

Práctica 4: MODULACIONES ANGULARES

Ronald Fernando Páez Sarmiento - 2192551

Leidy Diana Escobar Serna - 2174571

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

3 de Diciembre de 2023

Resumen

En el siguiente informe de laboratorio se presentará el análisis realizado a emisoras comerciales con cobertura en el laboratorio a las cuales se estudió el ancho de banda y se identificó la información contenida en la señal banda base demodulada. Además se hará análisis de modulaciones angulares banda estrecha y banda ancha, en las cuales se estimó la potencia de la envolvente compleja y el comportamiento de la señal modulada.

Palabras clave: Modulaciones angulares, señal banda base, envolvente compleja.

1. Introducción

- Es de gran importancia realizar mediciones de emisoras desde el laboratorio, puesto que se analizarán las características de estas y se verifica que estén cumpliendo las normas y estándares establecidos.

Al tener claro como medir ciertos parámetros e identificar las características de estas señales, podemos hacer uso de nuestro conocimiento en otros sistemas de transmisión, diseñando y corrigiendo factores que hacen que incumplan las normas.

- La modulación angular puede tener ciertas ventajas frente a las modulaciones lineales de banda estrecha, como puede ser menor consumo de potencia en el transmisor, mayor eficiencia espectral lo que quiere decir que se transmitirá mayor cantidad de bits de información por unidad de ancho de banda e inmunidad al ruido, esto último haciendo que la señal recibida sea de mayor calidad.
- Para garantizar una medición correcta de las modulaciones angulares de banda ancha, se debe tener en cuenta algunas consideraciones tanto en el analizador de espectros como en el osciloscopio, las cuales son la calibración de los equipos, en el analizador de espectros tener una frecuencia central, ancho de

banda de resolución y nivel de referencia adecuados. En el osciloscopio hacer las conexiones adecuadas en el canal a usar y hacer el uso adecuado de sus funciones como cursores, entre otros.

- Para generar señales moduladas angulares de banda ancha desde el SDR, se deben considerar el ancho de banda de la señal modulada, la relación señal-ruido, la desviación de frecuencia y la constante de desviación de frecuencia, además de verificar el correcto funcionamiento de los equipos a usar.
- Es esta práctica se pueden afianzar habilidades de medición como lo son la configuración de parámetros siguiendo normativas, interpretación del espectro y forma de onda de la señal, análisis del ancho de banda y componentes de una señal banda base.

2. Procedimiento

- A partir de las mediciones de las emisoras FM sintonizadas en la práctica de laboratorio se profundiza el siguiente procedimiento. El proceso de medición señales de radio Fm en la práctica de laboratorio y lograr escuchar las diferentes emisoras se tuvo que realizar un proceso estimado de la señal. Es importante resaltar utilizando GNU Radio, se pueden realizar diversas operaciones de procesamiento de señales, desde la captación de las señales Fm hasta su reproducción en el computador, por esto mediante una serie de lineamientos y el diagrama de bloques presentado en el aula virtual se involucran conversiones de señales, procesamiento digital y finalmente la reproducción del audio. Como observación en la práctica resaltaremos que todos los bloques son necesarios debido que se debe hacer el estudio de las emisoras con sus diferentes características y que cumplan con el ancho de banda establecido en la práctica.[1]



- El método que se utilizó en la práctica de laboratorio para estimar el ancho de banda de cada una de las señales fue el siguiente, en primer lugar se escoge la emisora que se quiere estudiar y se ajustan los marcadores para utilizar la formulas estimadas en clase para calcular el ancho de banda.
- la señal de banda base de las emisoras FM se compone de elementos vitales que dan forma a la experiencia auditiva de los oyentes. Desde el componente principal de audio con programas variados hasta la transmisión de datos a través del RDS, la utilización de subcanales digitales, la entrega de información crucial de tráfico y emergencias, y la inclusión de mensajes publicitarios, cada servicio desempeña un papel fundamental. En conjunto, estos elementos ofrecen una experiencia completa y enriquecedora, proporcionando entretenimiento, información relevante y servicios útiles a la audiencia de las emisoras FM.
- Para esta práctica de laboratorio se eligieron cinco emisoras diferentes, para cada una de ellas se realizó el análisis para los siguientes parámetros; potencia armónica dBm, potencia armónico mW, coeficiente de Bessel práctico y el coeficiente de Bessel teórico. Donde con esto se obtiene la potencia total como se muestra en la tabla. también se tomaron cinco valores diferentes de potencia armónica en dBm para una potencia de cuatro mW.

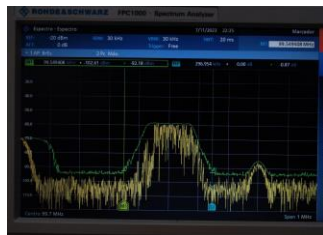


Fig. 1: Emisora La FM

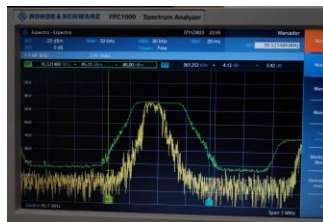


Fig. 2: Emisora Tropicana



Fig. 3: Emisora Bésame

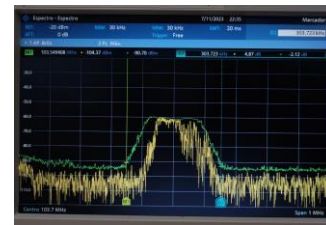


Fig. 4: Emisora el sol

A partir de las mediciones del modulador PM en el laboratorio (Parte B):

- la envolvente compleja en un osciloscopio representa la amplitud instantánea de una señal compleja a medida que cambia en el tiempo, proporcionando una representación visual de cómo varía la amplitud de la señal principal o modulada.
- Método de la separación lateral de bandas (SBM):** En este método, se emplea el analizador de espectro para visualizar las dos bandas laterales de una señal modulada en fase. Se busca la diferencia de amplitud entre las bandas superior e inferior (lado más alto y lado más bajo) para calcular el índice de modulación. **Método del patrón en L (LPM):** Este método implica la observación de las componentes de frecuencia en un patrón de visualización específico en el analizador de espectro. Se busca el comportamiento del patrón en forma de "L" que se forma al variar la frecuencia de desviación. La relación entre la separación de las líneas en el patrón y la frecuencia de desviación se utiliza para calcular el índice de modulación en fase.
- En una señal modulada en frecuencia (PM), el osciloscopio puede medir el parámetro crucial de la frecuencia instantánea de la señal. La frecuencia instantánea refleja la fluctuación de la frecuencia en la señal modulada a lo largo del tiempo. En el contexto de la modulación de frecuencia, la onda portadora experimenta modificaciones de acuerdo con la

información contenida en la señal de mensaje. De esta manera, al realizar mediciones de la frecuencia instantánea en distintos puntos de la señal PM mediante un osciloscopio, se obtiene información detallada acerca de cómo varía la frecuencia a lo largo del tiempo y, por ende, sobre la señal moduladora.

- descripción del comportamiento al variar los diferentes parámetros del sistema (**amplitud del mensaje (Am)**): El cambio en la amplitud del mensaje impacta directamente el índice de modulación. Aumentar la amplitud del mensaje aumentará proporcionalmente el índice de modulación, ya que este índice se calcula como la relación entre la amplitud de la señal modulada y la amplitud de la portadora. **frecuencia del mensaje (fm)**: La frecuencia del mensaje no afecta directamente el índice de modulación en la modulación de amplitud. Sin embargo, puede influir en la calidad percibida de la señal modulada. Cambios en la frecuencia del mensaje pueden afectar la percepción de la calidad de la señal modulada, pero no alteran directamente el índice de modulación. **coeficiente de sensibilidad (kp)**: El coeficiente de sensibilidad en la ecuación de modulación de amplitud (AM) está relacionado con la pendiente de la curva de modulación. Cambios en el coeficiente de sensibilidad pueden afectar la amplitud máxima de la señal modulada y, por ende, influir en el índice de modulación. Aumentar el coeficiente de sensibilidad puede incrementar la amplitud de la señal modulada, lo que podría afectar el índice de modulación. **amplitud de portadora (Ac)**: La amplitud de la portadora tiene una relación directa con el índice de modulación. Si aumenta la amplitud de la portadora, manteniendo constante la amplitud del mensaje, el índice de modulación disminuirá. Del mismo modo, si se disminuye la amplitud de la portadora, el índice de modulación aumentará. **En resumen**: Amplitud del mensaje (Am): Directamente proporcional al índice de modulación. Frecuencia del mensaje (fm): No tiene una relación directa con el índice de modulación. Coeficiente de sensibilidad (kp): Puede influir en la amplitud máxima de la señal modulada y, por lo tanto, afectar el índice de modulación. Amplitud de la portadora (Ac): Inversamente proporcional al índice de modulación.
- **Impacto en la modulación y la transmisión de la señal**: En sistemas de comunicación, un offset puede afectar la modulación de la señal. Por ejemplo, en la modulación de amplitud (AM) o en la modulación en frecuencia (FM), un offset puede desplazar

la señal modulada a niveles que pueden ser difíciles de recuperar o interpretar correctamente en el receptor.

- **Saturación o distorsión del amplificador**: Introducir un offset puede llevar a que los amplificadores operen en regiones no lineales de su curva de transferencia, lo que puede resultar en saturación o distorsión de la señal. Esto puede degradar la calidad de la señal y dificultar su interpretación.
- **Consecuencias en el procesamiento de la señal**: En el procesamiento de señales digitales, un offset puede afectar los cálculos y algoritmos. Por ejemplo, en ciertas operaciones como la transformada de Fourier, un offset puede desplazar el espectro de frecuencia de la señal.
- El control de la amplitud, nivel de continua y ancho de banda de los mensajes en las modulaciones angulares (como la Modulación de Frecuencia – FM) es fundamental debido a la eficiencia espectral, el cumplimiento de regulaciones, la interferencia y compatibilidad. Asimismo, el control estos parámetros en las modulaciones angulares es esencial para optimizar la eficiencia espectral, minimizar interferencias, mejorar la calidad de la señal y cumplir con las regulaciones, contribuyendo así a un sistema de comunicación más robusto y eficiente.
- La implementación de la modulación de frecuencia (FM) a partir de un modulador de fase (PM) en GNU Radio puede tener algunas limitaciones y consideraciones específicas. Algunas de las limitaciones potenciales incluyen la exactitud en la desviación de frecuencia, la compensación de fase y no linealidades, rango dinámico y precisión numérica, filtrado y ancho de banda, complejidad computacional, sincronización y estabilidad, características específicas de GNU Radio. Por otra parte, es importante mencionar que las limitaciones pueden cambiar con nuevas versiones de GNU Radio o con las actualizaciones de los bloques específicos utilizados en la implementación.

3. Conclusiones

- Mediciones precisas en laboratorio son fundamentales para asegurar el cumplimiento de estándares en emisoras. Evaluar las señales transmitidas garantiza su calidad y conformidad con los requerimientos,



permitiendo correcciones e implementando conocimientos de otros sistemas para optimizar el rendimiento.

- La modulación angular, comparada con modulaciones lineales, ofrece ventajas como menor consumo de potencia, mayor eficiencia espectral y mejor inmunidad al ruido. La comprensión y mediciones precisas son clave para implementar correctamente estas modulaciones, requiriendo ajustes y calibración precisa de equipos como analizadores de espectro y osciloscopios para cumplir con normativas establecidas.

Referencias

- [1] R. Pinto Garcia, *Fundamentos de Sistemas de Comunicaciones Analógicas*. Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia, 2015.