

MEDICIÓN DEL COEFICIENTE DE REFLEXIÓN UTILIZANDO DOS INSTRUMENTOS DIFERENTES

A. Dueñas, C. A. Bonilla, S. Hernández
Departamento de Electrónica
División de Electrónica y Computación
Centro Universitario de Ciencias
Exactas e Ingenierías
Universidad de Guadalajara
Apartado Postal 52-14
45030 Guadalajara, Jalisco, México
Tel. y Fax.: 013 619 8471

J. J. Ibarra, J. L. Medina
Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones
División de Física Aplicada
Centro de Investigación Científica
y de Educación Superior de Ensenada
Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada
22860 Ensenada, Baja California
Tel.: 01 617 4 4069
Fax.: 01 617 4 5155

RESUMEN

En este trabajo se comparan algunas mediciones de coeficiente de reflexión realizadas por un lado con un reflectómetro hexaportal y por otro con un analizador de redes comercial. Las mediciones se hicieron dentro de la banda L (1.3 a 1.6 GHz) para una línea de transmisión y un acoplador direccional de líneas ramales, terminados ambos en cargas de 50Ω y construidos con tecnología de microcinta. El reflectómetro hexaportal es el primero de que se tiene noticia en América Latina y ha sido integrado utilizando un controlador de funciones (computadora personal con tarjeta de interfaz IEEE 488), una línea para comunicación común entre instrumentos (ducto de propósito general GPIB IEEE Standard 488), un generador de señal sintetizada, un medidor de potencia multicanal y como elemento central, una red separadora de señal de seis puertos constituida por un cuatripuerto de dos vías y un pentapuerto de cuatro vías.

Técnicas propias de automatización y calibración han sido desarrolladas y para esta última se ha utilizado un estuche que contiene los siguientes componentes de precisión: Circuitos abiertos, cortos fijos, cortos desplazados, terminaciones fijas, líneas de aire, adaptadores y llaves con torca.

ABSTRACT

In this work some measurements of reflection coefficient carried out on the one hand with a six-port reflectometer and on the other hand with a commercial network analyzer are compared. The measurements were done within the L band (1.3 to 1.6 GHz) for a transmission line and for a branch line directional coupler both terminated in 50Ω loads and elaborated on microstrip technology. The six-port is the first made in Latin America and has been implemented using a function controller (personal computer with a IEEE 488 interface card), a common communication line between instruments (general purpose international bus GPIB IEEE Standard 488), a synthesized signal generator, a multichannel power meter and, as a core element, a six-port signal-separation network constituted by a two-way four-port and a four-way five-port.

Own automation and calibration techniques have been developed using for the latter a kit with the following precision components: Open circuits, fixed shorts, offset shorts, fixed terminations, airlines, adapters, and torque wrenches.

1. INTRODUCCIÓN

A diferencia de los circuitos en ondas métricas (abajo de 300 MHz) representados por funciones temporales (o su transformación a frecuenciales), los circuitos en ondas centimétricas (arriba de 300 MHz) requieren de un modelado matemático que involucra tanto a la variable temporal como a la espacial, y de técnicas de medición que consideran a esta última.

De esta manera, en los circuitos de ondas centimétricas, el modelado matemático se da a través de los llamados parámetros S que representan la reflexión y la transmisión de ondas viajeras de corriente, voltaje o potencia.

El instrumento que mide la magnitud y fase de estas ondas y de su relación con la onda incidente proporcionada por un generador, se conoce como analizador de redes.

Históricamente, los analizadores de redes disponibles en el mercado, miden la magnitud y fase de estas ondas, realizando una conversión de frecuencia de las ondas centimétricas a ondas en el intervalo de los kilohertz o a unos cuantos megahertz, debido a que la fase no puede ser medida con certidumbre arriba de 300 MHz. La circuitería para lograr esta heterodinación eleva el costo del equipo a niveles inaccesibles para instituciones de investigación y de educación superior con escasos recursos económicos.

Por otra parte, a partir de la introducción comercial en los años setenta, de los sistemas de medición automatizados basados en técnicas digitales, la caracterización de componentes, circuitos y sistemas de RF y microondas, en casi todas las instituciones (Universidades, Institutos de Investigación, Centros de Metrología, Industrias, etc.) que alrededor del mundo desarrollan el área de las hiperfrecuencias, se ha realizado utilizando reflectómetros y analizadores de redes automáticos (ARA).

Hoy en día algunos de los ARA más modernos son el HP 8510C construido en los Estados Unidos de América (E. U. A.) y el Wiltron 360 (hoy de Anritzu) construido en los E. U. A. o en Japón. Estos analizadores operan hasta frecuencias por encima de los 100 GHz y son muy sofisticados y costosos porque requieren, como se dijo antes, de conversión de frecuencia (heterodinación) para las mediciones.

Otro analizador de redes heterodino construido por la compañía AB Millimètre en Francia puede operar hasta 1 THz pero requiere de multiplicadores de frecuencia y generadores de armónicas que lo hacen igualmente costoso.

Ante estas circunstancias, para un buen número de instituciones mexicanas en las que es incipiente la enseñanza y la investigación de las altas frecuencias, la creación de un laboratorio que cuente con equipos de este tipo no es por lo general económicamente posible.

Afortunadamente, por la misma época en que surgieron los ARA heterodinados, se consolidó un concepto de medición alternativo, conocido como hexaportal [1], en el cual se prescinde de la conversión de frecuencia que es el factor determinante en el encarecimiento de los instrumentos comerciales.

Los instrumentos de medición integrados en base a este concepto, miden la fase de manera indirecta a partir de múltiples mediciones de magnitud.

Un analizador de redes de este tipo, para aplicaciones de investigación y docencia, puede ser integrado utilizando uno o dos reflectómetros hexaportales y uno o varios conmutadores.

Actualmente, el Grupo de Electrónica y Telecomunicaciones de Altas Frecuencias (GETAF) del Departamento de Electrónica (DE) de la Universidad de Guadalajara (U. de G.) cuenta ya con un reflectómetro hexaportal automático (RHA) para la banda L que ha sido totalmente integrado [2]-[4], calibrado [5] y automatizado [6], [7] en sus instalaciones.

Con estos antecedentes y con el objeto de llevar a cabo una primera comparación de mediciones, se caracterizaron, en colaboración con el Grupo de Microondas (GM) del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), una línea de transmisión y un acoplador direccional de cuadratura de 3 dB, terminados ambos en cargas de 50Ω y construidos con microcinta estándar, utilizando este reflectómetro y un ARA HP 8510C.

2. CARACTERIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

Ambos, el RHA y el ARA HP 8510C tienen capacidad de presentar las mediciones en gráfica polar o en gráfica de Smith. En gráfica polar, los valores de coeficiente de reflexión Γ con magnitud muy pequeña, y en gráfica de Smith los valores de impedancia Z cercanos a la característica o de referencia, generan incertidumbres en las mediciones por encontrarse muy cercanos al centro de ambas gráficas.

De esta manera, puesto que la caracterización de dispositivos o circuitos que generen valores en estas zonas críticas resulta más difícil, entonces, para la comparación de mediciones, se sintetizó y construyó una línea de transmisión de microcinta que, en el intervalo de frecuencias de caracterización, genera valores cercanos a los centros de las gráficas.

Las dimensiones de esta línea son $H = 0.0635$ cms, $L = 3.6$ cms. (largo) y $W = 0.1882$ cms. (ancho) que para una $\epsilon_r = 10.5$ y una frecuencia de 1.45 GHz corresponden a una impedancia característica $Z_c = 25.09$ y a una longitud eléctrica $\theta = 176.19^\circ$.

La Fig. 1 muestra a la línea terminada en una carga de 50Ω y conectada al puerto de medición del RHA.

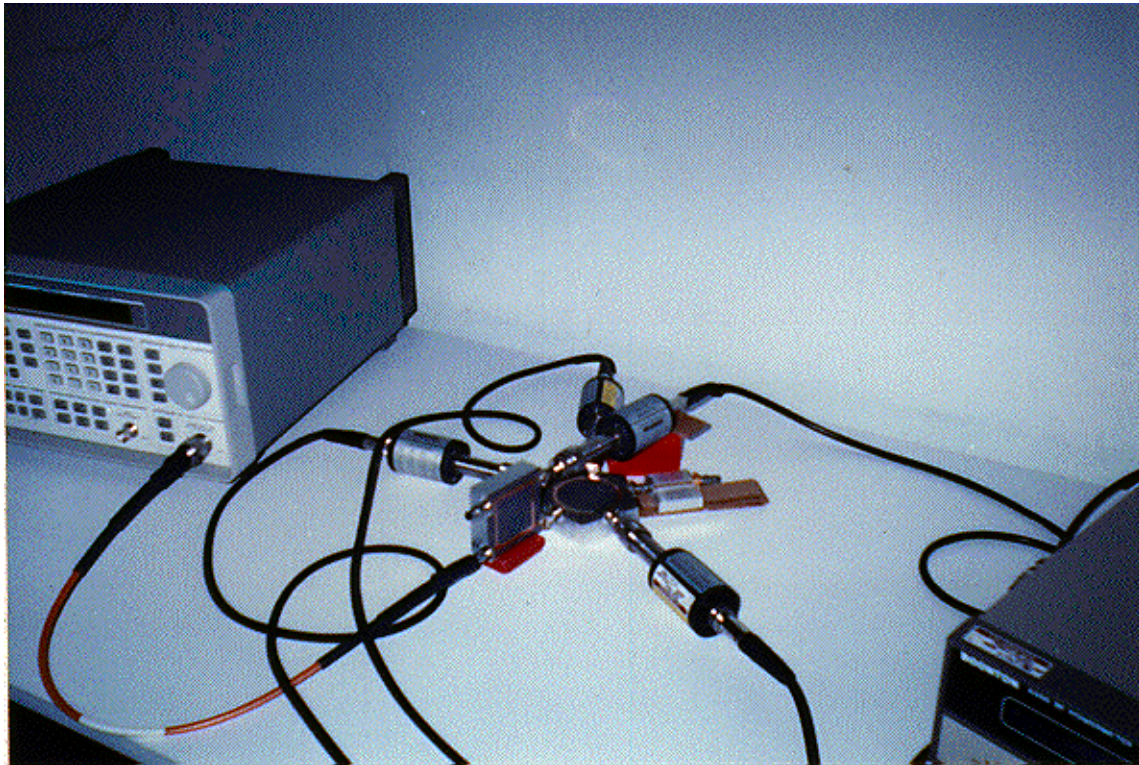
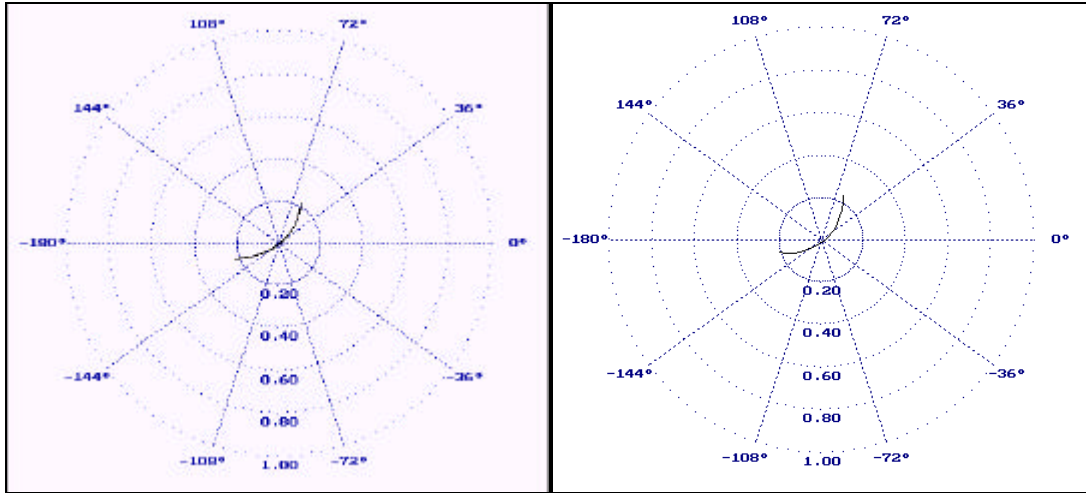


Figura 1. Conexión de la línea de transmisión de microcinta ($Z_c \gg 25\Omega$) terminada en una carga de 50Ω al puerto de medición del RHA.

La Fig. 2 muestra la caracterización de la línea terminada en una carga de 50Ω , con el RHA y con el ARA HP 8510C, en gráfica polar.



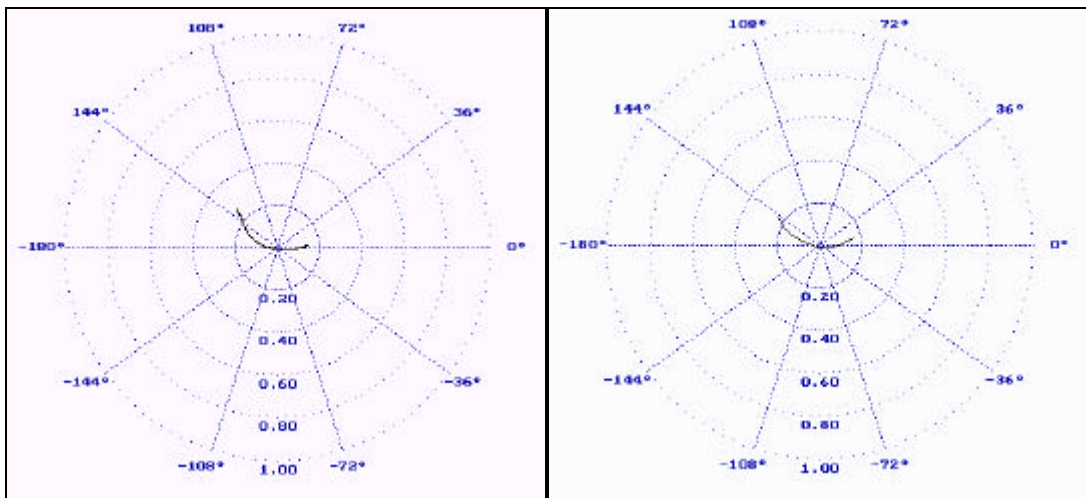
(a)

(b)

Figura 2. Caracterización de la línea de transmisión de microcinta ($Z_c \gg 25 \Omega$), terminada en una carga de 50Ω , en el intervalo de 1.3 a 1.6 GHz. (a) Gráfica generada por el RHA. (b) Gráfica generada con los valores obtenidos por el ARA HP 8510C.

3. CARACTERIZACIÓN DE UN ACOPLADOR DIRECCIONAL DE LÍNEAS RAMALES

De igual manera, se sintetizó y construyó un acoplador direccional de líneas ramales que, en el intervalo de frecuencias de caracterización, genera valores cercanos a los centros de las gráficas. La Fig. 3 muestra la caracterización del acoplador direccional, cuando tiene tres de sus puertos terminados en cargas de 50Ω , con el RHA y con el ARA HP 8510C, en gráfica polar.



(a)

(b)

Figura 3. Caracterización del acoplador direccional de microcinta, con tres de sus puertos terminados en cargas de 50 W, en el intervalo de 1.3 a 1.6 GHz. (a) Gráfica generada por el RHA.
(b) Gráfica generada con los valores obtenidos por el ARA HP 8510C.

4. CONCLUSIONES

Se han presentado algunas mediciones de coeficiente de reflexión, realizadas con un reflectómetro hexaportal y con un analizador de redes heterodino, en dos circuitos pasivos de microondas. Los resultados de estas caracterizaciones muestran la validez del concepto de medición hexaportal. Las bondades más significativas de los reflectómetros (y analizadores de redes) hexaportales se encuentran en la simplicidad de su construcción, operación y calibración. La calibración es estable y prolongada y se puede realizar con estándares poco disipativos.

Estas características los hacen muy apropiados para su utilización en instituciones de diversa índole, donde pueden ser integrados desde su versión más elemental para propósitos de docencia, hasta su versión más sofisticada para propósitos de certificación de estándares como un instrumento patrón o de referencia.

5. REFERENCIAS

1. G. F. Engen, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., **25**, (12), 1075-1080, 1977.
2. A. Dueñas Jiménez, *Estudio de estructuras hexaportales aplicables a analizadores de redes de microondas*, Tesis de Doctorado en Ciencias, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Ensenada, B. C., México, 1993.
3. A. Dueñas Jiménez, A. Serrano Santoyo, and F. J. Mendieta, Microwave Opt. Technol. Lett., **5**, 559-563, 1992.
4. A. Dueñas Jiménez, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., **45**, 1537-1544, 1997.
5. C. A. Bonilla Barragán, *Adaptación e implementación de una técnica de calibración para un reflectómetro hexaportal*, Tesis de Maestría en Ciencias, Departamento de Electrónica, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México, 1998.
6. S. Hernández Tejeda, *Diseño e implementación de una técnica de automatización para un reflectómetro hexaportal*, Tesis de Maestría en Ciencias, Departamento de Electrónica, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México, 1998.
7. A. Dueñas Jiménez, IEEE Trans. Educ., **40**, 69-77, 1997.

