LABORATORIO SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

PRÁCTICA N° 1

1 TEMA

FAMILARIZACIÓN CON EL EQUIPO DE LABORATORIO

2 OBJETIVOS

2.1 Familiarizar al estudiante con el equipo disponible en el laboratorio.

2.2 Calibrar un analizador de redes para uno y dos puertos.

2.3 Mostrar un ejemplo de medición de una antena.

3 MARCO TEÓRICO

Los equipos con los que cuenta el laboratorio de Sistemas de Transmisión son: fuentes DC, set de accesorios para antenas, antenas bicónicas, antenas tipo corneta, analizadores de microondas, computadores, osciloscopio y generador de funciones.

El analizador de microondas es el equipo con uso más frecuente en el análisis de radio frecuencia. Los analizadores portátiles (modelo Fieldfox) con los que cuenta el laboratorio tienen la función de analizador de cables y antenas (CAT) y analizador vectorial de redes (VNA).

- La función CAT permite, para un cable, encontrar: la distancia del fallo, la pérdida de retorno, la razón de onda estacionaria, las pérdidas del cable, pérdidas por inserción, etc.
- La función VNA permite analizar los parámetros S en magnitud y fase, estos pueden ser representados en formato logarítmico, lineal, polar y Carta de Smith. También se representa la razón de onda estacionaria, fase, Carta de Smith, formato polar, impedancia real e imaginaria, y la magnitud de la impedancia Z. Cada analizador es calibrado de fábrica en los dos puertos de prueba a temperatura ambiente. Este tipo de analizador ofrece las calibraciones estándar, además permite calibraciones para cable coaxial y guías de onda.

Los analizadores de redes de escritorio (N5222A y E5071C) poseen solo la función VNA.

- **Importancia de la calibración de equipos**

Se realiza una calibración a los instrumentos o equipos de medida con la intención de que se obtenga una medición correcta. Con la calibración se asegura que las medidas respondan a ciertos estándares de calidad.

Con el tiempo los componentes envejecen, las condiciones ambientales a las que se someten y el estrés mecánico que soportan los equipos deterioran sus funciones progresivamente. Es entonces que las medidas pierden fiabilidad, esto se evita con la calibración. Una correcta calibración permite: mantener y verificar un correcto funcionamiento de los equipos, garantiza el cumplimiento de los requerimientos de calidad, fiabilidad de las medidas.

- **Calibración de un analizador de redes**

En un analizador de redes, considerando acoples ideales, al tomar las señales que inciden y se reflejan en cada uno de los puertos, el cálculo de los parámetros S es sencillo solo con varias operaciones entre las señales analizadas. Pero esto no sucede en la realidad debido a que la ganancia de los circuitos presentes cambia con la frecuencia. Los acoples no tienen directividad infinita (la directividad hace referencia a lo que sucede en un acoplador direccional que depende del aislamiento y capacidad de discriminar las señales), al mismo tiempo agregan pérdidas junto con la línea de transmisión, la impedancia de los puertos no es igual a la nominal, aunque esté muy cerca; este conjunto de fenómenos produce errores.

Se podría analizar cada uno de los errores a partir del *scattering,* para cada uno de los circuitos conversores o detectores y los acopladores, es decir, los circuitos que forman parte del sistema reflectométrico. Se asume que los errores tienen un comportamiento lineal y forman parte de la red equivalente de error. Para encontrar todos los datos de la red de error se sustituye el circuito a medir por un conjunto de parámetros que son bien conocidos y son parte del kit de calibración [8].

- **Calibración de analizadores escalares.**

En un analizador escalar resulta prácticamente imposible encontrar los parámetros de error. Entonces se realiza una aproximación en la que se imagina que no hay una conexión entre la entrada y la salida, únicamente hay conexión entre la red a medir. Para la calibración se utilizan los siguientes estándares:

- Cortocircuito (Short)
- Carga adaptada (Load)
- Circuito abierto (línea de longitud λ/4 terminada en cortocircuito) (Open)
- Conexión directa entrada salida (Through)
- Línea de transmisión de λ/4 (Line)

Regularmente no se usan todos, esto depende de la precisión deseada y la aplicación.

- **Calibración de Analizadores Vectoriales**

Los resultados que se obtienen de un analizador vectorial son semejantes a los de un analizador escalar, con la diferencia de que ahora ya se conoce el módulo y la fase de los coeficientes de transmisión y reflexión.

Los modos de calibración más conocidos son:

Through-open-short-load

La línea que se desempeña mejor con este modo de calibración es la coaxial, la construcción de la carga y el cortocircuito son de buena calidad; es posible añadir una carga deslizante dado el caso que no haya un coeficiente de reflexión bueno. Para una guía de onda, el cortocircuito y la carga también actúan bastante bien, aunque el circuito abierto es casi imposible de obtener, en ese caso se usa un corto desplazado un cuarto de longitud de onda. Para líneas como: ranura, coplanar, microstrip, entre otras, es complicado tener una buena carga adaptada, circuito abierto o cortocircuito, entonces no se usa este modo de calibración.

Through-reflect-line

La calibración TRL se aplica cuando la impedancia de referencia está dada por la impedancia de la línea. Esta característica permite conseguir una calibración para líneas donde sea complicado montar una carga de buena calidad. La calibración TRL es popular al medir estructuras poco convencionales como estructuras de guía de onda no estándar, circuitos impresos, circuitos de microondas.

4 PREPARATORIO

4.1 Leer las hojas de datos de los analizadores de marca Keysight modelos: N5222A, N9917A, N9916A. (Las hojas de datos están disponibles en el sitio web de Keysight Technologies www.keysight.com) y realizar un resumen de cada uno de los modelos de analizadores consultados.

4.2 Revisar los videos que se indican en los enlaces en la Tabla 1:

Tabla 1 Enlaces videos explicativos

1.	https://www.youtube.com/watch?v=HuPxLDO_J6Q
2.	https://www.youtube.com/watch?v=e707j-qNvQc&list=PLvQ5Bzr3tM53QQyiFbPz0Qjw9p9C9LOfY&index=2&t=0s
3.	https://www.youtube.com/watch?v=8W2N3y8Cp-M&feature=youtu.be
4.	https://www.youtube.com/watch?v=HSlNw2u4EiI
5.	https://www.youtube.com/watch?v=hYbMk8Nv2cE
6.	https://www.youtube.com/watch?v=VABbdhMS3ok
7.	https://www.youtube.com/watch?v=BHYZkiO9MaU

5 EQUIPO Y MATERIALES

5.1 Hardware

- Analizadores vectoriales de redes
- Kits de calibración
- Cables de conexión
- Adaptadores
- Antena Yagi

6 PROCEDIMIENTO

6.1 El instructor dará una breve introducción de cada uno de los equipos con los que cuenta el laboratorio, especialmente de los analizadores vectoriales de redes (VNA) de escritorio y portátil.

6.2 Se realizará la calibración de los equipos, en el rango de frecuencias indicado por el instructor.

6.3 Se realizarán las mediciones de la respuesta en frecuencia de un cable coaxial y de una antena Yagi.

7 INFORME

7.1 Presentar las mediciones y realizar un análisis de los resultados obtenidos.

7.2 Conclusiones y recomendaciones.

Elaborado por: Ing. William Coloma

Ing. Marco Serrano

Revisado por: Dr. Fernando Carrera S. – Administrador de los Laboratorios de Medios de Transmisión y Antenas