

REFLECTÓMETROS 5-PUERTAS. COMPARACIÓN DE DISTINTOS SISTEMAS

José Margineda & Óscar Varela

Departamento de Física. Universidad de Murcia. Email:jmargi@fcu.um.es, ovarela@um.es

ABSTRACT

A comparative study of the common fixed-probes N-port reflectometers: rectangular guide, coaxial and μ strip line is presented. It is based on the analysis of the effect due to the uncertainty of power measurement and finite thickness of probes. Experimental measurements are shown.

1. INTRODUCCIÓN

Los analizadores de redes basados en dispositivos N-puertas han tenido gran aceptación por su simplicidad de uso y bajo coste. Partiendo de medidas de amplitud permiten obtener módulo y fase de los coeficientes de transmisión y reflexión (o parámetros equivalentes) de un D.U.T. (Device Under Test) [1]. Varios analizadores basados en pruebas fijas han sido propuestos en la bibliografía, cuyas diferencias radican en el sistema de transmisión utilizado en la construcción del reflectómetro base: guía [2-4], μ strip [5,6] y coaxial [7]. En este trabajo presentamos un análisis comparativo de los tres sistemas mostrando las ventajas e inconvenientes de cada uno a partir del análisis de errores.

2. DISEÑO DEL 5-PUERTAS:PROBLEMAS TEÓRICOS.

La teoría del reflectómetro de pruebas fijas está bien establecida en la literatura. A partir de lecturas l_i de amplitud (un mínimo de tres) se calcula el coeficiente de reflexión $\Gamma = \rho \exp(j\phi)$. Utilizando las ecuaciones dadas en [4] para un reflectómetro 5-puertas, un análisis del efecto del error de l_i nos lleva a

$$\Delta\rho \leq \frac{2\sqrt{2}}{3} \left[\sum_{i=1}^3 \frac{1}{|\sin\beta(z_i - z_j)\sin\beta(z_i - z_k)|} \right] \cdot \frac{\Delta l_i}{l_i} \quad (1)$$

$$\Delta\phi \leq \frac{2\sqrt{2}}{3\rho} \left[\sum_{i=1}^3 \frac{1}{|\sin\beta(z_i - z_j)\sin\beta(z_i - z_k)|} \right] \cdot \frac{\Delta l_i}{l_i} \quad (2)$$

con $i \neq j \neq k$ y donde z_i , z_j y z_k son las posiciones de las pruebas respecto al plano de referencia.

Estas expresiones nos muestran matemáticamente algunos aspectos bien establecidos en la teoría de los N-puertas con pruebas fijas. Por un lado, como es lógico, $\Delta\phi \rightarrow \infty$ cuando $\rho \rightarrow 0$. Por otro, tanto $\Delta\rho$ como $\Delta\phi$ tienden a ∞ cuando $z_i - z_j = n\lambda/2$ con n entero. Ahora bien, las ecuaciones (1) y (2) permiten obtener más información a efectos de determinar el ancho de banda útil del reflectómetro. El error en ρ y ϕ es mínimo cuando $z_i - z_j = \lambda/6$. Además, si admitimos errores hasta el

doble de este mínimo y suponiendo que las pruebas están a la misma distancia, Δz , encontramos que se debe cumplir

$$\frac{\lambda}{11} \leq \Delta z \leq \frac{9\lambda}{2} \quad (3)$$

Esta condición determina el ancho de banda útil del reflectómetro. Como vemos, aumentar o disminuir la separación entre pruebas no permite ampliar la banda útil, únicamente la desplaza: aumentar Δz significa disminuir en frecuencia y viceversa. Colocar las pruebas a distancias diferentes tampoco permite aumentar la banda útil. La alternativa usual para aumentar la banda útil es utilizar un mayor número de pruebas eligiendo en cada momento las más adecuadas para evitar las singularidades [3-5].

Esta limitación es común a los tres sistemas, guía rectangular, línea coaxial y μ strip. Sin embargo, la guía presenta una restricción adicional: la frecuencia de corte, que depende de las dimensiones de la guía, significa un límite inferior de la banda. La línea coaxial y la μ strip no presentan esta restricción.

Otro aspecto importante en la comparación es el acoplamiento a las pruebas. En guía o coaxial las pruebas consisten en sondas finas y se consigue el acoplamiento deseado aumentando o disminuyendo la penetración en la célula. En estos dos casos siempre se ha considerado despreciable el espesor de la punta, de acuerdo a la teoría desarrollada. Sin embargo, los estudios realizados en μ strip utilizan tanto terminaciones en punta como en T. Las primeras cumplen la condición de espesor despreciable pero presentan problemas de bajo acoplamiento [6], mientras que en las segundas [5] el espesor no es despreciable, sobre todo a medida que aumenta la frecuencia. El efecto del espesor de la prueba puede calcularse suponiendo que está formada por infinitas pruebas de espesor infinitamente pequeño, cada una de ellas con su detector asociado. La lectura que se obtiene, será la suma de todas ellas. Despreciando términos de orden superior, resulta:

$$l_i \approx \sin^2 \beta z_i + \frac{\pi^2}{3} \left(\frac{\Delta z}{\lambda_g} \right)^2 \cos 2\beta z_i \quad (4)$$

siendo Δz la anchura de la prueba. Como era de esperar el efecto del espesor de la prueba crece con la frecuencia. Por otro lado está en curso el estudio de este mismo efecto considerando la corriente generada por el campo sobre la punta.

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Hemos realizado medidas con diferentes cargas y con dispositivos construidos en guía y en línea coaxial. Ambos sistemas han sido igualmente calibrados [3]. En particular, hemos desarrollado un programa en Basic para hallar la posición de las

pruebas respecto al plano de referencia. Se basa en el ajuste de las lecturas experimentales a las lecturas esperadas a cada frecuencia de la banda para una carga conocida (cortocircuito). Utiliza el método de Newton-Rapson para el cálculo de ceros de una función que tiene en cuenta las desviaciones cuadráticas de cada lectura experimental con respecto a la lectura esperada.

En las Figuras 1 y 2 se muestran los resultados para un cortocircuito medido en banda Ku con un reflectómetro realizado en guía y otro en coaxial. el primero presenta mejores resultados que el segundo. Tenemos errores del orden de 3° en fase y 0.02 en módulo para la guía mientras que para la línea coaxial son de 6° y 0.05 en fase y módulo respectivamente. Por el contrario el dispositivo en línea tiene una banda útil de 2-18 GHz, mientras que el dispositivo en guía está limitado a 12-18 GHz por la frecuencia de corte de la guía. Esperamos poder presentar medidas realizadas con un dispositivo en μ strip.

4. CONCLUSIONES

Se propone una técnica para determinar el ancho de banda útil de un reflectómetro de pruebas fijas en función de la separación entre pruebas, a partir del análisis de errores, así como su aplicación a dispositivos contruidos en distintos sistemas de transmisión. Por otro lado, se ha analizado el efecto del espesor de las pruebas para comprobar la validez de la hipótesis de espesor despreciable, normalmente utilizada en la teoría del reflectómetro de pruebas fijas. Este punto está relacionado con el acoplamiento a las pruebas, aspecto importante sobre todo en los dispositivos fabricados en línea μ strip.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto TIC2000-16121-C03-03.

6. REFERENCIAS

- [1] ENGEN, G. F., "The six-port reflectometer: an alternative network analyzer", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., 1977, MTT-25, pp. 1075-1080.
- [2] BELLANTONI, J. V. and COMPTON, R. C., "Millimeter-Wave applications of a vector network analyzer in coplanar probe tips", Microwave Journal, 1991, vol. 34, no. 3, pp. 113-123.
- [3] MUÑOZ, J., MARGINEDA, J., MARTÍN, E. and ROJO, M., "Reflectómetro de tres pruebas con calibración simple", Anales de la Física 88, 1992, pp. 164-172.
- [4] MUÑOZ, J., MARGINEDA, J., MARTÍN, E. and ROJO, M., "Dual Five-Port Analyzer Using Fixed Probes", IEEE Trans. on Instrum. and Measurement, vol. 43, no. 3, 1994, pp. 415-420.
- [5] MADONNA, G., FERRERO, A. and MARCO, P., "Design of a broadband multiprobe reflectometer", IEEE Trans. on Instrum. and Measurement, vol. 48, no. 2, 1999, pp. 622-625.
- [6] CHANG, K., "Low-cost microwave / millimeter-wave impedance measuring scheme using a three-probe microstrip

circuit", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 38, no. 10, 1990, pp. 1455-1460.

- [7] MARGINEDA, J., MUÑOZ, J., and ROJO, M., "Broad band reflectometer using four electric probes", Proc. PIERS 1997, p 159.

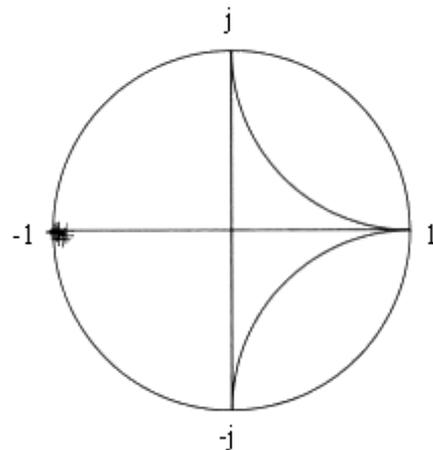


Fig.1.-Cortocircuito fijo con guía rectangular (Ku)

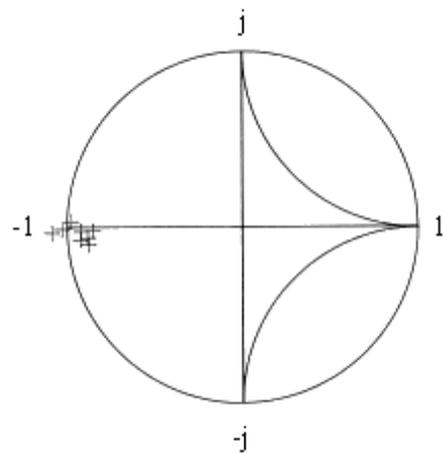


Fig.2.-Cortocircuito fijo con línea coaxial (Ku)