

PRACTICA No. 4

TEMA: “ALTERACIONES EN LAS SEÑALES DISTORSIÓN Y RUIDO”

1. OBJETIVOS

- Familiarizar al estudiante con las alteraciones que sufren las señales del tipo distorsión (lineal y no lineal) y ruido (blanco gaussiano) en los sistemas de comunicaciones.
- Aplicar MATLAB para analizar las alteraciones de las señales en el dominio del tiempo.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Distorsión

En un sistema de comunicaciones como el de la Figura 1, donde $x(t)$ es señal de entrada al canal de transmisión y $y(t)$ representa la señal recibida, se dice que está libre de distorsiones si su función de transferencia $F(\cdot)$ se comprende de solo una ganancia y un retardo, tal como se puede ver en la ecuación (1).

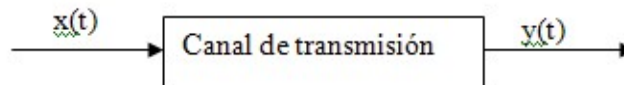


Figura 1. Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones

Siendo

$$\begin{aligned} y(t) &= F(x(t)) \\ y(t) &= k \cdot x(t - t_d) \end{aligned} \quad (1)$$

En donde

k : Ganancia constante

t_d : Retardo,

Y la respuesta de frecuencia $H(f)$ de este sistema sin distorsión será, por tanto:

$$H(f) = k * e^{-j2\pi f t_d} \quad (2)$$

La distorsión ocurrirá cuando la función de transferencia $F(\cdot)$ sea diferente de la forma vista en la ecuación (1).

➤ **Distorsión lineal**

La distorsión lineal aparece cuando la función de transferencia que correspondiente al canal de comunicaciones no se comporta como un canal ideal (atenuación constante y velocidad de propagación constante para cualquier frecuencia). Ahora $F(\cdot)$ es una función lineal, como por ejemplo, la de un filtro cuya ganancia o retardo varíe con la frecuencia, haciendo que la señal sufra de una distorsión en su forma de onda.

- *Distorsión lineal de amplitud:*

Un sistema Lineal e Invariante presenta distorsión lineal de amplitud si dentro de la banda de la señal $x(t)$, se cumple que:

$$|H(f)| \neq k \quad (3)$$

Esta distorsión se produce cuando algunas componentes de la señal de entrada no son amplificadas en la misma medida que las demás, por lo que la señal de salida resultante aparecerá distorsionada en amplitud.

- *Distorsión lineal de fase:*

Un sistema Lineal e Invariante presenta distorsión lineal de fase si dentro de la banda de la señal $x(t)$, se cumple que:

$$\theta[H(f)] \neq -2\pi ft_0 \quad (4)$$

Esta forma de distorsión ocurre cuando no todas las componentes de la señal de entrada son amplificadas con el mismo cambio fase, haciendo que algunas partes de la señal de salida se encuentren fuera de fase con el resto de la señal.

➤ **Distorsión no lineal**

La distorsión no lineal o distorsión en frecuencia modifica la forma de onda de la señal de entrada por causa de la generación de nuevos tonos debido a un comportamiento no lineal del sistema de transmisión (generalmente por amplificadores trabajando en la zona de cuasi-linealidad). Estos tonos pueden ser armónicos de las componentes de la señal, productos de la intermodulación (para dos o más tonos componentes), productos de auto modulación y productos de la modulación cruzada. Los dos primeros dan lugar a la aparición de nuevas componentes en el espectro de la señal, mientras que los dos últimos suman (o restan) señal a las frecuencias de los tonos componentes originales.

2.2 Ecualización

Se utiliza para eliminar la distorsión lineal. Modifica el contenido en frecuencias de la señal que procesa. Para ello, cambia las amplitudes de sus coeficientes de Fourier, y otros en cambio actúan sobre la fase de las señales que procesan, en lugar de actuar sobre la amplitud.

2.3 Ruido

En una situación real, las señales involucradas en los sistemas de telecomunicación se ven perturbadas por diferentes fuentes de ruido. El ruido tiene naturaleza aleatoria, aunque a menudo se puede modelar como un proceso estocástico.

Existen varios tipos de ruido:

- **Ruido térmico (Ruido blanco):** Causado por la agitación térmica de los electrones dentro del conductor. Este tipo de ruido no se puede eliminar y varía con la temperatura.
- **Ruido de intermodulación:** Aparece al transmitir por el mismo medio dos o más señales con distintas frecuencias, lo que puede originar la creación de señales

adicionales que son resultado de la suma o resta de las frecuencias de las señales originales.

- Diafonía: Se produce debido al acoplamiento entre las líneas que transportan las señales.
- Ruidos impulsivos: Ruido formado por pulsos o picos de corta duración que pueden ser originados por tormentas eléctricas o fallos en los sistemas.

La fuente de ruido que presenta mayor contribución es la ocasionada por el ruido térmico debido a los propios componentes electrónicos del sistema, la cual no se puede eliminar en su totalidad.

3. TRABAJO PREPARATORIO

- 3.1 Elaborar un GUI en MATLAB que permita graficar en tres ventanas, la señal resultante de la suma de tres señales senoidales de amplitud A_1 , A_2 y A_3 respectivamente a distintas frecuencias en función del tiempo, en la otra ventana la señal resultante de la suma de las mismas señales tras aplicar a la segunda una atenuación/ganancia en tensión de α_1 y a la tercera de α_2 (αx debe ser mayor a 0), y en la última ventana la resultante de las mismas señales, tras aplicar un retardo de fase (medida en radianes) en la segunda señal de β_1 respecto a la primera y de β_2 respecto a la tercera. El programa deberá permitir ingresar amplitudes, frecuencias, α_1 , α_2 , β_1 y β_2 . Además en una gráfica diferente mostrar el espectro de frecuencia de las tres señales resultantes y notar la variación.
- 3.2 Generar un archivo.m que permita graficar $x(t)$ y $y(t)$ en función del tiempo en dos ventanas diferentes. Graficar el espectro de amplitud de las dos señales anteriores. (Las cuatro ventanas en la misma figura). Notar las diferencias entre la señal de salida y la original.

Grupo 1: (GR1): Lunes 14 - 16

$$x(t) = A * \text{sen}\left(\frac{2}{3}\pi ft\right)$$

$$y(t) = x(t) + 5 * x^3(t) - 3 * x^5(t)$$

$x^5(t)$

Grupo 2: (GR2): Martes 14 - 16

$$x(t) = A * \text{sen}(4\pi ft)$$

$$y(t) = \frac{1}{2}x(t) + \frac{2}{3} * x^2(t) - x^3(t)$$

Grupo 3: (GR3): Miércoles 16 - 18

$$x(t) = A * \text{sen}\left(\frac{2}{5}\pi ft\right)$$

$$y(t) = 3 * x(t) - x^2(t) + 7 * x^4(t)$$

$x^4(t)$

4. PARTE PRÁCTICA

- 4.1 Probar los archivos .m desarrollados en el preparatorio.
- 4.2 Generar una señal cuadrada y una señal diente de sierra de amplitudes A , y frecuencia f ; y adicionarle ruido blanco a cada una. Mostrar las componentes de frecuencia de la señal antes y después de adicionar ruido.

- 4.3 Pasar las señales del ejercicio 4.2 por un filtro pasa banda, con el fin de reducir el efecto de las componentes no deseadas generadas por la distorsión no lineal. Presentar en una figura la señal filtrada y su espectro.
- 4.4 Generar mediante un archivo .m una suma de señales senoidales de amplitud A , y distintas frecuencias f ; y hacer pasar a esta señal por un filtro pasa altos. Mostrar la señal antes y después del filtro, y notar la diferencia entre ambos casos. Mostrar la variación de la función densidad espectral de potencia.

5. INFORME

- 5.1 Presentar los archivos .m generados durante la práctica con comentarios sobre lo que se realiza en cada línea del código.
- 5.2 Realizar en Simulink los ejercicios 4.3 y 4.4.
- 5.3 Analizar los resultados obtenidos tanto en la práctica, como en el trabajo preparatorio.
- 5.4 Incluir dentro del informe conclusiones y recomendaciones obtenidas luego de la realización de la práctica.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A.V. Oppenheim, A.S. Willsky, S. Hamid, “Signals and systems”, 2da ed., Ed.: Prentice Hall, 1997.