

Carrera: Ing. en Computación
COMUNICACIÓN DE DATOS

1C – AÑO 2024.

Docentes: Mg. Ing. Martin Pico, Ing. Milton Pozzo

Trabajo de laboratorio 2 – Medición índice de modulación

COMPETENCIA ESPECÍFICA:

2. Planificar, dirigir, realizar y/o evaluar proyectos de relevamiento, análisis, especificación, diseño, desarrollo, implementación, verificación, validación, puesta a punto, mantenimiento y actualización, para todo tipo de personas físicas o jurídicas, de:

b. Sistemas de comunicación de datos y redes de información

RESULTADO DE APRENDIZAJE:

Que el estudiante sea capaz de:

- estudiar y determinar las características de los medios de comunicación.
- utilizar los instrumentos de laboratorio para determinar características de los sistemas de comunicación.

Objetivo: *realizar pruebas con instrumentos de laboratorio que permitan medir el índice de modulación de una transmisión AM.*

Objetivos específicos:

Que los estudiantes puedan:

- emplear instrumentos de laboratorio.
- realizar medidas de señales en líneas de transmisión.
- determinar características de señales moduladas.

Materiales necesarios

- Osciloscopio
- Generador de funciones
- PC y simulador de circuitos.

Introducción teórica

Cuando una señal de baja frecuencia se multiplica con una señal de alta frecuencia, se obtiene una señal de alta frecuencia cuya amplitud es modulada por una señal de baja frecuencia. La relación entre amplitudes de ambas frecuencias da una idea de la modulación. Este valor llamado índice de modulación m , puede variar entre 0 y 1.

Dada una señal portadora de alta frecuencia: $V_e = A_c \sin \omega_c t$

Una señal modulante de baja frecuencia: $V_m = A_m \sin \omega_m t$

Una señal modulada en amplitud por esta modulante tendrá la expresión:

$$V_{cm} = A_c (1 + m \sin(\omega_m t)) \sin(\omega_c t)$$

Cuando $\sin(\omega_c t) = 1$ y $\sin(\omega_m t) = 1$, se tiene el valor máximo de amplitud de la señal modulada: $V_{cm_{\max}} = A_c (1 + m)$

Cuando $\sin(\omega_c t) = 1$ y $\sin(\omega_m t) = -1$, se tiene el valor mínimo de amplitud de la señal modulada: $V_{cm_{\min}} = A_c (1 - m)$

Si hacemos el cociente entre estas dos condiciones, podemos despejar el valor de m

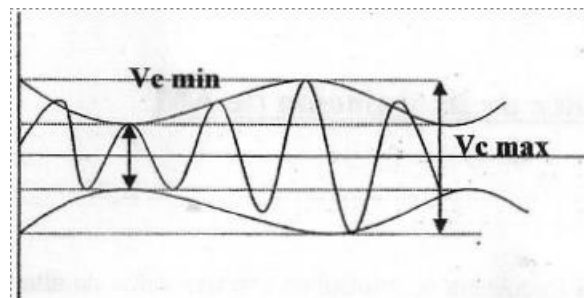
$$\frac{V_{cm_{\max}}}{V_{cm_{\min}}} = \frac{A_c (1 + m)}{A_c (1 - m)} \rightarrow m(\%) = 100 \frac{V_{cm_{\max}} - V_{cm_{\min}}}{V_{cm_{\max}} + V_{cm_{\min}}}$$

Si $V_{cm_{\min}} = 0$, $m = 1$. En esta condición la modulante tiene igual amplitud que la señal portadora.

Si $V_{cm_{\min}} = V_{cm_{\max}}$, $m = 0$. En esta condición la modulante tiene amplitud cero, lo que elimina la modulación.

Teniendo en cuenta estas condiciones, el valor de m debe ser mayor a cero y menor a uno.

Si $m > 1$, la señal resultante se verá distorsionada.



En la determinación de los valores de amplitud por medio de la visualización de la señal en el osciloscopio, a mayor desplazamiento vertical de la señal, mayor será la precisión del valor leído; por esta razón, para determinar los valores de m se usa el valor pico a pico de la señal portadora en los valles y crestas de la señal modulante.

Existen tres métodos gráficos que permiten medir el índice de modulación por observación en el osciloscopio.

Método del Trapecio

Con el método del trapecio se pueden ver problemas de asimetría y distorsión de la señal modulada, y da la relación entre el índice m y el desfase.

Esto permite calcular con mayor precisión el índice m que con el método directo de visualización de la señal modulada, ya que si hay asimetría o distorsión, el índice no será lineal y constante.

Si hay simetría en la modulación, se genera un trapecio que varía del valle de la señal modulante a la cresta de la misma forma lineal, siendo el trapecio perfecto.

En estas condiciones se aplica la fórmula:

$$\frac{V_{cm_{\max}}}{V_{cm_{\min}}} = \frac{A_c (1 + m)}{A_c (1 - m)} \rightarrow m(\%) = 100 \frac{A - B}{A + B}$$

Este método es un método gráfico que usa el modo XY del osciloscopio. En estas condiciones, al inyectar la señal modulada en el canal Y y la modulante en el canal X, se forma un trapecio que no es la tradicional elipse de las figuras de Lissajous, porque las señales no son de igual frecuencia. La figura formada indica cuantos lóbulos o cuantas veces es una frecuencia mayor que otra. Si la diferencia entre ellas es grande, los lóbulos se tocarían dando la sensación de que es una única figura continua en la pantalla.

La modulación del barrido horizontal desde el centro de la pantalla por la señal modulante de baja frecuencia moverá el haz hacia la derecha hasta alcanzar la máxima amplitud de la modulante (límite derecho por la pantalla), que también corresponderá con la cresta de la señal modulada. A partir de allí el haz se moverá a la izquierda hasta alcanzar el límite izquierdo de la pantalla, que corresponde con la máxima amplitud negativa de la modulante y con el valle de la modulada.

Las deflexiones vertical y horizontal estarán controladas por:

$$DV = Y[\text{div}] = K_v \cdot A_c (1 + m \sin(\omega_m t))$$

$$DH = X[\text{div}] = K_h \cdot A_m \sin(\omega_m t)$$

Donde K_v y K_h son las sensibilidades de deflexión vertical y horizontal del osciloscopio, las cuales se pueden cambiar controlando la ganancia o el atenuador. Siendo esta la ecuación de la recta de deflexión vertical en función del barrido horizontal:

$$Y = A_c \cdot K_v + X \cdot [(K_v \cdot m \cdot A_c) / (A_m \cdot K_h)]$$

La composición entre la envolvente superior de la modulada y la modulante (barrido X) da una recta de pendiente positiva que es el lado superior del trapecio. La envolvente inferior de la modulada y la modulante da la recta inferior de pendiente negativa del trapecio.

Estas dos rectas limitan la excursión de la frecuencia portadora. El borde izquierdo del trapecio está dado por el valor del valle inferior de la modulante, y el borde derecho por el valor de la cresta superior de la envolvente.

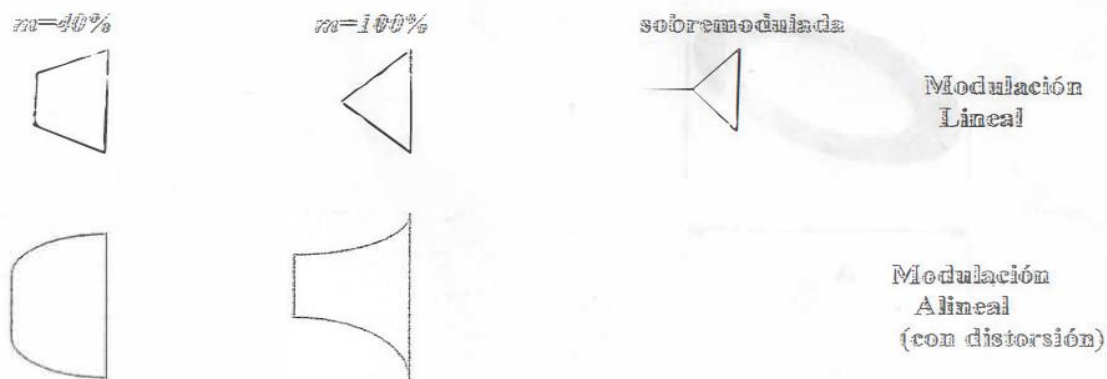
Si las señales no son perfectamente senoidales, el trapecio no es lineal indicando una distorsión.

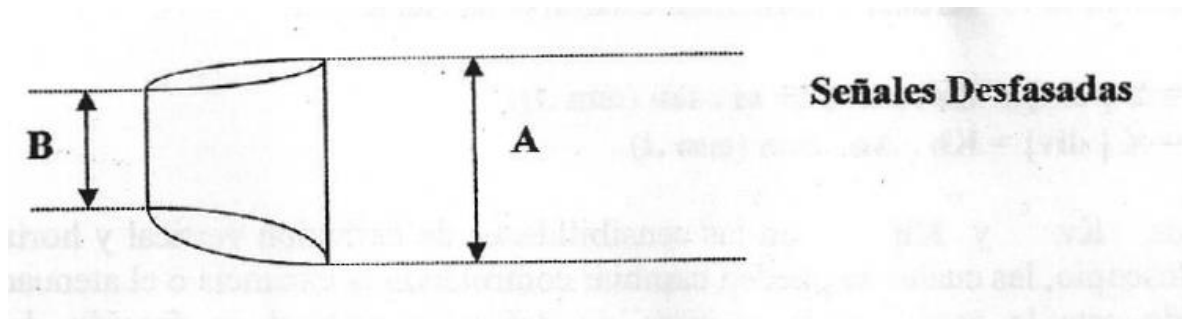
Si existe un desfase entre las señales de RF y AF, el trapecio se deforma y la medición se dificulta debiendo usarse algún tipo de dispositivo desfasador corrector.

El dispositivo desfasador se coloca en serie con las entradas del osciloscopio, donde está la modulante (o sea, se trata de compensar el desfase original de la modulante). El desfasador debe tener una reactancia capacitiva a la frecuencia de la modulante que produzca una caída de potencial similar a la producida por la resistencia, debiendo ser esta última aproximadamente de igual resistencia a la entrada del ORC.

Para ajustar la fase, es conveniente variar el capacitor usando un capacitor fijo en serie con uno variable. Si se varia la resistencia, el ajuste de fase necesario podría hacer que el valor resistivo sea muy pequeño, con lo cual la fracción de la señal ingresada al canal horizontal será pequeña y por lo tanto achicaría al trapecio.

El ajuste del capacitor o la resistencia, se hace hasta lograr que el trapecio presente una forma plana y en esas condiciones se determinan los valores de los bordes A y B.





Método barrido circular

Para la medición del índice m por medio de este método, se requiere de una red desfasadora para desfasar la señal modulada. En este método solo se requiere la señal modulada. Se inyecta la señal modulada en el canal vertical y la señal modulada desfasada en el canal horizontal.

Configurando el osciloscopio en modo XY se puede calcular el índice m .

Una consideración a tener en cuenta es que el valor del capacitor no debe ser muy grande. Si lo fuese, puede comportarse como un corto a la frecuencia de trabajo, y se vería una recta en la pantalla.

Al variar la amplitud de las señales de entrada, variará el tamaño de la elipse; en consecuencia, al modular la señal, tendremos un número grande de elipses que generan una figura elipsoidal de borde ancho.

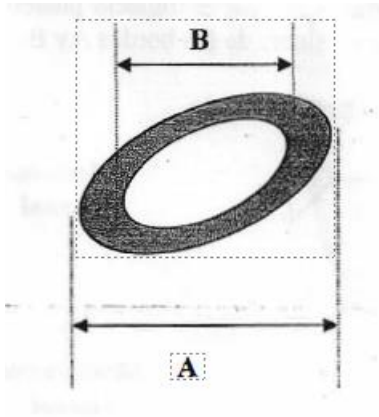
En ausencia de modulación, la figura se reduce a una simple elipse. Al aumentar el índice de modulación el ancho de la elipse irá aumentando.

Al tener modulación $m = 1$ se tendrá un área circular cerrada

Al sobremodular, el área seguirá aumentando y aparecerá un punto central cuyo brillo aumentará al aumentar la sobremodulación.

Para evitar problemas de captación de campos externos, conviene hacer la red RC con conexiones cortas, utilizando cable coaxial.

También se recomienda construir la red RC con baja Z por los mismos motivos. De ser posible, tómese el valor de R igual a las de salida del generador (o menor) y hágase el valor de C tal que su reactancia a la frecuencia de trabajo sea del mismo orden de la R



Consignas

Para realizar la experiencia se hará uso de los elementos del laboratorio y un simulador instalado en una PC.

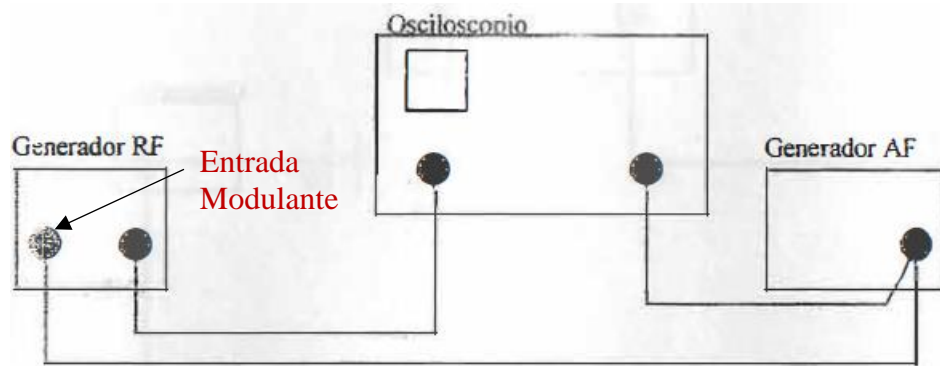
Previo al día de laboratorio.

- 1) Instalar un simulador de circuitos electrónicos, a elección, en por lo menos una PC por grupo. El simulador debe ser capaz de conectar osciloscopio, generadores y componentes electrónicos y correr una simulación de señales de los mismos.
- 2) Localizar guías de uso y manuales de los equipos a utilizar en el laboratorio e identificar las entradas y ajustes requeridos para realizar las actividades el día de la experiencia.
 - a) Osciloscopio:
 - i) Modelo: Owon SDS 7102E
 - ii) ¿Cómo se configura la función X/Y?
 - b) Generador de funciones:
 - i) Modelo: Owon AG 1022
 - ii) ¿Cómo se debe conectar para realizar la modulación?
 - c) Simulador a utilizar:
 - i) ¿Cómo se realizan los ajustes de los instrumentos dentro del simulador?
- 3) Investigar sobre modulación AM.
 - a) ¿Qué es? ¿Para qué se usa?
 - b) ¿Cómo se implementa?
 - c) ¿Qué consideraciones se deben tener en cuenta para aplicar este método y no perder información?
 - d) De los métodos de medición mencionados, ¿Qué información extra encuentra?
 - e) ¿Qué es la demodulación AM? ¿Con que circuito se realiza?

f) ¿Qué esquema sencillo de demodulador AM puede implementar?

Durante la experiencia en laboratorio.

4) Realizar el esquema de la imagen para emplear el método directo.



- Se selecciona la señal de portadora (RF) elegida para trabajar entre 1 a 10 MHz. Se inyecta una señal de AF desde el generador de audio a la entrada de la señal modulante del generador de RF.
- Se inyecta la salida del generador de RF al canal A del osciloscopio para visualizar la señal modulada en amplitud. Se toma la señal de AF como entrada externa para el sincronismo del barrido horizontal y se sincroniza con externo este barrido. También puede inyectarse la señal de AF al segundo canal y sincronizar el osciloscopio con este canal. Esto se hace para visualizar una señal estable con la señal de AF.
- Se varía la amplitud de la señal modulante (AF) para ver los efectos de modulación y sobremodulación.
- Se mide la amplitud pico a pico de la señal de R en 1os picos y valles de la envolvente de la portadora (modulante de AF). Se calcula el índice de modulación usando la expresión:

$$m(\%) = 100 \frac{A - B}{A + B}$$

- Hacer informe con los datos de los valores usados y obtenidos y los diagramas de las señales obtenidas en escala.
- 5) Realizar las mediciones con el método trapecio.
- Manteniendo el sistema usado en el método Directo, se inyecta la señal modulante al canal vertical B / X, para barrido externo, y se configura el osciloscopio en modo

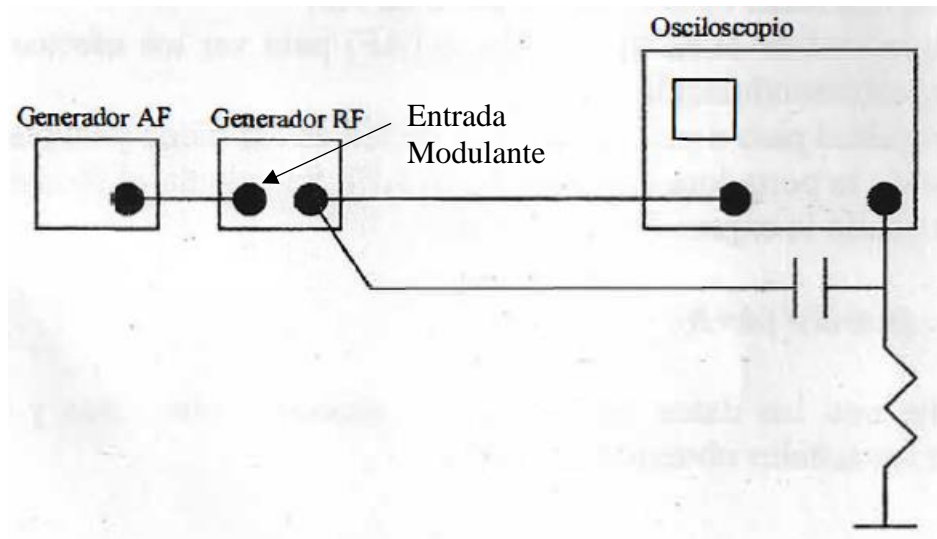
XY. Se ajusta la ganancia / atenuación de los canales a fin de obtener la mayor forma trapezoidal para mejor determinación de los valores de A y B.

- b) Se leen los valores de A y B y se calcula el índice de modulación si no hay distorsión del trapecio. Variar el índice desde 0 a 1 para ver los resultados. Sobremodular la señal y observar resultados.
- c) Si el trapecio presenta deformación en los lados superior e inferior conectar la red desfasadora y desfasar la modulante. Observar la forma trapezoidal. Leer los valores de A y B. Calcular el índice m usando la fórmula:

$$m(\%) = 100 \frac{A - B}{A + B}$$

- d) Hacer informe con los datos de los valores usados y obtenidos y los diagramas de las señales obtenidas en escala.

- 6) Realizar el esquema de la imagen para utilizar el barrido circular



- a) Configurar el osciloscopio en modo XY, y la base de tiempo en Ext.
- b) Con los valores de frecuencia y amplitud usado para las mediciones de los anteriores métodos, calcular el índice m leyendo los valores de A y B.

$$m(\%) = 100 \frac{A - B}{A + B}$$

- c) Variar el índice de modulación observando las formas de la elipse y describirla para el caso de $m = 1$, $m = 0$, y sobremodulación.
 - d) Hacer informe con los datos de los valores usados y obtenidos y los diagramas de las señales obtenidas en escala.
- 7) ¿Cómo podemos demodular la señal? Proponga un circuito sencillo y analice la respuesta con distintos valores de m.

El trabajo deberá ser realizado en grupos de hasta 3 personas las cuales deberán trabajar en conjunto en el laboratorio y ser capaces de explicar el funcionamiento a la hora de presentar el trabajo. Una vez definido los grupos, deberán preparar los instrumentos y armar el esquema de la figura.

La entrega deberá contar con un informe detallado de los conceptos y procedimientos. La justificación teórica de los distintos apartados deberá ser realizada en base a bibliografía.

El archivo deberá respetar los siguientes criterios:

- Formato: PDF
- Texto justificado
- Márgenes: Laterales: 3. Superior e inferior 2.5
- Tipografía y tamaño: Arial Tamaño 11
- Interlineado 1.5, espaciado posterior 6 y anterior 0
- Referencias y citas bibliográficas: APA 7ma edición.

La entrega del informe detallado será el día 20 de mayo del 2024, a través de la plataforma.