

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE SISTEMAS DE  
COMUNICACIONES**

**PRÁCTICA #1**

**ANÁLISIS DE LA SEÑAL SENOIDAL**

**PROFESOR: M.I. ELIZABETH FONSECA CHÁVEZ**

**ALUMNA. LEMUS RODRÍGUEZ ELOISA S.**

**GRUPO: 21**

## OBJETIVOS

Comprender la teoría de Fourier.

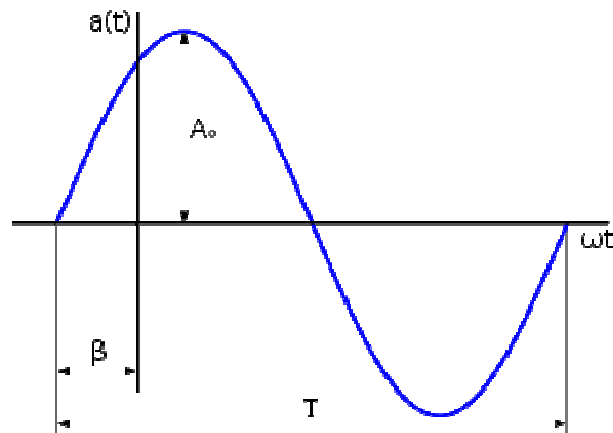
Conocer el funcionamiento del equipo del laboratorio, aprender a manejar el analizador de espectros y el generador de funciones, así como el osciloscopio.

Analizar las señales senoidales

## INTRODUCCIÓN

Algunos tipos de ondas periódicas tienen el inconveniente de no tener definida su expresión matemática, por lo que no se puede operar analíticamente con ellas. Por el contrario, la onda senoidal no tiene esta indeterminación matemática y presenta las siguientes ventajas:

- La función seno está perfectamente definida mediante su expresión analítica y gráfica. Mediante la teoría de los números complejos se analizan con suma facilidad los circuitos de alterna.
- Las ondas periódicas no senoidales se pueden descomponer en suma de una serie de ondas senoidales de diferentes frecuencias que reciben el nombre de armónicos. Esto es una aplicación directa de las series de Fourier.
- Se pueden generar con facilidad y en magnitudes de valores elevados para facilitar el transporte de la energía eléctrica.
- Su transformación en otras ondas de distinta magnitud se consigue con facilidad mediante la utilización de transformadores.



Parámetros característicos de una onda senoidal

Una señal sinusoidal,  $a(t)$ , tensión,  $v(t)$ , o corriente,  $i(t)$ , se puede expresar matemáticamente según sus parámetros característicos (figura 2), como una función del tiempo por medio de la siguiente ecuación:

$$a(t) = A_0 \cdot \sin(\omega t + \beta)$$

Donde:

$A_0$  es la *amplitud* en voltios o amperios (también llamado *valor máximo o de pico*),  
 $\omega$  la pulsación en radianes/segundo,  
 $t$  el tiempo en segundos, y  
 $\beta$  el ángulo de fase inicial en radianes.

La fórmula anterior se suele expresar como:

$$a(t) = A_0 \cdot \sin(2\pi ft + \beta)$$

donde  $f$  es la frecuencia en hercios (Hz) y equivale a la inversa del período  $f = \frac{1}{T}$ . Los valores más empleados en la distribución son 50 Hz y 60 Hz.

otros valores significativos de una señal sinusoidal:

- **Valor instantáneo ( $a(t)$ ):** Es el que toma la ordenada en un instante,  $t$ , determinado.
- **Valor pico a pico ( $A_{pp}$ ):** Diferencia entre su pico o máximo positivo y su pico negativo. Dado que el valor máximo de  $\sin(x)$  es +1 y el valor mínimo es -1, una señal sinusoidal que oscila entre  $+A_0$  y  $-A_0$ . El valor de pico a pico, escrito como  $A_{p-p}$ , es por lo tanto  $(+A_0) - (-A_0) = 2 \times A_0$ .
- **Valor medio ( $A_{med}$ ):** Valor del área que forma con el eje de abscisas partido por su período. El valor medio se puede interpretar como la componente de continua de la onda sinusoidal. El área se considera positiva si está por encima del eje de abscisas y negativa si está por debajo. Como en una señal sinusoidal el semiciclo positivo es idéntico al negativo, su valor medio es nulo. Por eso el valor medio de una onda sinusoidal se refiere a un semiciclo. Mediante el cálculo integral se puede demostrar que su expresión es la siguiente:

$$A_{med} = \frac{2A_0}{\pi}$$

- **Valor eficaz ( $A$ ):** su importancia se debe a que este valor es el que produce el mismo efecto calorífico que su equivalente en corriente continua. Matemáticamente, el valor eficaz de una magnitud variable con el tiempo, se define como la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de los valores instantáneos alcanzados durante un período:

$$A = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

En la literatura inglesa este valor se conoce como R.M.S. (*root mean square*, valor cuadrático medio), y de hecho en matemáticas a veces es llamado valor cuadrático medio

de una función. En el campo industrial, el valor eficaz es de gran importancia ya que casi todas las operaciones con magnitudes energéticas se hacen con dicho valor. De ahí que por rapidez y claridad se represente con la letra mayúscula de la magnitud que se trate (I, V, P, etc.). Matemáticamente se demuestra que para una corriente alterna senoidal el valor eficaz viene dado por la expresión:

$$A = \frac{A_0}{\sqrt{2}}.$$

El valor **A**, tensión o intensidad, es útil para calcular la potencia consumida por una carga. Así, si una tensión de corriente continua (CC),  $V_{CC}$ , desarrolla una cierta potencia  $P$  en una carga resistiva dada, una tensión de CA de  $V_{rms}$  desarrollará la misma potencia  $P$  en la misma carga si  $V_{rms} = V_{CC}$ .

## **MATERIAL**

Generador de funciones

Osciloscopio

Multímetro digital

Analizador de espectros

Cables de conexión

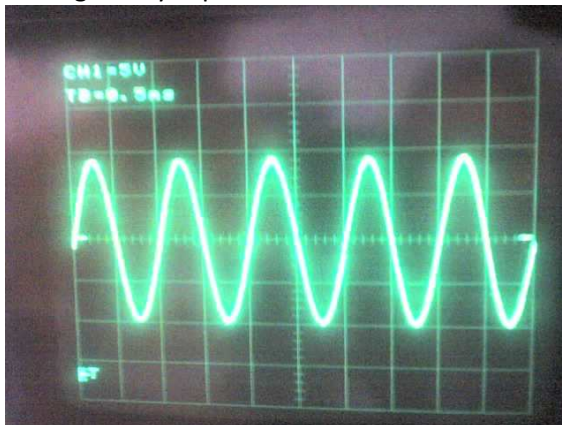
Adaptadores BNC-Banana ( en este caso se usaron BNC-Caimán)

## **DESARROLLO**

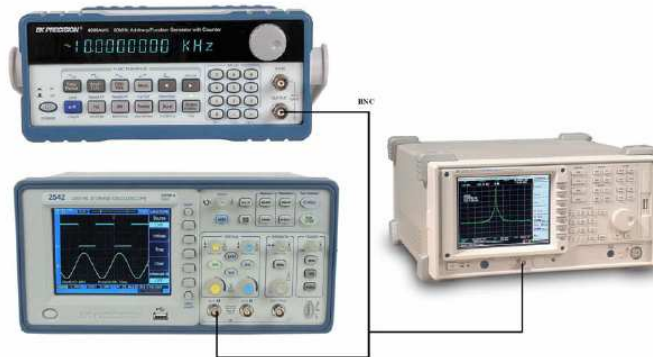
1.- ¿Qué espera aprender en esta práctica?

El porqué el estudio de las ondas senoidales, así mismo como sus aplicaciones y comportamientos de esta misma. Además, por ser la primer practica, espero aprender como usar el equipo de laboratorio, que si bien sé que este conocimiento quedará mejor fijado mientras más lo usemos y estemos en contacto con el.

2.- Genere una señal senoidal de 1KHz y 7 volts efectivos, obsérvela en el osciloscopio. Anote el oscilograma y espectro.



3.- Dibuje y explique el diagrama de conexiones utilizado.



Se hizo una conexión de cable BNC-Caimán con otro BNC-Caimán ya que no tenemos el BNC-BNC. Posteriormente se conectó un BNC a la salida del generador de señales y el otro extremo (BNC) al canal 1 del osciloscopio. Después se trabajó con el generador de señales y el analizador de espectro, conectando un BNC de la salida del generador a la entrada del analizador de espectro.

4.- Explique a que se debe la diferencia entre la lectura de voltaje realizada en el osciloscopio y la realizada en un multímetro.

En el osciloscopio se pueden ver además de los parámetros como voltaje y tiempo con los que se trabaja la onda que se esta generando. Con un multímetro sólo podemos leer los valores totales o en un punto, como voltaje en AC o DC, resistencia, etc., en sí, un multímetro, en su generalidad, responde un voltaje  $V_{rms}$ . En este caso más útil el osciloscopio porque se va a trabajar con ondas senoidales y nos interesa ver su comportamiento.

5.- ¿Cómo se llama al cociente de voltaje pico entre voltaje efectivo?

Es  $\sqrt{2}$ , queriéndonos decir que es el trabajo medio de estos dos valores.

6.- ¿Cuánto vale el cociente de  $V_{pico} / V_{efectivo}$  para una senoide?

$\sqrt{2}$

7.- ¿El factor  $\sqrt{2}$  es válido para calcular el valor efectivo de cualquier tipo de señal?

Justifique matemáticamente su respuesta.

Sí

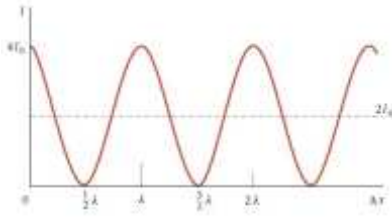
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\int_0^T X^2 dt}{T}}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\int_0^T X_m^2 \cos^2 \omega t dt}{T}}$$

$$V_{rms} = \frac{X_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\int_0^T (1 + \cos 2\omega t) dt}$$

8.- Anote y justifique la diferencia entre el espectro teórico y el obtenido experimentalmente en el pto. 3.

9.- Investigue y anote el espectro teórico de la señal coseinodal de 7 volts efectivos y 1KHz



10.- ¿Qué pasará con el espectro obtenido en el punto 2 para la señal de 1 KHz si la frecuencia de esta cambia a 2KHz?

Ocurre un desfaseamiento a la derecha.

11.- Investigue y anote el principio de superposición y cuál es su utilidad.

Este principio establece que dos campos de deformaciones se pueden combinar por *superposición* directa, y que el orden de aplicación no tiene ningún efecto sobre el estado final.

Cuando dos ondas con la misma frecuencia y amplitud se propagan en la misma dirección en sentidos opuestos e interaccionan se originan lo que se conoce como "ondas estacionarias".

La superposición de dos ondas de distintas longitudes de ondas produce fenómenos de interferencia. Consideremos dos pulsos que se propagan sobre una misma cuerda con sentido opuesto. Cuando ambos se encuentran, podemos saber cual es la perturbación resultante de la cuerda sumando los desplazamientos (perturbaciones) originadas para cada una de las ondas individualmente.

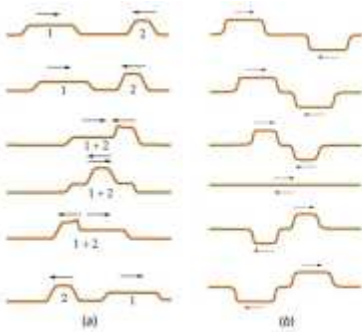
$$y(x,t)=y_1(x-vt)+y_2(x+vt) \text{ Principio de superposición.}$$

El principio de superposición afirma: Cuando dos ondas se combinan, la onda resultante es la suma algebraica de las ondas individuales.

En el caso de que las dos ondas sean idénticas, pero con valor inverso, llega un momento en el que la suma de los pulsos produce un desplazamiento nulo del punto de equilibrio. Sin embargo, hay que advertir que esto no significa que las ondas se anulen, pues un instante posterior siguen su camino. El fenómeno de la superposición es propio de las ondas.

12.- ¿Cumple el espectro con el principio de superposición? Realice un experimento que justifique su respuesta, y anote el espectro obtenido.

Pulsos de una onda iguales (invertidos) con sentidos opuestos. La separación de la cuerda en cada punto e instante se obtiene sumando directamente las separaciones que origina cada onda por separado. Obsérvese que cuando los desplazamientos individuales son opuestos, la cuerda queda en la posición de equilibrio.



13.- Demuestre matemáticamente los resultados obtenidos en el punto anterior.

$$Y_1 = A \cdot \sin(kx - \omega t)$$

$$Y_2 = A \cdot \sin(kx - \omega t + \delta)$$

$$Y_1 + Y_2 = A \cdot \sin(kx - \omega t) + A \cdot \sin(kx - \omega t + \delta)$$

$$= 2A \cdot \cos\left(\frac{\delta}{2}\right) \cdot \sin\left(kx - \omega t + \frac{\delta}{2}\right)$$

Si la diferencia de fase  $\delta$  es nula, tenemos *interferencia constructiva* pues las amplitudes se suman

$$Y_1 + Y_2 = 2A \cdot \sin(kx - \omega t)$$

Si la diferencia de fase es  $\delta = \pi$ ,

$$Y_1 + Y_2 = A \cdot \sin(kx - \omega t) + A \cdot \sin(kx - \omega t + \pi)$$

$$= A \cdot \sin(kx - \omega t) - A \cdot \sin(kx - \omega t) = 0$$

14.- ¿Qué se entiende por frecuencias armónicas?

Las frecuencias de los armónicos que más problemas generan en el flujo de potencia, son aquellas que son múltiplos enteros de la fundamental como son: 120, 180, 240, 300 y 360 ciclos/segundos.

La frecuencia del sistema es la primera armónica. Una frecuencia armónica es un múltiplo entero de una frecuencia fundamental.

15.- Es cierto que una senoide tiene armónicas. Demuéstrelo matemáticamente.

Si

$$i(t) = I_p \cdot \text{sen}(\omega_i t + \psi_i)$$

$$u(t) = U_p \cdot \text{sen}(\omega_u t + \psi_u)$$

$$a(t) = A_p \cdot \text{sen}(\omega_a t + \psi_a)$$

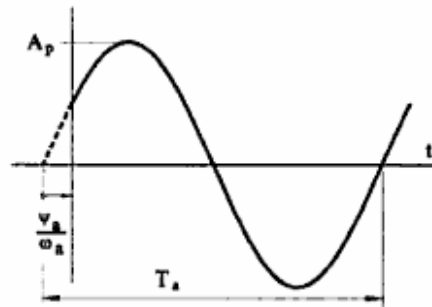


Figura 1.5. Función sinusoidal

$$u(t) = U \cdot \sqrt{2} \cdot \text{sen}(\omega_u \cdot t + \psi_u)$$

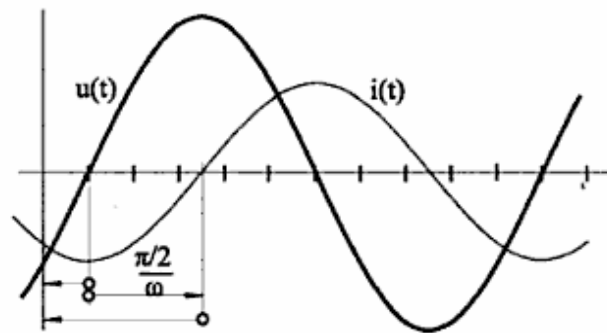


Figura 1.10. Tensión e intensidad en una autoinducción ideal

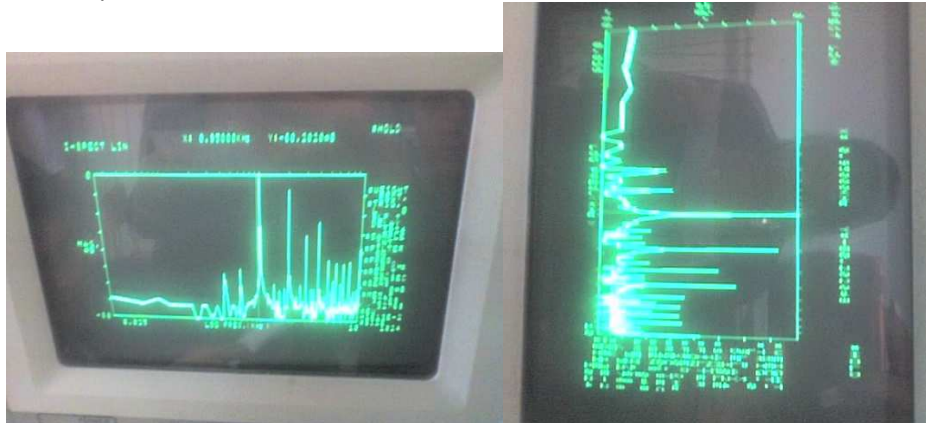
- 1º.  $\omega_i = \omega_u$  → Esto significa que ambas variables tienen la misma frecuencia
- 2º.  $\psi_u = \psi_i + \pi/2$  → Lo cual significa que los comienzos de cada función senoidal están separados tiempos distintos del origen de tiempos, justamente  $\pi/(2\omega)$ , de manera que el cero creciente de la tensión ocurre un cuarto de periodo antes que el cero creciente de la intensidad.
- 3º.  $U = I \cdot (L \cdot \omega)$  → Lo que establece que la relación de los valores eficaces entre tensión e intensidad es un coeficiente que ahora no corresponde a la resistencia sino a un valor llamada REACTANCIA y equivalente al producto del coeficiente de autoinducción por la pulsación y cuya notación es  $X_L$ . Su valor inverso se llamará SUSCEPTANCIA  $B_L$
- 4º.  $\varphi = + \pi/2$  → Es decir, en este caso el ángulo  $\varphi$  como diferencia entre los ángulos iniciales de la tensión y de la intensidad resulta ser  $+ \pi/2$  o  $90^\circ$ :

16.- ¿Por qué aparecen armónicas de la senoide en el analizador de espectros?

Porque en el analizador de espectros podemos checar las frecuencias relacionadas con voltajes y amplitud, este equipo nos permite ver los cambios que existen, así mismo como los ruidos, en caso de tenerlos.

17.- Usando la escala logarítmica del analizador de espectros observe las componentes armónicas de la onda senoidal de 1KHz y consigne el espectro en su reporte, anote comentarios.

En este caso se ven ondas más pequeñas y muchas rayitas, y pude observarv las rayitas del ruido que había filtrado por así decirlo.



18.- Midiendo en decibeles la diferencia de nivel entre la fundamental y alguna de las armónicas, calcule el voltaje de tal armónica. Anote sus cálculos.

$$RSR_v = V_{\text{señal}}/V_{\text{ruido}}$$

$$= 5/2.1$$

$$= 2.38$$

$$RSR'_v = 20 \log RSR_v \text{ [dBv]}$$

$$= 20 \log 2.38$$

$$= 7.53 \text{ [dBv]}$$

19.- Para la onda de 1KHz mida la diferencia de nivel entre la señal y el ruido, anótela en el reporte.

20.- Investigue y anote lo siguiente:

¿Qué son los decibeles?

El decibel es una unidad relativa de una señal, tal como la potencia, voltaje, etc. Los logaritmos son muy usados debido a que la señal en decibeles (dB) puede ser fácilmente sumada o restada y también por la razón de que el oído humano responde naturalmente a niveles de señal en una forma aproximadamente logarítmica.

¿Qué son los nepers?

Es una unidad de medida relativa que se utiliza frecuentemente en el campo de la telecomunicación, para expresar relaciones entre voltajes o intensidades. La diferencia fundamental entre ambas unidades (dB y neper) es que mientras el decibelio está basado en el logaritmo decimal de la relación de magnitudes, el neperio lo está en el logaritmo natural o neperiano de la citada relación, viniendo el número de nepers determinado por la fórmula:

$$Np = \ln \frac{x_1}{x_2} = \ln x_1 - \ln x_2$$

donde  $x_1$  y  $x_2$  son los valores relacionados, y  $\ln$  el logaritmo natural.

¿Qué son los dBm?

Es el valor en dB de una señal respecto a un factor de potencia de referencia de 1mW [milivatio].

$$G' = 10 \log (x[\text{mw}]/1[\text{mw}]) \text{ [dBm]}$$

¿Qué son los dBr?

Potencia de referencia de 1W (vatio)

$$\text{dBr} = 20 \log V + 10 \log (600/Z) + \text{factor de escala}$$

21.- ¿Cómo se puede expresar un voltaje en dB?

$$A' = 20 \log (x[\text{v}]/1[\text{v}]) \text{ dBv}$$

22.- Mencione 4 razones de la importancia del análisis frecuencial de señales en los sistemas de comunicaciones.

- En primera porque las señales las tenemos presentes en todo el ambiente que nos rodea y no podemos dejarlas de lado porque en cualquier acción que tenga que ver con nuestras señales va a estar involucrada.
- para que un experimento, proyecto o trabajo quede acoplado a las mediads ambientales debemos de checar el "ruido", de ahí que es importante estudiar que tanto nos afecta, siendo esto en frecuencias de señales.
- Para la optimización de transferencia de datos (que están relacionadas en los sistemas de señales, en la manera en que estas se van a distribuir)
- Otra causa podría ser el ahorro de recursos dependiendo de los factores en los que se vaya a trabajar.

## **CONCLUSIONES**

Respecto al ejercicio numero uno que fue generar una señal senoidal de 1KHz y 7 volts efectivos, tuvimos que calcular el valor pico

$$V_p = V_{\text{efect}} * \sqrt{2} = 9.89 V_p$$

El cual tuvimos que ingresar para que la senoidal nos saliera ya que como sabemos el valor pico corresponde al valor máximo de amplitud que obtiene

una onda periódica. Pudimos notar como en el espectro teníamos un poco de ruido, pero si pudimos observar las armónicas.

Cuando se cambio la frecuencia de 1KHz a 2 kHz pudimos observar un desplazamiento de la señal a la derecha, además de que su periodo cambio, hizo un ciclo en menos tiempo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Neper>

<http://web.frm.utn.edu.ar/medidase2/varios/dB.pdf>

[http://books.google.es/books?id=xxFBr6QrBroC&pg=PA37&lpg=PA37&dq=arm%C3%B3nicas+de+senoides&source=bl&ots=rYqGMo0H49&sig=ZDtoQHuuGIMZHt5NYMpaWBVJvD0&hl=es&ei=TAObSpXVDIuxtgfAl\\_S5BA&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=4#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.es/books?id=xxFBr6QrBroC&pg=PA37&lpg=PA37&dq=arm%C3%B3nicas+de+senoides&source=bl&ots=rYqGMo0H49&sig=ZDtoQHuuGIMZHt5NYMpaWBVJvD0&hl=es&ei=TAObSpXVDIuxtgfAl_S5BA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4#v=onepage&q=&f=false)

<http://goliat.mecanica.upm.es/~smuelas/elasticidad/node17.html>

<http://goliat.mecanica.upm.es/~smuelas/elasticidad/node17.html>

[http://mural.uv.es/miyallon/fisicageneral2/Tema04\\_c.pdf](http://mural.uv.es/miyallon/fisicageneral2/Tema04_c.pdf)

<http://www.monografias.com/trabajos21/armonicos/armonicos.shtml>.