

# การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน

## ด้วย Network Analyzer

ต่อจากฉบับที่แล้ว

**การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของเครื่องมือวัดแบบ 1 พอร์ต ด้วยเครื่อง Network Analyzer**

การวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของเครื่องมือวัดที่มีลักษณะช่องสัญญาณแบบ 1 พอร์ต จะพบมากในเครื่องมือของการวัดด้าน RF Power เช่น Thermister mount, power sensor รวมทั้ง Broadband load 50 ohm ใน calibration kit เป็นต้น

ความไม่แน่นอนของการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$u(r) = \sqrt{\frac{(D+T_p r^2)^2}{4} + \frac{(L_s)^2}{4} + \frac{(T_r r)^2}{3} + \frac{(r \cdot 10^{-(\log(I/r) - \log(I_r) \times \text{lim})})^2}{3} + \frac{(R)^2}{3} + \frac{(Ac)^2}{3} + \frac{(Con)^2}{4} + \frac{(Cf)^2}{4} + \frac{(S_{rep})^2}{1}}$$

เมื่อ  $u(r)$  คือ ความไม่แน่นอนของการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน

$r$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Network Analyzer

**โดยองค์ประกอบของความไม่แน่นอนในสมการข้างต้น เป็นดังนี้**

1. ความไม่แน่นอนที่เกิดจากเครื่อง Network Analyzer ได้แก่

- Effective Directivity (D) คือ ความไม่แน่นอนที่เกิดจาก directional coupler หรือ bridge ที่อยู่ในเครื่อง Network Analyzer ซึ่ง Effective Directivity สามารถหาได้จากการวัดด้วยวิธี ripple technique โดยมีค่าเท่ากับ

$$D = \frac{\text{Maximum Ripple Amplitude}}{2} \quad (5)$$

- Effective Test Port Match ( $T_p$ ) คือ ความไม่แน่นอนนั้นสามารถหาได้จากการวัดด้วยวิธี ripple technique เช่นเดียวกับ Effective Directivity ซึ่ง Effective Test Port Match มีค่าเท่ากับ

$$T_p = \left( \frac{\text{Maximum Ripple Amplitude}}{2} \right) \times r^2 \quad (6)$$

- Standard Load ( $L_s$ ) คือ ความไม่แน่นอนของการวัดค่าสัมประสิทธิ์ การสะท้อนของตัวมาตรฐานอ้างอิง (reference)

- Effect of Tracking ( $T_r$ ) คือ ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการ tracking ที่ไม่สมบูรณ์ระหว่างคลื่นสะท้อนกับคลื่นขาเข้า ซึ่ง effect of tracking มีค่าเท่ากับ

$$T_r = r \quad (7)$$

คือ ค่า effect of tracking ที่ระบุอยู่ใน specification ของผู้ผลิต

- Linearity ( $L_{lin}$ ) สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$L_{lin} = \frac{(r \cdot 10^{-(\log(I/r) - \log(I_r) \times \text{dim})})^2}{3} \quad (8)$$

- Resolution (R) คือ ความละเอียดที่เครื่องมือ Network Analyzer สามารถจะแสดงผลการวัดได้

- Ambient Conditions ( $A_C$ ) คือ ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของเครื่อง Network Analyzer ซึ่งหาได้จาก specification ของผู้ผลิต

2. ความไม่แน่นอนที่เกิดจาก Connector (Con) สามารถหาได้จากการวัดค่า Insertion loss ของ connector

3. ความไม่แน่นอนที่เกิดจากสายเคเบิล ( $C_r$ ) สามารถหาได้จากการวัดเปลี่ยนแปลงของค่า Insertion loss ของสายเคเบิลในตำแหน่งต่างๆ

4. ความไม่แน่นอนที่เกิดจาก System Repeatability ของการวัด ( $S_{rep}$ )

**ตัวอย่างการประเมินค่าความไม่แน่นอนการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกรณีเครื่องมือวัดแบบ 1 พอร์ต**

Source of uncertainty	Estimate	Uncertain	Distribution	Divisor	Standard uncertainty
Reaction coefficient is 0.1					
Effective directivity	0.010	0.0100	-	-	-
Effect test port match	0.017	0.0002	-	-	-
Sum of correlated quantities	-	0.0102	Normal	2	0.0051
Standard load	0.01	0.0100	Normal	2	0.0050
Effect of tracking	0.01	0.0010	Rectangular	$\sqrt{3}$	0.0006
Linearity (dB/dB)	0.05	0.0108	Rectangular	$\sqrt{3}$	0.0063
Resolution	0.001	0.0005	Rectangular	$2\sqrt{3}$	0.0003
Ambient conditions	0.01	0.0100	Rectangular	$\sqrt{3}$	0.0060
Connector	0.002	0.0020	Normal	2	0.0010
Cable exture	0.01	0.0100	Normal	2	0.0050
System repeatability	0.01	0.010	Normal	1	0.0100
Combined Standard Uncer.					0.0158
Expanded Uncertainty (k=2)					0.032

### บทสรุป

ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนเป็นค่าที่สำคัญของการวัดในช่วงความถี่วิทยุและไมโครเวฟ ความถูกต้องของค่าที่วัดได้ จะขึ้นอยู่กับเครื่อง Network Analyzer อาทิ directional coupler หรือ bridge, tracking, linearity และสภาวะแวดล้อมของเครื่อง รวมทั้ง connector และสายเคเบิลที่ใช้ในการวัด

ที่มา: จากวารสาร Metrology Info