

Práctica 4: MODULACIONES ANGULARES

JUAN SEBASTIAN AVILA DIAZ - 2200524
JOSE EDUARDO BELTRÁN GÓMEZ - 2184677

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones
Universidad Industrial de Santander

3 de diciembre de 2023

Resumen

En esta práctica, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de las señales de radio. Examinaremos en profundidad lo que sucede cuando estas señales de radio están moduladas utilizando diversas técnicas de modulación, como la modulación angular y la lineal. Para ello, utilizaremos el software GNU RADIO, así como herramientas prácticas como el osciloscopio y el analizador de espectro. El objetivo es realizar un escaneo detallado de las estaciones de radio y lo que transmiten. A través de este análisis, podremos determinar los diferentes componentes de transmisión de la banda base FM. Este estudio nos permitirá entender mejor cómo se modulan y transmiten las señales de radio, y cómo estas técnicas de modulación afectan a la calidad y eficacia de la transmisión.

Palabras clave: *modulacion FM, ancho de banda, banda base FM, indice de modulacion.*

1. Introducción

- Al receptar las emisoras a través del software nos permite observar el comportamiento de la señal captada, esto es de gran utilidad debido a que nos ayuda a entender lo que se transmite, gracias a esto podemos ver los diferentes componentes de transmisión de señal banda base FM.

Las pruebas realizadas en laboratorio a estaciones de radio FM no solo nos brindan conocimientos y competencias sobre la modulación y demodulación[1], señales de frecuencia, sino que también facilitan avances los sistemas de comunicación.

Estas pruebas ofrecen un análisis exhaustivo de las señales de RF, lo que contribuye a identificar áreas para optimización e implementar mejoras específicas. La practica nos enriquece en conocimiento y técnicas de gran utilidad para modular e demodular las señales de radio lo que nos permite mejo-

rar su audio como otros parámetros para tener una mayor calidad de la señal captada.

- Comparando la medición angular con las modulaciones lineales se tienen varias ventajas en cuanto a banda estrecha como pudimos observar en la practica, como primera ventaja la reducción del ruido ya que En las transmisiones de modulación angular, la información se encapsula en las variaciones angulares de la señal portadora, lo que reduce su susceptibilidad a los efectos del ruido aditivo. Como resultado, se obtiene una señal de mejor calidad y una mayor tolerancia a las interferencias.

Por otra parte la modulación angular en FM nos ayuda a tener una mejor calidad en la señal de audio transmitida como lo es en la radio FM. como observación, la modulación angular tiene ciertas ventajas en cuanto a la modulación lineal pero ambas son técnicas utilizadas para transmitir información a través de señales portadoras por lo cual ambas son de gran utilidad para las señales FM.

- Al realizar mediciones de modulaciones angulares de banda ancha tanto en el analizador de espectros como en el osciloscopio durante nuestra práctica de laboratorio, hay algunas consideraciones mínimas que debemos tener en cuenta como los son.

La configuración inicial de los equipos del laboratorio como son el analizador de espectro y el osciloscopio. Esto incluye ajustar la frecuencia central, el ancho de banda de resolución, el rango de escala y el acoplamiento de entrada en el analizador de espectros, así como la escala de tiempo. para el analizador de espectro tener presente ajustar el RBW lo suficiente para poder ver todas las partes de altas y bajas amplitudes de la señal modulada.

- Para general señales moduladas de banda ancha debemos tener en cuentas ciertas condiciones las

cuales nos permiten captar mejor la señal transmitida. El ancho de banda es algo primordial a tener en cuenta ya que las modulaciones angulares requieren un ancho de banda mayor que las modulaciones de amplitud. Se debe asegurar de que tenga suficiente ancho de banda para transmitir la señal modulada, por otra parte el ruido sigue siendo un factor crucial debido a que una de las ventajas de esta técnica es que permite discriminar de forma eficiente las interferencias y el ruido, sin embargo, se debe tener cuidado con que cualquier sistema de comunicación está sujeto a cierto nivel de ruido e interferencias.

- Esta practica fue esencial para afianzar habilidades en cuanto modulación angular FM, de manera que se puso en practica el como ver lo que transmite la señal de radio banda base FM[2], calcular diferentes potencias que tiene la señal, calcular ancho de banda, gran habilidad de identificar la cantidad de coeficientes espectrales presentes en una señal, por ultimo el correcto manejo de los equipos de medición los cuales nos brindan informacion precisa y concreta cuando se utilizan de manera correcta.

2. Procedimiento

- Para poder describir el funcionamiento del sistema empleado y simulado gracias a GNU-Radio para el desarrollo de esta practica es muy importante estudiar el comportamiento de sus componentes:

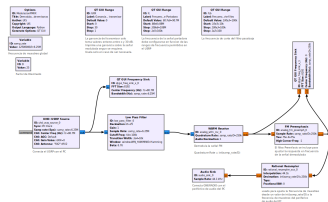


Fig. 1: sistema empleado

El bloque UHD:USRP Source, para el caso del sistema planteado cumple la función de sincronizar el USRP con la señal de reloj de la PC, además que evita el uso de un acelerador ya que cumple la misma finalidad que un de estos, los parámetros que se ajustaron fueron la frecuencia de muestreo, la frecuencia central y valores correspondientes a la ganancia.

El filtro pasa bajas mantiene el mismo funcionamiento que se estudio en los cursos de circuitos, por lo cual es usado para dejar pasar las frecuencias deseadas por debajo de determinado valor. WBFM Reseive para el caso del sistema cumple la función de demodular la señal FM, a su entrada tenemos una señal compleja y la salida demodulada corresponde a una flotante.

FM preemphasis es un filtro que se añade a la salida del demodulador y este se encarga de ajustar la respuesta en frecuencia de esta señal. Rational Resampler cumple un papel muy importante en el funcionamiento del esquemático ya que se encarga de ajustar la frecuencia de muestreo del sistema a la frecuencia de muestreo del periférico de audio del PC. Audio sink conecta GNURADIO con el periférico de audio del PC para así poder escuchar la señal resultante.

En el funcionamiento del sistema lo primero que se realiza es una sincronización entre PC y USRP, para posteriormente realizarse un filtrado en la señal, pasándose por un demodulador FM[3] y a partir de otro proceso de filtrado se adapta la respuesta en frecuencia, para posteriormente realizar un proceso de ajuste en los valores de frecuencia de muestreo para poder escuchar las señales obtenidas en el PC.

- El método que se uso para estimar el ancho de banda de las emisoras fue el criterio de los 20 dB, el cual en términos sencillos consiste en hacer una revisión del espectro hasta encontrar la componente espectral con mayor potencia, a partir de esta se mide con los cursores una diferencia de 20 dB verticalmente, gracias a la consideración anterior se puede saber hasta cuales componentes nos importara medir la potencia de la señal y la diferencias de las frecuencias en las cuales estén ubicadas representaran el ancho de banda.

El método se uso debido a que es el mas óptimo para realizar la medida del ancho de banda analizando el espectro, además la sencillez para implementarlo y el poco error que genera lo hace muy confiable.



Fig. 2: Calculo de ancho de banda para emisora(96.9 MHz)

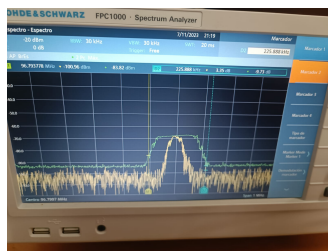


Fig. 3: Calculo de ancho de banda para emisora(99.7 MHz)

- Para que una señal banda base contenga todos los servicios presentados por las emisoras FM debe incluir la siguiente información:

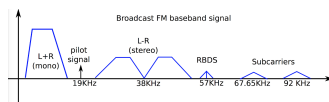


Fig. 4: Servicios de las señales FM

Entre las emisoras estudiadas para estas practica, en la señal correspondiente a W Radio podemos apreciar como esta incluye todos los servíos: señal piloto, stereo, mono, RBDS y las subportadoras.

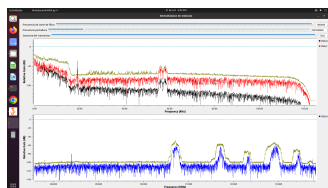


Fig. 5: Servicios presentes en la señal de W Radio

La idea básica de una emisora FM consiste en transmitir dos canales, el canal principal se compone

por la suma L+R y el canal secundario por L-R.

L+R representa la suma del canal derecho y izquierdo ocupando la banda de los 30 Hz a 15 KHz, mientras que L-R se modula por DSB sin portadora a una frecuencia de 38 KHz, obteniendo así el canal secundario que ocupa la banda entre 23 KHz y 53 KHz. La señal piloto es transmitida a una frecuencia de 19 KHz y cumple la función de ayudar con la demodulación del canal secundario. Por ultimo se tiene el canal digital de baja velocidad RBDS el cual cumple la función de transmitir texto[4].

- Las emisoras que analizamos en el desarrollo de este laboratorio las tomamos de tal manera que pertenecieran a la ciudad de Bucaramanga, la mayor parte de estas fueron seleccionadas del documento proporcionado para la actividad(Plan Técnico nacional de radiodifusión sonora FM) por lo cual todas estas cumplen con el PTNRS. Por curiosidad se probaron otras frecuencias y se analizo que las emisoras halladas incluyeran todos los servicios, entre ellas encontramos que UTS TU RADIO ESTEREO no contaba con algunos de ellos.
- La envolvente compleja creada en el laboratorio tenia dos comportamientos según el caso que se analizara, si $K_p \cdot A_m$ era mejor que 0.3, se podía medir entre los picos de la envolvente el tiempo T_m el cual coincide con ser el periodo del mensaje. Cuando $K_p \cdot A_m$ era mayor que 30, no se podían observar cosas muy importantes en el osciloscopio, lo anterior se debe a que no se tiene una frecuencia constante entre los máximos de la envolvente.

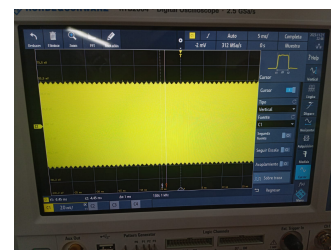


Fig. 6: $K_p \cdot A_m < 0.3$

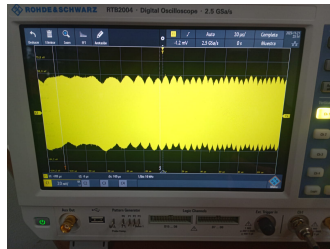


Fig. 7: $K_p \cdot A_m > 30$

- Cuando se tiene un índice de modulación menor que 0.3 puede hablar de una señal FM banda estrecha, de esta se pudo concluir que se comportaba muy similar a una señal AM ya que se podía observar el espectro correspondiente a la portadora y a las bandas lateral inferior y superior.

Para modulaciones de banda ancha, se tenían muchas mas componentes espectrales cuyo comportamiento correspondía a la de una señal FM, para medir el índice de modulación de estos casos de manera experimental se pueden utilizar el criterio de los 20 dB o la regla de Carlson.

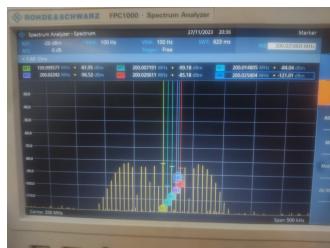


Fig. 8: calculo de ancho de banda

- Cuando el $K_p \cdot A_m$ era menor que 0.3 era posible medir en el osciloscopio el periodo y a su vez la frecuencia del mensaje. Cuando $K_p \cdot A_m$ era muy grande la frecuencia de la señal obtenida era variable y de esta no se podía hallar ningún dato específicamente.
- Los parámetros que afectan al índice de modulación de manera directamente proporcional son el coeficiente de sensibilidad y la amplitud del mensaje, además de lo anterior estos valores también tienen relación con la máxima desviación de frecuencia. Para el caso de la frecuencia del mensaje se ve que esta tiene relación con el ancho de banda

y la amplitud de la portadora afecta directamente en los cálculos de potencia.

- En la modulación PM aplicar un offset en el mensaje genera desfases considerables en la señal que resulta del proceso de modulación, para FM aplicar una componente de continua puede llegar a desplazar la frecuencia central de la señal modulada. Lo anterior puede generar distorsiones y interferencias además de dificultar el proceso que se requiere para recuperar la señal de interés.
- En las modulaciones angulares es muy importante controlar la amplitud del mensaje ya que de este parámetro depende de manera directamente proporcional el índice de de modulación, en el caso del nivel de continua al generar un desfase en la señal modulada puede dificultar la recuperación de la señal de interés lo cual no es un efecto muy deseado.

Por ultimo controlar el ancho de banda permite aprovechar mejor el espectro y ayuda a evitar interferencias en la transmisión (además sabemos que a cada emisora se le da un ancho de banda que no debe superar para evitar problemas legales).

- Por la teoría se tiene el conocimiento de que es posible implementar la modulación FM a partir de un modulador PM, si se integra el mensaje a la entrada del sistema. Tomando en cuenta lo anterior para realizar el montaje en GNURADIO resulta necesario introducir un bloque que cumpla la función de realizar la integración, la principal limitación sería que al realizar este proceso se generara una constante correspondiente a la derivada interna para el caso de una sinusoidal por ejemplo. Este factor debe tenerse en cuenta porque afecta directamente la amplitud del mensaje con la que se está modulando la frecuencia de la portadora.

3. Conclusiones

- Al observar la respuesta en frecuencia de la señal modulada en FM, se encuentra que la distancia entre cada una de las componentes espectrales corresponde a la frecuencia del mensaje y a medida que este parámetro aumenta también se puede concluir que el ancho de banda sufre un incremento.
- Cuando el índice de modulación toma valores iguales o menores a 0.3 se puede observar que la respuesta en frecuencia corresponde a los resultados



esperados para una modulación AM, lo anterior se concluyo al observar en la respuesta en frecuencia el espectro correspondiente a la frecuencia portadora, banda lateral superior y inferior respectivamente.

- La modulación FM tiene gran utilidad para el mejoramiento y transmisión de la señal gracias a las técnicas que se tienen como la modulación angular y la modulación lineal las cuales fueron de gran utilidad en la practica, demostrando porque una de ellas es de mayor fidelidad, esto mayor mente por la reducción de ruido.

Referencias

- [1] V. Pérez, “Capítulo 6 modulación angular,” 2020, (Accedido el 28 de noviembre de 2023). [Online]. Available: https://personales.unican.es/perezvr/pdf/CH6ST_Web.pdf
- [2] FMUSER. (2023) Fm stereo baseband transmit data and implementation of the principle of information. [Online]. Available: <https://es.fmuser.org/news/Fm-transmitter/FM-stereo-baseband-transmit-data-and-implementation-of-the-principle-of-information.html>
- [3] M. Martín Fernández, “Modulaciones angulares,” 2013, (Accedido el 28 de noviembre de 2023). [Online]. Available: <https://www.lpi.tel.uva.es/~marcma/tts/pdfs/tema4.pdf>
- [4] “Analógicas: Comunicaciones modulaciones AM y FM.” [Online]. Available: https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/69406/5/Sistemas%20de%20comunicaci%C3%B3n%20I_M%C3%B3dulo%202_Comunicaciones%20anal%C3%B3gicas,%20modulaciones%20AM%20y%20FM.pdf