

Práctica 2: INSTRUMENTACIÓN Y REFLECTOMETRÍA

Andrés Suarez Montero - 2194560

Daniel José Fernández - 2192284

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

21 de Noviembre de 2022

Resumen

Primero se hizo el montaje dado con el cable coaxial RG58 A/U y se midió la distancia de este, seguido se generó un tren de pulso rectangular con un periodo de señal y un ciclo de trabajo dado, para medir la amplitud y tiempo entre las señales incidentes y reflejadas, se hicieron mediciones variando la carga en la línea, una con la carga tipo corto circuito, otra con una carga de 50 ohm y por último con dos cargas superiores e inferiores a 50 ohm. Luego se hizo una configuración del USRP en GNU Radio y con una tabla de medida dada se midió la potencia recibida y la atenuación para diferentes frecuencias. Esta práctica tiene como objetivo principal comprender los conceptos de reflectometría en el dominio del tiempo, atenuación y algunos conceptos de instrumentación.

Palabras clave: Reflectometría-coeficiente de reflexión-atenuación-línea de transmisión - Impedancia de línea y carga

1. Introducción

La importancia de medir la atenuación de un cable coaxial radica en que podemos saber que tan buena será la señal al final del cable, la atenuación puede aumentar al aumentar la longitud del cable y la frecuencia, por lo tanto, la señal es influenciada por estos parámetros y cuanto más alto sean los valores de estos parámetros, menos será la utilidad de la señal al final del cable. Conocer esto es importante ya que al estar en el laboratorio de comunicaciones podemos entender que es lo que sucede cuando intentamos medir la longitud de un cable coaxial y nos permite concluir que entre menor sea la longitud del cable, mejor será la señal al final del cable. Un método para estimar la atenuación de un cable es medir el área del cable y multiplicarlo por la longitud de este mismo, de esa manera podemos hallar el valor de la atenuación. También podemos medir la atenuación de un

cable conociendo el datasheet del cable y realizando los cálculos. Otro método que es utilizado por empresas es, primeramente, se comprueba el funcionamiento del medidor y generador unidos directamente y las diferencias de nivel emitido y recibido. Luego se lleva el generador junto a un extremo del cable a medir y el receptor en el otro extremo, las diferencias de nivel entre emisor y receptor serán las pérdidas del cable utilizado.[1]

La importancia del analizador de espectro es que permite evaluar y comprender el comportamiento de la señal que se desea, medidos a través de la medición de la potencia de la señal (su amplitud) en un rango de frecuencias determinado. La forma de utilizar un analizador de espectros es la siguiente: En el eje de Y se tiene una escala logarítmica, normalmente en dBm, del contenido espectral de la señal y en el eje X se representa la frecuencia. Una vez que el equipo está encendido y se ha seleccionado una entrada, se puede configurar la frecuencia central, el ancho del espectro y los niveles de referencia de la amplitud (eje y). El ancho de banda de resolución (RBW), el ancho de banda de vídeo (VBW) y los ajustes de tiempo de barrido que se utilizan para controlar la precisión de las mediciones y la imagen resultante en la pantalla. Para controlar la frecuencia, se presiona el botón frequency y se puede modificar la frecuencia central (Center freq), la frecuencia de corte, la de arranque (Start freq) y la de paro (stop freq). cf step size indica el valor por el cual se podrá alterar la frecuencia central y freq offset será un valor añadido a todos los valores de frecuencia previamente mencionados. Para modificar el rango, solo se presiona span, y su valor aparecerá en la pantalla, se podrá modificar con el teclado numérico. En el control de la amplitud, se puede hacer mediciones como la atenuación de la entrada, la escala vertical, el valor de referencia, entre otras. Para medir el nivel de



referencia, se presiona el botón amplitud y ese será el valor de amplitud más alto que se pueda mostrar; para los demás atributos se puede dar un valor mediante el teclado numérico.[2]

La importancia de la reflectometría en el dominio del tiempo es que nos permite conocer las características de las líneas eléctricas a través de observar las ondas reflejadas. Podemos conocer por ejemplo el tiempo que tarda la onda reflejada en llegar desde la discontinuidad hasta el punto de donde se envió el pulso, se puede determinar el largo que tiene la línea desde el generador hasta el lugar de la falla; también se puede obtener la magnitud y la polaridad de la onda reflejada que nos dice de que naturaleza es la falla. Como competencia práctica profesional esto es útil para un mantenimiento preventivo en líneas eléctricas, ya que permite saber si existe alguna discontinuidad en la impedancia de la línea; ya sea por una ruptura del cable (se conocería con precisión la posición de la rotura) o un corto circuito, también para detectar problemas como la corrosión o daños en el aislamiento, entre otras. Las características que evidenciamos de la técnica de reflectometría durante la práctica fueron a través del coeficiente de reflexión, si vemos su fórmula, podemos ver que, en esta práctica, la impedancia de la línea Z_0 nunca cambia, esta fija ya que depende de la línea que usamos, pero la impedancia de carga Z_L si se modifica, observamos tres casos; el primero es cuando la impedancia de la carga es igual a la de la línea, el coeficiente de reflexión es igual a cero y no hay reflexión. El segundo es cuando la impedancia de carga es un circuito abierto, es decir, es infinita, el coeficiente de reflexión es 1, y vemos que hay reflexión, pero con una inversión de fase. El tercer caso es cuando la impedancia de carga Z_L es cero, es decir existe un cortocircuito, el coeficiente de reflexión es -1 por lo tanto se reflejaría toda la onda. La longitud del cable puede ser una limitante para realizar la práctica de reflectometría, al tener un cable muy corto la señal tardará muy poco tiempo en regresar y el osciloscopio podría no tener esa definición para precisar el tiempo que tarda la señal en recorrer el cable completo. [3]

2. Procedimiento

El proceso que sufre la señal al pasar por cada uno de los subsistemas que existen en el sistema de transmisión entre el USRP y el analizador de espectros es el siguiente: Primeramente se crea un vector con las muestras, después de aplica la transformada de Fourier rápida al vector de muestras, en el siguiente paso se saca la magnitud de cada elemento del vector y se eleva al cuadrado, luego se

suman todos los elementos del vector y de esa manera se obtiene el valor de la potencia de la señal, por último se multiplica por una constante y se hacen las respectivas conversiones de lineal a dB y dBm para poder visualizar los valores de potencia en las diferentes escalas.

La importancia de medir la atenuación en función a la frecuencia radica en que nos permite conocer con exactitud en que frecuencias de operación se tendría mayor y menor atenuación, con base en esto se establecería un rango de frecuencias donde tenga la menor atenuación posible en el cable.

El proceso realizado para obtener los datos experimentales y los datos teóricos en cuanto al cálculo de la atenuación fue el siguiente, se tomó el valor de potencia medido con un cable corto, con ganancia cero en el transmisor ($GTX = 0$), sin el atenuador. Se fue variando la frecuencia desde 50 hasta 2000 Hz y midiendo el valor de la potencia en dicha frecuencia cuando se tiene la ganancia en el transmisor con valores desde 0 hasta 30dB, de esta manera se hizo para obtener el valor de la atenuación. En cuanto a los cálculos teóricos se usó la fórmula de la atenuación

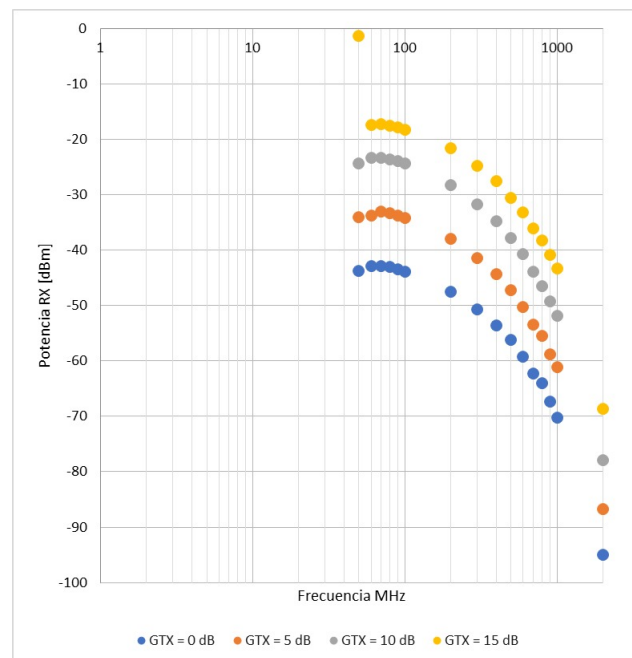


Fig. 1: Gráfica de la potencia que llega al receptor

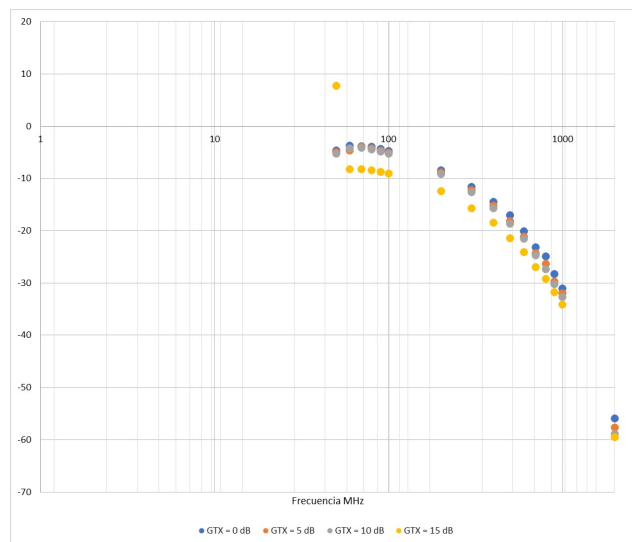


Fig. 2: Gráfica de la atenuación en el cable

El proceso para determinar la atenuación del cable coaxial fue primero se generó una señal desde el radio y se midió la señal desde el analizador de espectros usando el cable RG58 A/U, se verificó la medida de piso de ruido de piso normalizado. Luego usando el SDR como generador de señales por el puerto RX/TX (Un equipo de trabajo), y el analizador de espectros se conectó el cable RG58 A/U y un atenuador de 30 dB. Se Varió la ganancia del transmisor para cada valor de frecuencia de transmisión (f_c) dados en una tabla. la formula para obtener la ganancia fue:

$A = \text{Potencia del transmisor en dBm} + \text{GTX} - \text{Atenuador} - \text{La frecuencia en el valor de GTX dado}$
El proceso para estimar la longitud del cable coaxial usando la técnica de reflectometría fue hallando la velocidad de propagación del cable, el cual es de un 66 por ciento de la velocidad de la luz, tomando el delta de tiempo que se obtuvo experimentalmente e implementando la formula:

$$l = \frac{V_p * \Delta_t}{2} \quad (1)$$

Complete la Tabla 1 y describa, de acuerdo a su experiencia, a qué se debe el error de medida del coeficiente de reflexión.

El valor real de longitud tomado a partir de las medidas marcadas en el cable es de 41 metros, experimentalmente se obtuvo gracias al delta de tiempo entre la onda incidente y la onda reflejada que recorre todo el cable. Los cálculos fueron los siguientes:

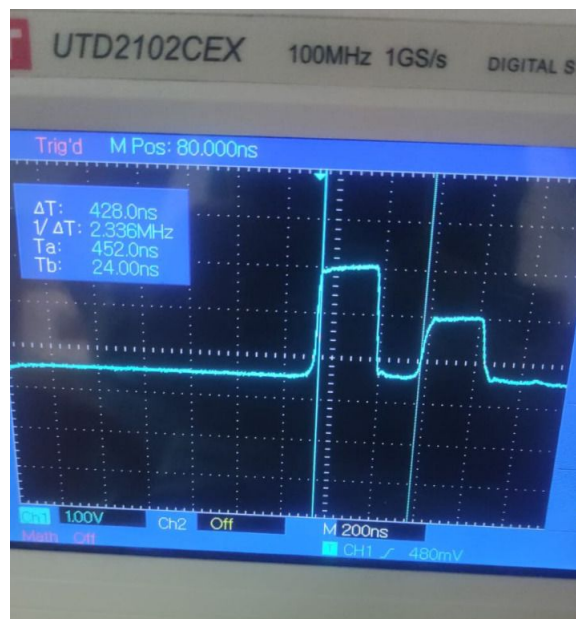


Fig. 3: Gráfica de la longitud del cable

La velocidad de propagación (V_p) del cable RG58 es el 66 por ciento de la velocidad de la luz

$$V_p = \frac{66}{100} * 3 * 10^8 = 198 * 10^6 \left[\frac{m}{seg} \right] \quad (2)$$

$$l = \frac{V_p * \Delta_t}{2} = \frac{(198 * 10^6)(428 * 10^{-9})}{2} = 42,37m \quad (3)$$

El proceso para estimar los coeficientes de reflexión fueron los siguientes:

Para los dos valores de resistencias de cargas mayores a 50 ohm tenemos:

Primera Medición con un valor de resistencia de carga igual a:

$$Z_L = 247,2ohm \quad (4)$$

Impedancia	Coefficiente de reflexión teórico	Amplitud de la onda incidente medida [v]	Amplitud de la onda reflejada medida [v]	Coefficiente de reflexión medido	Tiempo de propagación de la onda	Longitud teórica
∞	1	2.44	2.3	0.94	428ns	42.372
0	-1	2.44	-2.20	-0.901	452ns	42.372
50	0	2.44	0.1	0.04	444ns	42.372
<50	-0.39	2.44	-1.1	-0.45	456ns	42.372
>50	0.66	2.44	1.32	0.54	428ns	42.372

Tab. 1: Registro de coeficientes de reflexión

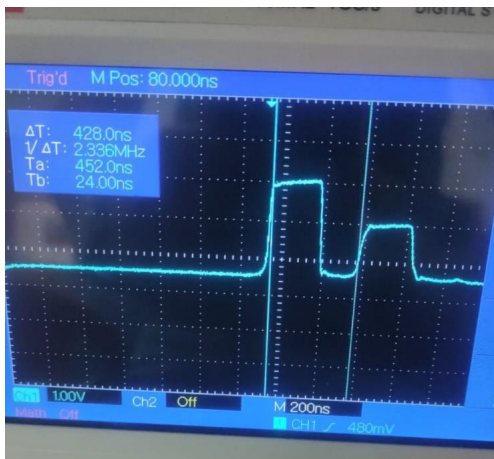


Fig. 4: Gráfica coeficiente de reflexión con R de carga >50



Fig. 5: 2 Gráfica coeficiente de reflexión con R de carga >50

Con la gráfica obtenida de la medición se procede a hallar el coeficiente de reflexión mediante su respectiva ecuación, siendo esta igual a:

$$V^- = \frac{1}{2} * v^+ \quad (5)$$

$$[r] = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{247,2 - 50}{247,2 + 50} = 0,66 \quad (6)$$

Segunda Medición con un valor de resistencia de carga igual a:

$$Z_L = 129ohm \quad (7)$$

Con la gráfica obtenida de la medición se procede a hallar el coeficiente de reflexión mediante su respectiva ecuación, siendo esta igual a:

$$V^- = \frac{1}{3} * v^+ \quad (8)$$

$$[r] = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{129 - 50}{129 + 50} = 0,44 \quad (9)$$

Y para los dos valores de resistencias de cargas menores a 50 ohm se tiene:

Primera Medición con un valor de la resistencia de carga igual a:

$$Z_L = 21,7ohm \quad (10)$$



Fig. 6: Gráfica coeficiente de reflexión con R de carga <50

Con la gráfica obtenida de la medición se procede a hallar el coeficiente de reflexión mediante su respectiva ecuación, siendo esta igual a:

$$V^- = \frac{1}{2} * v^+ \quad (11)$$

$$[r] = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{21,7 - 50}{21,7 + 50} = -0,39 \quad (12)$$

Segunda Medición con un valor de resistencia de carga igual a:

$$Z_L = 32,2ohm \quad (13)$$

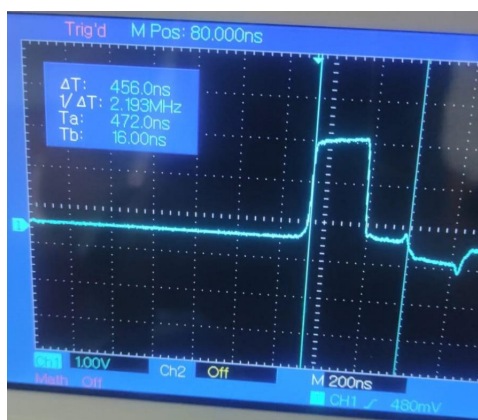


Fig. 7: 2 Gráfica coeficiente de reflexión con R de carga <50

Con la gráfica obtenida de la medición se procede a hallar el coeficiente de reflexión mediante su respectiva ecuación, siendo esta igual a:

$$V^- = \frac{1}{3} * v^+ \quad (14)$$

$$[r] = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{32,2 - 50}{32,2 + 50} = -21,26 \quad (15)$$

Para una realización correcta de la reflectometría es relevante el valor de la impedancia de carga junto al coeficiente de reflexión, también conocer que mientras más largo es el cable, y mayor los cambios de impedancias que posea; mayor será la atenuación que sufrirá la señal de reflectometría en el dominio del tiempo.

3. Conclusiones

En cuanto a la atenuación en el cable, observamos que se comporta como un filtro pasa bajas a altas frecuencias.

En condiciones ideales se considera que el coeficiente de reflexión es 0, por lo tanto se debe conseguir en lo posible que la impedancia de carga sea igual o aproximadamente del mismo valor que la impedancia característica de la línea.

Cuando la carga es un corto circuito o un circuito abierto se tiene la máxima reflexión, para el caso del corto circuito se refleja toda la señal y se invierte, caso contrario con el circuito abierto en el que se refleja toda la señal pero no se invierte.

Referencias

- [1] "Medir la atenuación de un cable coaxial o de pares de cobre." [Online]. Available: <https://mediateca.educa.madrid.org/video/1157342p12dnnnjq>
- [2] "¿Cómo utilizar un analizador de espectros?" [Online]. Available: https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/EMC/trabajos_02_03/medidas_EMI/web1/ANALIZADOR%20DE%20ESPECTROS.htm
- [3] W. Tomasi, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (4ta Edición)*. Prentice Hall, pág. 341.