

Práctica 4: MODULACIONES ANGULARES

JHONATAN FELIPE VALEST FLORES - 2184672
WILLIAM ANDRES ARIZA VILLAMIZAR - 2184684

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

2 de diciembre de 2023

Resumen

La siguiente práctica se enfoca en el análisis de las modulaciones PM ya sea en su dominio de frecuencia o tiempo, para la experiencia se contó con una red de antena que permitía sintonizar las emisoras FM de Bucaramanga, se caracterizó cada señal FM, se halló ancho de banda, potencia y finalmente se analizó si la emisora cumplía con su respectivo ancho de banda

Palabras clave: PM, Emisoras, Antena, Ancho de Banda, Frecuencia.

1. Introducción

- Al realizar la medición de emisoras en la práctica de laboratorio nos damos cuenta la importancia de aprovechar y manejar los equipos y programas propuestos para dar una mejora a lo que es la recepción y transmisión de señales FM, modificando parámetros, creando sistemas que mejoran el rendimiento del proceso o prácticamente la optimización del sistema que usamos para esto que estamos aprendiendo durante la practica que es el análisis, caracterización y modulación de señales FM.
- Las ventajas de la modulación angula frente las lineales en banda estrecha son que nos ofrecen menor ruido, aparte se aprovecha mejor la potencia obtenida porque es más eficiente en términos espectrales. Esto significa que pueden transmitir más información en un ancho de banda limitado, lo cual es crítico en entornos donde el espectro electromagnético.
- Para medir las modulaciones angulares de banda ancha en el analizador de espectros debemos tener en cuenta el rango de frecuencia usado, este tiene que ser adecuado para que cubra la banda lateral y la portadora. El ancho de banda debe ser el necesario para que cubra toda la señal y componentes

importantes de la señal modulada, para señales de baja frecuencia se tiene en cuenta la sensibilidad de los equipos y por ultimo la resolución de estos para realizar precisamente las mediciones y poder tener una caracterización certera.

- Entre las consideraciones mínimas a tener en cuenta para la generación de señales PM de banda ancha desde el SDR están:
 - **Ancho de Banda de la Señal:** Definir claramente el ancho de banda de la señal a generar. Esto es esencial para garantizar que el SDR sea capaz de producir una señal dentro de ciertos límites.
 - **Resolución y Rango Dinámico:** Asegurarse de que el SDR tenga la resolución y el rango dinámico adecuados para las señales que está generando. Esto afectará la capacidad del DEG para representar con precisión señales fuertes y débiles.
 - **Frecuencia de Muestreo:** Configurar la frecuencia de muestreo SDR correctamente. La frecuencia de muestreo debe ser lo suficientemente alta para evitar el aliasing y capturar la información necesaria para la señal que queremos.
 - **Calibración del SDR:** La calibración del SDR adecuada garantiza mediciones precisas. Esto puede incluir la corrección de posibles errores de frecuencia o amplitud del hardware del SDR.
 - **Sincronización Temporal:** Si está generando señales moduladas en ángulos que involucran múltiples canales o técnicas, los componentes deben sincronizarse en el tiempo para evitar problemas de alineación temporal.

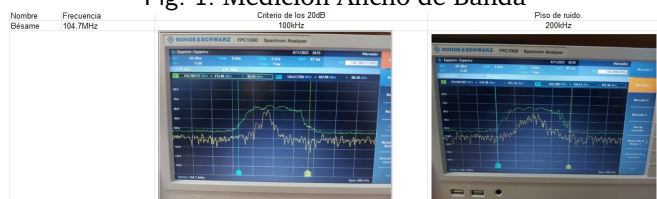
- **Gestión de Potencia:** Asegurarse de que el flujo de señal generado esté controlado adecuadamente para evitar la saturación o distorsión del SDR. Esto es importante cuando generamos señales de alta potencia.
 - **Filtrado y Atenuación:** A veces es necesario utilizar técnicas de filtrado y atenuación para reducir el ruido y garantizar que la señal cumpla con las especificaciones que queremos.
- Durante la practica se logra entender cosas muy importantes lo que nos conlleva a adquirir ciertas habilidades con respecto al tema propuesto y el manejo de la práctica como lo es la identificación de parámetros y características de una señal FM demodulada y modulación PM, por ejemplo el ancho de banda, desviación de frecuencia, también identificar fácilmente si una señal FM contiene piloto, si es mono, si es estéreo, si cumple requisitos de ancho de banda, esto y el manejo de equipos y antenas.

2. Procedimiento

- Se usaron respectivos bloques en GnuRadio para la demodulación, empezando por el USRP source, que es el receptor de la señal tomada por el cable, luego de ello ocurre un bloque de filtrado, siguiente se demodula la señal FM, al final AudioSink podemos escuchar la señal recibida, cómo normalmente la señal viene con interferencias optamos por un bloque que nos disminuye dichos efectos, el bloque pre-énfasis, normalmente se pueden omitir uno que otro bloque pero el sistema realizado en la práctica es óptimo para tener una demodulación bastante precisa.
- Para poder estimar el ancho de banda de las emisoras que se obtuvieron (con la antena proporcionada en el laboratorio) primero tuvimos que demodularlas con la ayuda de GNUradio, las señales obtenidas por antenas cortas eran muy pequeñas por ende se optó por la configuración de cable, en GNUradio se asignaron los respectivos bloques del paso a paso para la demodulación con sus respectivos filtros pasa bajas y un bloque llamado rational resample que nos ayuda con la frecuencia de muestreo, después de todo el proceso de demodulación obtenemos en nuestro programa las señales de las emisoras y también en el analizador de espectro podemos visualizarlas, para estimar el ancho de banda nos ubicamos en una frecuencia cen-

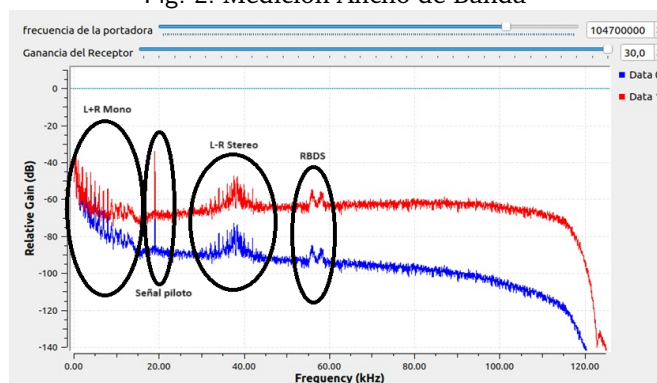
tral de alguna emisora específica, aplicando el criterio de 20dB nos ubicamos -20dB por de bajo del pico más alto hacia los dos extremos, ya ubicados en esa frecuencia ubicada en -20 dB restamos las frecuencias ubicadas y eso nos da el ancho de banda aproximado de la señal que normalmente debe estar entre los 200kHz.

Fig. 1: Medición Ancho de Banda



■ Servicios FM

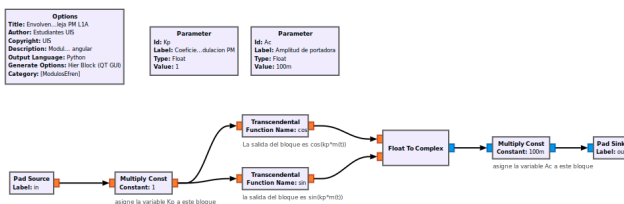
Fig. 2: Medición Ancho de Banda



- **L+R. (Mono)**
Es la transmisión que utilizan los receptores que no tienen reproducción estéreo, es la unión de dos canales L (Izquierdo) y R (Derecho).
- **Pilot1 Signal:**
Es una señal seno que ayuda a la demodulación estéreo ya que es una referencia de fase para los canales L y R.
- **L-R Stereo:**
Es la diferencia de los canales L y R que con la Pilot recuperan la señal Stereo.
- **RBDS:**
Radio Broadcast Data System, permite la transmisión de datos digitales, incluye información como nombre de la estación, nombre de la canción, etc.

- Subcarries:
Son señales extras que llevan información adicional como servicios de datos, servicios de suscripción, etc. Permite ofrecer servicios más allá del audio.
- Para la envolvente compleja nos basamos en el siguiente modelo dada por el profesor.

Fig. 3: Sistema de bloques de referencia para la envolvente compleja.



Bloques:

- **Pad Source:**
Este bloque lo utilizamos para acondicionar la señal de entrada.
- **Multiply Const:**
Utilizamos el bloque Multiply para multiplicar la señal recibida por una constante.
- **Transcendental:**
Estos bloques los utilizamos para generar una señal seno y otra coseno para que luego se sumen.
- **Float To Complex**
Con este bloque creamos una señal compleja con parte real e imaginaria a partir de las señales seno y coseno que tienen valores flotantes.
- **Pad Sink**
Este bloque se utiliza para acondicionar la señal de salida ajustando la longitud de la señal de salida antes de guardarla o visualizarla al igual que el pad source de entrada

Generador de Señales (Signal Source): Uso: Este bloque se utiliza para generar una señal de entrada. Puedes configurarlo para producir una señal senoidal que sirva como mensaje o señal de información para modular en fase.

Bloque Multiply (Multiplicación): Uso: Después de generar la señal de entrada, se utiliza el bloque

Multiply para multiplicarla por una constante o una señal de control que representará la información de fase que deseas modular.

- Para el análisis de señales banda ancha en el analizador de espectros podemos usar algunos métodos durante la práctica para el calculo experimental del índice de modulación, cómo primer metodo comparamos la potencia portadora y una banda lateral de la señal, usando el analizador de espectro se ajusta el ancho de banda donde se muestre perfectamente la portadora junto a sus bandas laterales, se calculan las potencias de la portadora y una banda lateral, con esto es suficiente para hacer el calculo del índice de modulación haciendo una relación entre las potencias tomadas. Otro método usado se basa en la desviación de frecuencia, teniendo en cuenta que normalmente es aplicado en señales moduladas en FM, tomamos el calculo de variación de frecuencia de nuestra señal portadora modificando la amplitud del mensaje, tomamos la amplitud que resulta de la desviación de frecuencia y el resultado de este calculo lo usamos para hallar el índice de modulación de la señal. hay que tener claro que el calculo de indice de modulación es aplicable para todo tipo de modulación y no solo PM si no AM, FM y demás.

- Entre los parámetros de una señal PM que se pueden medir en un osciloscopio están:

- **Frecuencia de la Señal Modulada**
- **Índice de Modulación (h)**
- **Representación de la Forma de Onda**

En PM la amplitud del mensaje A_m no afecta directamente al indice de modulación. El indice de modulación se relaciona mas con la desviación máxima de fase y la frecuencia de la señal mensaje.

$$\beta = \frac{\Delta\phi}{f_m}$$

En FM la amplitud del mensaje y la amplitud de la portadora no afectan directamente el indice de modulación directamente. En FM el indice de modulación se relaciona más con la frecuencia de la señal mensaje y la desviación máxima de frecuencia. (f_m/f_Δ)

- **Para un $K_p A_m$ de 0.2 observamos:**

- La frecuencia de la señal es: 200MHz
- Potencia Señal: 36.02uW / -14.43dBm
- 194.34mV (Misma amplitud para los otros $K_p A_m$)

- Potencia Portadora: 18.884mW.

Fig. 4: Amplitud $K_p \cdot A_m = 0.2$

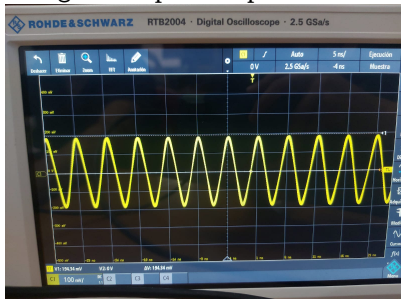


Fig. 5: Espectro $K_p \cdot A_m = 0.2$

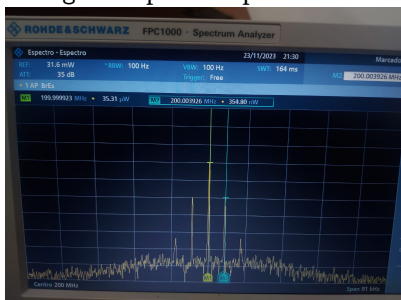


Fig. 7: Amplitud $K_p \cdot A_m = 0.2$

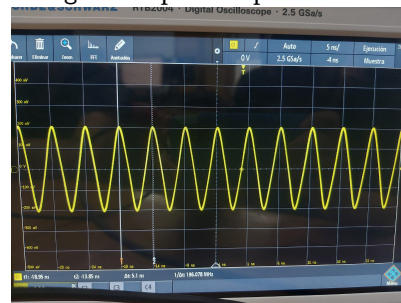
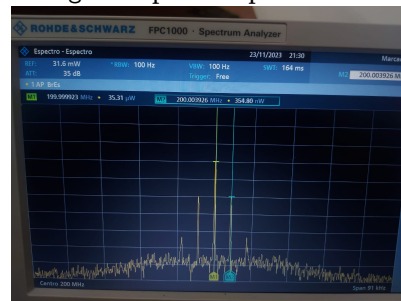


Fig. 8: Espectro $K_p \cdot A_m = 0.2$



- Para un $K_p A_m$ de 40 observamos:

- Para un $K_p A_m$ de 0.1 observamos

- Potencia: 37.16uW / -14.30dBm.
- La frecuencia de la señal es: 196.078MHz.

- La fase varía como se ve en la imagen.
- En el analizador de espectros se observa que la potencia se reparte entre una cantidad muy grande de armónicos.
- La potencia aumenta.

Fig. 6: Medicion en tiempo $K_p \cdot A_m = 0.1$

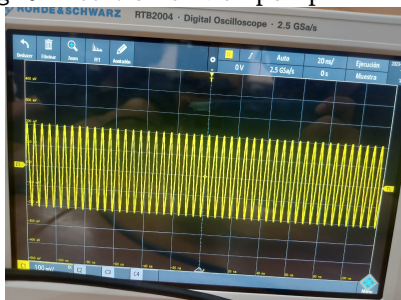


Fig. 9: Espectro $K_p \cdot A_m = 0.2$

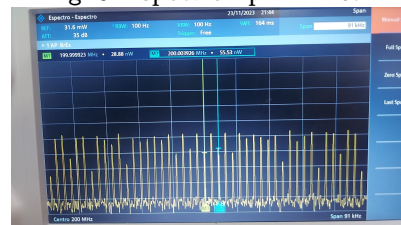


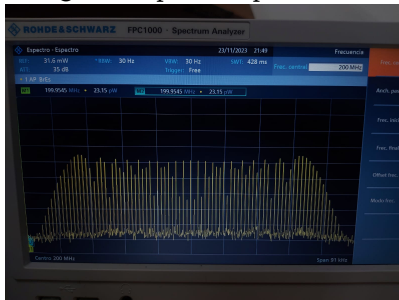
Fig. 10: Variación de fase $K_p \cdot A_m = 40$



■ Para un $K_p A_m$ de 32 observamos:

- En el analizador de espectros se observa que esta vez la cantidad de armónicos es menor.
- La potencia es menor a la de $K_p A_m = 40$.

Fig. 11: Espectro $K_p \cdot A_m = 32$



- En la modulación Fm la presencia de un offset en el mensaje genera desplazamiento de la frecuencia central FM, también afecta al tono de la portadora y la frecuencia de la señal modulada se desplaza por esto. También pueden aparecer componentes en frecuencia adicionales lo que hace que ocupe mas espacio en el espectro. Si el offset es inesperado puede generar dificultades para recuperar la señal al demodularse.

- Es importante controlar la amplitud, el nivel de continua y ancho de banda para evitar la saturación de los amplificadores y que se cause distorsión en la señal modulada. Controlar el ancho de banda es importante para no pasarse de los límites legales y para lograr una buena eficiencia espectral, esta también se ve afectada por offsets no deseados que además consumen potencia de la señal.
- Las limitaciones que podemos encontrar a la hora de implementar la modulación FM a partir del modulador PM en GNURADIO son: Dependiendo del pc en el que se esté trabajando puede verse afectada el proceso por limitaciones de precisión numérica, lo que puede afectar la fidelidad de la modulación. La implementación de una señal FM implica la derivación de la frecuencia instantánea, esto puede verse afectado por la señal recibida, el SNR y otros factores.

3. Conclusiones

- Si se desea, en la modulación angular se modifican las características necesarias de la señal a partir de un offset.
- En el dominio de la frecuencia se puede estimar potencia y ancho de banda para la señal Modulada en FM y así saber si cumple con el límite de ancho de banda
- No todas las emisoras presentes en nuestro día a día cumplen los lineamientos exigidos por la ley en cuanto ancho de banda y potencia

4. Referencias.

- J. Proakis, M. Salehi. Fundamentals of communication systems. 2 ed. England: Pearson Education Limited, 2014.