

CÁLCULO DE PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN PARA LA MEDICIÓN DE COEFICIENTES DE REFLEXIÓN Y TRANSMISIÓN CON AVR'S

Susana Padilla-Corral, Israel García-Ruiz
 Centro Nacional de Metrología
 Carretera a Los Cués km 4.5, 76246 El Marqués, Querétaro, México
 Tel.:+52-442-2110500 ext 3427. Fax: 2110528,
 correo electrónico: spadilla@cenam.mx

Resumen: En este artículo se describe la obtención de los parámetros de calibración que representan las características eléctricas de las terminaciones coaxiales utilizadas comúnmente como patrones de trabajo para la medición de coeficientes de reflexión y transmisión con AVR's; junto con dicho conjunto se aplica un modelo de corrección de errores y que permiten alcanzar una exactitud razonable en la medición de las características de reflexión y transmisión de dispositivos y componentes en RF.

1. INTRODUCCIÓN

Los patrones de trabajo para la medición de coeficientes de reflexión y transmisión con Analizadores Vectorial de Redes, AVR, generalmente utilizados en los laboratorios de calibración y medición consisten en conjuntos de terminaciones de precisión, por ejemplo en conector coaxial Tipo N, 3.5 mm, 2.92 mm, 2.4 mm, 1.85 mm o 1.0 mm. Estos patrones se utilizan para la corrección de errores o puesta a punto de los AVR. Estos patrones de trabajo se calibran en laboratorios de metrología a partir de patrones calculables [1], por lo que para diseminar los valores del patrón y su exactitud, es necesario determinar los parámetros o constantes de calibración de los patrones de trabajo que son requeridos por el sistema de medición AVR, ya que de ello depende la exactitud y confiabilidad del método de corrección de errores aplicado a los AVR.

2. PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN DE LAS TERMINACIONES COAXIALES

Los analizadores de redes son instrumentos que se utilizan para medir los parámetros de dispersión, estos sistemas de medición tienen disponibles un conjunto de métodos de corrección de errores que se requieren aplicar antes de realizar cualquier medición. El método de corrección de errores a utilizar depende del dispositivo que se va a medir, de los patrones con que se cuentan y la exactitud que se requiere para la medición. En el 80 % de los servicios de calibración del laboratorio de parámetros de reflexión y transmisión del CENAM se utiliza el método de corrección SOLT (para dispositivos coaxiales de 2-puertos) o SOL (para dispositivos coaxiales de 1-puerto) usando terminaciones coaxiales como patrones de trabajo.

Las terminaciones coaxiales con *offset* se modelan con una línea de transmisión terminada con la parte de reflexión del valor del patrón de trabajo (short, open, load), Figura No.1.

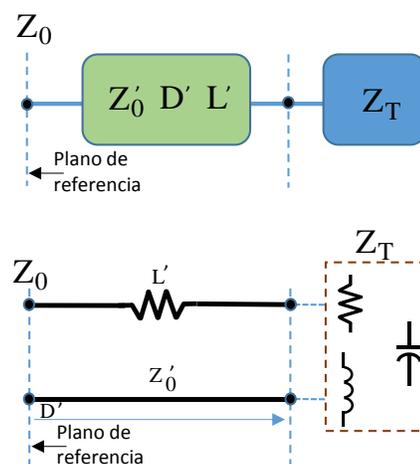


Fig. 1. Modelo de las terminaciones coaxiales.

2.1. Parámetros de calibración de la línea de transmisión

La sección de la línea de transmisión se calcula con las siguientes dos ecuaciones [2]:

$$Z_0 = Z'_0 \left(1 + (1-j) \frac{L'}{2\omega Z'_0} \sqrt{\frac{f}{1 \text{ GHz}}} \right) \quad (1)$$

$$\gamma = j\omega D' \left(1 + (1-j) \frac{L'}{2\omega Z'_0} \sqrt{\frac{f}{1 \text{ GHz}}} \right) \quad (2)$$

donde: Z'_0 (offset Z_0 en ohm) es la impedancia característica de la línea de transmisión sin pérdidas, L' (offset Loss en ohm/s) son las pérdidas de la línea

de transmisión por efecto skin, D' (offset Delay en segundos) retardo eléctrico desde el plano de referencia hasta Z_T .

2.2. Parámetros de calibración de la terminación coaxial short (circuito corto)

Los sistemas de medición determinan que el valor de coeficiente de reflexión de la terminación coaxial short es de -1 (ideal). La terminación coaxial no es ideal, por lo que, es necesario modelar la inductancia con un polinomio de tercer orden, como se indica a continuación:

$$L_{eff} = L_0 + L_1 f + L_2 f^2 + L_3 f^3 \quad (3)$$

Para estimar L_{eff} se mide la parte de reflexión de una terminación coaxial en short y se define por las siguientes ecuaciones:

$$Z_{short} = j\omega L_{eff} \quad (4)$$

$$\Gamma_{short} = \frac{Z_{short} - Z_0}{Z_{short} + Z_0} \quad (5)$$

2.3. Parámetros de calibración de la terminación coaxial open (circuito abierto)

El coeficiente de reflexión de la terminación coaxial open ideal es 1. En el sistema de medición no se considera que el valor del patrón de trabajo open sea ideal, se modela el valor de capacitancia C_{eff} dependiente de la frecuencia, se estima la impedancia Z_{open} a partir de la parte de reflexión Γ_{open} por las siguientes ecuaciones:

$$C_{eff} = C_0 + C_1 f + C_2 f^2 + C_3 f^3 \quad (6)$$

$$Z_{open} = \frac{1}{j\omega C_{eff}} \quad (7)$$

$$\Gamma_{open} = \frac{Z_{open} - Z_0}{Z_{open} + Z_0} \quad (8)$$

3. RESULTADOS

El sistema de medición de parámetros de dispersión, considera los coeficientes inductivos (ecuación 3) y los coeficientes capacitivos (ecuación 4) para estimar los coeficientes de reflexión reales de los patrones de trabajo. Los patrones de trabajo se utilizan para la puesta a punto del sistema de medición. Los valores inductivos y capacitivos calculados de dos diferentes

tipos de conectores se muestran en la Tabla 1 y 2, respectivamente.

Descripción	L0 H(e-12)	L1 H(e-24)/Hz	L2 H(e-33)/Hz ²	L3 H(e-42)/Hz ³	L _{eff} H(e-12)	U(L _{eff}) H(e-29)
3.5 mm male short	1.5293	-122.0100	3.1695	-0.0321	0.1727	0.3912
3.5 mm female short	1.4928	-106.2200	2.7281	-0.0276	0.3038	0.3484
Type N male short	0.5013	282.1400	-47.0720	1.8317	1.0110	3.6796
Type N female short	-0.8951	402.6600	-24.9990	0.5335	1.3643	0.2122

Tabla. 1. Coeficientes inductivos de las terminaciones coaxiales 3.5 mm y Tipo N.

Descripción	C0 F(e-15)	C1 F(e-27)/Hz	C2 F(e-36)/Hz ²	C3 F(e-45)/Hz ³	C _{eff} F(e-15)	U(C _{eff}) F(e-32)
3.5 mm male open	46.7900	5.8227	7.7262	0.0708	49.8108	3.5275
3.5 mm female open	48.1170	-247.8900	22.7520	-0.2024	49.8378	3.7450
Type N male open	89.9660	1912.9	-169.12	9.9248	127.4848	54.7149
Type N female open	96.5190	-1080.5	159.51	-0.8949	123.5319	37.9198

Tabla. 2. Coeficientes capacitivos de las terminaciones coaxiales 3.5 mm y Tipo N.

4. CONCLUSIONES

Se presentó el modelo de las terminaciones coaxiales que se utilizan como patrones de trabajo de coeficientes de reflexión y transmisión. Este modelo permite estimar los valores de coeficientes de reflexión complejos reales de los patrones y evitar hacer consideraciones de comportamientos eléctricos ideales. De esta forma, se incrementa la exactitud de la aplicación del método en la puesta a punto del sistema de medición. Con el uso de los patrones de trabajo, se brinda el soporte metroológico a la industria y laboratorios acreditados que requieren servicios de calibración de coeficientes de reflexión y transmisión en dispositivos coaxiales como líneas de transmisión, sensores de potencia, entre otros.

REFERENCIAS

[1] S. Padilla Corral, I. García Ruiz, Actualización del patrón nacional de coeficientes de reflexión y transmisión, Simposio de Metrología 2014, 6-10 Octubre 2014.
 [2] M. Wollensack, J. Hoffmann, METAS VNA Tools II, pag. 26-27, Agosto 2013.