

Modulación Angular - PM y FM

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Escuela profesional de Ingeniería Electrónica

Laboratorio de Circuitos Electrónicos III

Ing. Milton Velasquez Curo
Ingeniero Electrónico
Cusco, Perú
milton.velasquez@unsaac.edu.pe

Ruth Juana Espino Puma - 185746
Estudiante de Ingeniería Electrónica
Cusco, Perú
184657@unsaac.edu.pe

Davis Bremdow Salazar Roa - 200353
Estudiante de Ingeniería Electrónica
Cusco, Perú
200353@unsaac.edu.pe

Abstract—La modulación es un proceso fundamental en las telecomunicaciones que consiste en variar una o más propiedades de una señal portadora (como amplitud, frecuencia o fase) en función de una señal de información o mensaje. Este proceso permite transmitir información a largas distancias de manera eficiente, minimizando interferencias y aprovechando mejor el espectro de frecuencias. Existen varios tipos de modulación, entre ellos la modulación en amplitud (AM), frecuencia (FM) y fase (PM), cada una con características y usos específicos según las necesidades del sistema de comunicación.

Index Terms—Modulación, portadora, señal, índice de modulación, amplitud, frecuencia, fase, transmisión, espectro, distorsión.

I. INTRODUCCIÓN

Una técnica adicional a la modulación de amplitud en la cual la señal de información modifica proporcionalmente este parámetro es la modulación angular la cual consiste en modificar el ángulo en relación directa a la moduladora.

A este tipo de procedimiento de forma matemática se puede describir de forma general en 1

$$\Phi(t) = A \cos \theta(t) \quad (1)$$

Y en la cual el ángulo $\theta(t)$ ahora es variable manteniendo constante la amplitud de la señal (reduciendo el ruido durante la transmisión de la señal).

Finalmente en este tipo de modulación el ángulo además se puede describir como se muestre más adelante en 2 y 3.

II. MODULACIÓN PM

La modulación en fase (PM) consiste en hacer que la fase instantánea de la portadora varíe proporcionalmente a la señal moduladora. A diferencia de la FM, en la PM es la fase la que se altera directamente, mientras que la frecuencia instantánea varía solo si la señal moduladora cambia con el tiempo (es decir, si tiene una pendiente). Esto significa que, si la señal moduladora es constante, la frecuencia de la portadora también será constante, pero su fase habrá cambiado. PM se usa en sistemas digitales como la modulación por desplazamiento de fase (PSK), y tiene la ventaja de una mejor eficiencia espectral en ciertos casos, aunque puede ser más sensible a errores de sincronización en la fase.

Matemáticamente como se define en [1] una modulación PM guarda la siguiente relación:

$$\theta(t) = \omega_c t + k_p f(t) + \theta_0 \quad (2)$$

III. MODULACIÓN FM

En la modulación en frecuencia, la variación de la señal moduladora (información) afecta directamente la frecuencia instantánea de la portadora. Es decir, cuando el valor de la señal moduladora aumenta, también lo hace la frecuencia de la portadora, y cuando disminuye, la frecuencia baja. Esto produce una señal cuya frecuencia varía en el tiempo de acuerdo al mensaje, pero su fase no cambia abruptamente. FM es ampliamente usada en la transmisión de radio debido a su buena resistencia al ruido.

Y de igual forma como se define en [1] una señal FM guarda la siguiente relación matemática.

$$\theta(t) = \omega_c t + \int_0^t k_f f(\tau) d\tau + \theta_0. \quad (3)$$

IV. RELACIÓN ENTRE AMBOS TIPOS DE MODULACIÓN

Una clara relación entre este tipo de modulaciones se puede apreciar en la figura 1 en la cual se puede apreciar que la señal triangular modulada en PM guarda cierta relación con la señal cuadrada modulada en FM debido a que una modulación FM integra la señal de información para su proceso.

De este análisis se puede destacar que una señal FM aunque más común resulta un proceso más caro debido a que requiere una mayor cantidad de componentes para su implementación, sin embargo sus beneficios como su alta inmunidad al ruido la convirtieron en un método ideal para la transmisión de radio.

Y el código asociado para realizar las comparaciones se puede apreciar en el bloque de código 1

Listing 1: "Generación de una señal PM y FM"

```
clc, clear, close all;

%% GENERACION DE LAS SENALES
clc; clear; close all;

f = 15;
```

```

T = 1/f;
Fs = 1000;
Ts = 1/Fs;
t = 0: Ts : 10*T;

% SENAL CUADRADA
ft1 = square(2*pi*f*t);

% SENAL TRIANGULAR
ft2 = sawtooth(2*pi*f*t, 0.5); % Ciclo de
    subida y bajada simetrico

%% MODULACION PM Y FM

% PORTADORA
A = 1;
fc = 100;
kp = 15;

% SENAL PM
fi1 = A*sin( 2*pi*fc*t + kp*ft1);
fi2 = A*sin( 2*pi*fc*t + kp*ft2);

% SENAL FM
fi3 = A*sin( 2*pi*fc*t + cumsum(ft1));
fi4 = A*sin( 2*pi*fc*t + cumsum(ft2));

%% GRAFICAS Y RESULTADOS
figure;

subplot(2,2,1);
plot(t, ft1, 'b', 'LineWidth', 1.5);
hold on
plot(t, fi1);
title('Senal Cuadrada');
xlabel('Tiempo [s]');
ylabel('Amplitud');
ylim([-2 2]);
grid on;
hold off;

subplot(2,2,2);
plot(t, ft2, 'r', 'LineWidth', 1.5);
hold on
plot(t, fi2);
title('Senal Triangular');
xlabel('Tiempo [s]');
ylabel('Amplitud');
ylim([-2 2]);
grid on;
hold off;

subplot(2, 2, 3);
plot(t, ft1);
hold on
plot(t, fi3);
title('Senal Cuadrada');
xlabel('Tiempo [s]');
ylabel('Amplitud');
ylim([-2 2]);
grid on;
hold off;

subplot(2, 2, 4);
plot(t, ft2);
hold on

```

```

plot(t, fi4);
title('Senal Triangular');
xlabel('Tiempo [s]');
ylabel('Amplitud');
ylim([-2 2]);
grid on;
hold off;

```

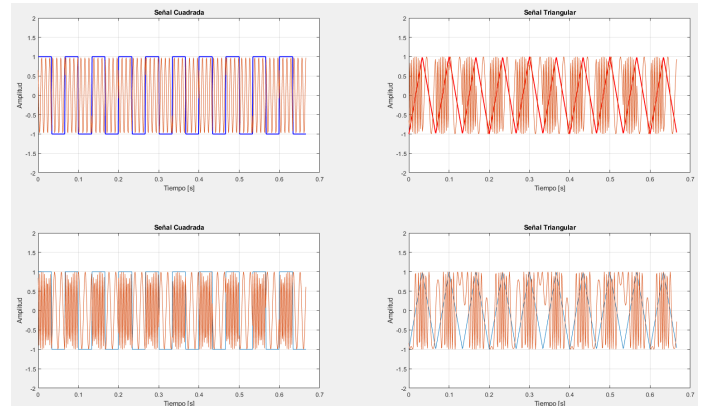


Fig. 1: Diferencias y relaciones entre la modulación FM y PM

REFERENCES

- [1] F. G. Stremmler, *Introducción a los Sistemas de Comunicación*, especial ed., 2006, edición Especial 2006.