada
xn(t) = Señal moduladora normalizada con respecto a su amplitud = ys(t) / As
m = Índice de modulación (suele ser menor que la unidad)=As / Ap

Básicamente, se trata de multiplicar el mensaje a transmitir x(t) por la portadora cosenoidal y, a su vez, sumarle esa portadora cosenoidal. El espectro en frecuencias de la señal quedará trasladado a wp radianes por segundo, tanto en la parte positiva del mismo cómo en la negativa, y su amplitud será, en ambos casos, el producto de la señal moduladora por la amplitud de la portadora, sumado a la amplitud de la portadora, y dividido por dos. El resultado se aprecia en los enlaces a las siguientes imágenes:

Demodulación de AM

Existen dos posibilidades para la demodulación de una señal x(t) modulada en AM. La primera de ellas, la más simple, es sólo posible en caso de que se cumpla la condición siguiente:

$$\|x(t)\| \leq m$$

En este supuesto, la envolvente de la señal modulada, esto es $1 + m \cdot x_n(t)$es siempre positiva y para recuperar la señal moduladora es suficiente con un receptor que capte dicha envolvente. Esto se consigue con un simple circuito rectificador con carga capacitiva. Así funcionaba la pionera radio de galena.
La otra opción para la demodulación de la señal modulada en AM es utilizar el mismo tipo de demodulación que se usa en las otras modulaciones lineales. Se trata del demodulador coherente. Para ello, es necesario conocer la frecuencia de la portadora wp y, en ocasiones, también la fase, lo que requiere la utilización de un PLL (Phase Lock Loop). En este otro supuesto, no es necesario que el índice de modulación sea menor que la unidad, o lo que es lo mismo, no es necesario que la envolvente [1 + m·x(t)] sea siempre positiva.
El demodulador coherente utiliza la siguiente propiedad matemática de la función coseno:

$$cos^2(\phi) = \frac{1}{2} + \frac{cos(2\phi)}{2}$$

para multiplicar la función y(t) por la portadora:

$$y_D(t) = y(t)cos(w_p) = \frac{1 + mx(t)}{2} + \frac{cos(2w_p)}{2}$$

A partir de esto, con un filtro pasa bajas y un supresor de continua, se obtiene la señal x(t).

Potencia de la señal modulada

La amplitud máxima de cada banda lateral está dada por la expresión: $m = \frac{V_m}{V_p}$ y cómo la potencia es proporcional al cuadrado de la tensión, la potencia de la señal modulada resultará la suma de la potencia de la señal portadora mas la potencia de ambas bandas laterales:

$$P \equiv V_p^2 + \left(\frac{mV_p}{2}\right)^2 + \left(\frac{mV_p}{2}\right)^2$$

$$P \equiv V_p^2 + \frac{m^2V_p^2}{4} + \frac{m^2V_p^2}{4}$$

Para que la igualdad sea posible debemos tener en cuenta las potencias en lugar de las tensiones:

$$P = P_p + \frac{m^2}{4}P_p + \frac{m^2}{4}P_p$$

$$P = P_p + \frac{m^2}{2}P_p$$

$$P = \left(1 + \frac{m^2}{2}\right)P_p$$

En el caso de que la modulación sea al cien por ciento, entonces m = 1 y por lo tanto la potencia de la señal modulada será:

$$P = \left(1 + \frac{1}{2}\right)P_p$$

$$P = \frac{3}{2}P_p$$

O lo que es lo mismo:

$$P_p = \frac{2}{3}P$$

De lo último se desprende que la onda portadora consumirá dos tercios de la potencia total, dejando un tercio para ambas bandas laterales.

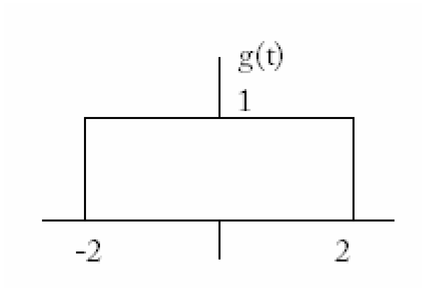
DESARROLLO

Procedimiento:

1.- Considere una señal modulante dada por $f(t) = A_1 \cdot Cos(\omega_m t)$ y una portadora $x_c(t) = 1 \cdot Cos(\omega_m t)$

a) Graficar la señal modulada para A_1=0.5, 0.8, 1.
b) Graficar el espectro de la señal modulada en cada caso
c) Graficar la señal demodulada $\{\approx f(t)\}$

2.- Repetir el punto 1 Tomando como señal modulante la señal g(t) dada por: -2



Use f_m=1; f_c=10; f_s=100

Análisis

Para el punto No 1 tenemos:

$f(t) = A_1 \cdot Cos(\omega_m t)$
$x_c(t) = 1 \cdot Cos(\omega_m t)$
Por lo tanto la señal transmitida $\phi_{AM}(t) = f(t) \cdot \cos(\omega_c t) + A \cdot \cos(\omega_c t)$
Queda como:
$\phi_{AM}(t) = \cos(\omega_m t) \cdot \cos(\omega_c t) + A \cdot \cos(\omega_c t)$ (i)
o como:

$$\phi_{AM}(t) = \{A + \cos(\omega_m t)\} \cdot \cos(\omega_c t)$$

La transformada de la place la podemos conocer de (i) quedando el desarrollo como:

$$\phi_{AM}(\omega) = F\{\cos(\omega_m t) \cdot \cos(\omega_c t) + A \cdot \cos(\omega_c t)\}$$
$$\phi_{AM}(\omega) = F\{\cos((\omega_c + \omega_m)t) + \cos((\omega_c - \omega_m)t) + A \cdot \cos(\omega_c t)\}$$
$$\phi_{AM}(\omega) = \pi(\delta(\omega - (\omega_c + \omega_m)) + \delta(\omega - (\omega_c - \omega_m)) + \delta(\omega + (\omega_c + \omega_m)) + \delta(\omega + (\omega_c - \omega_m)) +$$
$$\delta(\omega - \omega_c) + \delta(\omega + \omega_c))$$

Por lo tanto tenemos tres deltas, dos en $\pm\omega_c$ y las otras son un par de dos deltas centradas en $\pm\omega_c$ pero con una distancia de ω_m .

Para el punto 2 podemos aplicar la misma forma de calcular el espectro de frecuencias de una forma mas simplificada quedando el desarrollo como :

$$\phi_{AM}(t) = f(t)\cdot\cos(\omega_c t) + A\cdot\cos(\omega_c t)$$

Por lo tanto:

$$\phi_{AM}(\omega) = \frac{1}{2}\left\{F(\omega+\omega_c) + F(\omega-\omega_c)\right\} + \pi\cdot A\left\{\delta(\omega+\omega_c) + \delta(\omega-\omega_c)\right\}$$

Por otro lado sabemos que la transformada de Fourier de una señal cuadrada es:

$$F(\omega) = TA\left\{\frac{Sen^2\left(\frac{\omega T}{2\pi}\right)}{\left(\frac{\omega T}{2\pi}\right)}\right\}$$

$$F(\omega) = TA\left\{Sinc\left(\frac{\omega T}{2\pi}\right)\right\}$$

Por lo tanto nuestra función queda como:

$$\phi_{AM}(\omega) = \frac{1}{2}\left\{TA\left\{Sinc\left(\frac{(\omega+\omega_c)T}{2\pi}\right)\right\} + TA\left\{Sinc\left(\frac{(\omega-\omega_c)T}{2\pi}\right)\right\}\right\} + \pi\cdot A\left\{\delta(\omega+\omega_c) + \delta(\omega-\omega_c)\right\}$$

Por lo tanto tenemos las deltas en $\pm\omega_c$ y ahí mismo centradas las funciones muestra generadas por el pulso cuadrado.

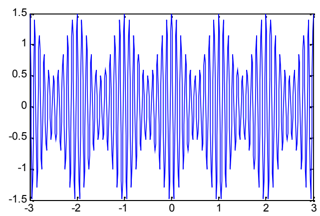
Programa en Matlab:

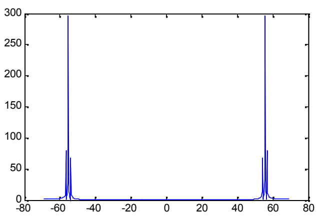
```
function Mod_demod_2()
clc;
clear all;
fm=1;
fc=10;
fs=100;
w = -3:.01:3;
f=0.5.*cos(2*pi*fm*w);
x=cos(2*pi*fc*w);
xam_1=ammod(1+f,fm,fc);
Xam=abs(fft(xam_1));
[num, den]=butter(10,(fc*2)/fs);
mdemod=Amdemod(xam_1,fc,fs,0,0,num,den)-1;
w2=-20*pi:40*pi/(length(Xam)-1):20*pi;
subplot(2,2,1)
plot(w,xam_1)
subplot(2,2,2)
plot(w2,Xam)
subplot(2,2,3)
plot(w,mdemod)

input('Introduce una tecla')
f=0.8*cos(2*pi*fm*w);
xam_1=ammod(1+f,fm,fc);
Xam=abs(fft(xam_1));
[num, den]=butter(10,(fc*2)/fs);
```

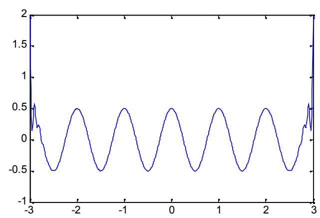
```
mdemod=Amdemod(xam_1,fc,fs,0,0,num,den)-1;
w2=-20*pi:40*pi/(length(Xam)-1):20*pi;
subplot(2,2,1)
plot(w,xam_1)
subplot(2,2,2)
plot(w2,Xam)
subplot(2,2,3)
plot(w,mdemod)

input('Introduce una tecla')
f=1*cos(2*pi*fm*w);
xam_1=ammod(1+f,fm,fc);
Xam=abs(fft(xam_1));
[num, den]=butter(10,(fc*2)/fs);
mdemod=Amdemod(xam_1,fc,fs,0,0,num,den)-1;
w2=-20*pi:40*pi/(length(Xam)-1):20*pi;
subplot(2,2,1)
plot(w,xam_1)
subplot(2,2,2)
plot(w2,Xam)
subplot(2,2,3)
plot(w,mdemod)

input('Introduce una tecla')
w=-3:0.01:3;
f=zeros(size(w));
med_1=1/.01;
med_2=5/.01;
for k=med_1:med_2
    f(k)=2;
end
xam_1=(1+f).*x;
Xam=abs(fft(xam_1));
w2=-20*pi:40*pi/(length(Xam)-1):20*pi;
subplot(2,1,1)
plot(w,xam_1)
subplot(2,1,2)
plot(w2,Xam)
```

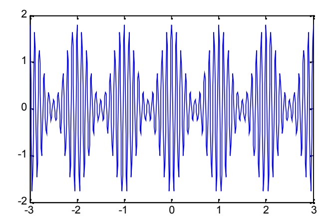
RESULTADOS.

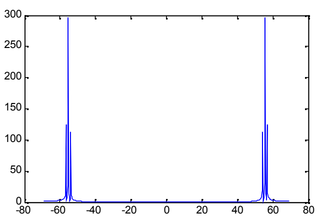
En el recuadro 1 se ve la señal modulada a un lado su espectro y en la parte baja la señal demodulada(para cada grafico).

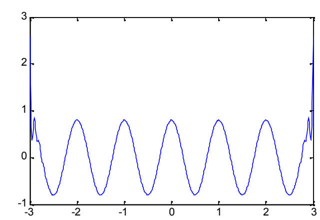


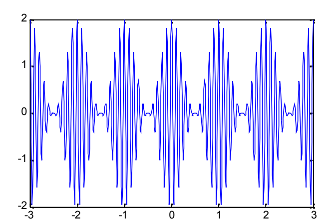


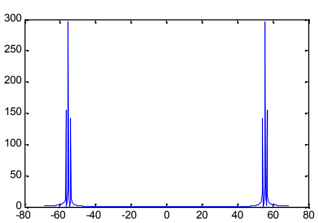


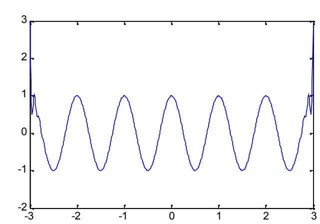


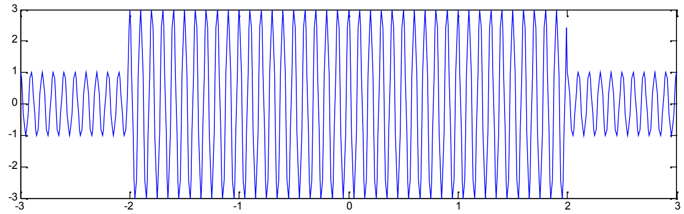


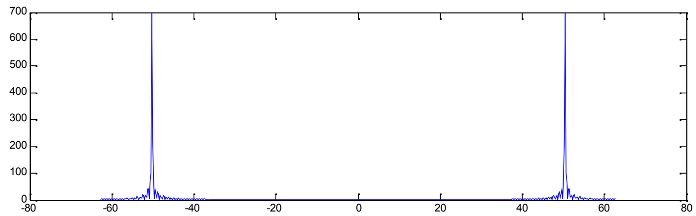












CONCLUSIONES.

En esta practica se encontró que los resultados teóricos concuerdan en gran medida con los resultados numéricos obtenidos mediante matlab ya que los gráficos obtenidos concuerdan con los resultados obtenidos mediante análisis matemático y la diferencia mas significativa se da solo en cuanto a magnitud.

Con respecto a la señal modulada en amplitud con portadora de alta potencia se encontró que guarda gran similitud con resultados obtenidos para la señal de AM con portadora suprimida y que si algo se le agrega al espectro son las deltas que pertenecen al termino de la señal portadora. Y queda claro que la portadora modifica su amplitud según $A+f(t)$ que se puede considerar como la envolvente donde f(t) es recorrida una distancia A en el eje y. Por lo que el recuperar la señal se reduce a detectar la envolvente de la señal y para recuperar íntegramente restarle el factor A, aunque también aplica el método usado anteriormente donde se hace pasar por un filtro pasabajas (comando butter) para después demodularla. Se puede observar que la potencia esta contenida en su mayoría en la portadora y la menor parte esta contenida en las bandas laterales y que entre mayor sea la similitud entre la amplitud de la portadora y de la señal modulante se obtiene un mayor grado en la eficiencia.

BIBLIOGRAFÍA

http://es.wikiversity.org/wiki/Pares_clasicos_de_la_transformada_de_Fourier

http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/amtema.htm

http://es.wikipedia.org/wiki/Amplitud_Modulada