

Vector Network Analyzer

1 วัตถุประสงค์

1. เข้าใจในหลักการทำงานและคุณสมบัติพื้นฐานของ Vector Network Analyzer
2. รู้จักวิธีใช้พื้นฐานของเครื่อง Vector Network Analyzer
3. สามารถทำการวัด Scattering Parameter ของอุปกรณ์

2 ทฤษฎี

Vector Network Analyzer เป็นเครื่องมือวัดสำหรับใช้วัดค่า Scattering Parameters ของอุปกรณ์ เมื่อมองอุปกรณ์เป็นโครงข่าย (Network) โดยนิยามของ Scattering Parameter S_{ij} เป็นดังนี้

$$S_{ij} = \left. \frac{b_i}{a_j} \right|_{a_k=0, \forall k \neq j}$$

b_i เป็นคลื่นแรงดันไฟฟ้าออกจาก Port i, a_j เป็นคลื่นแรงดันไฟฟ้าเข้าที่ Port j, และ i, j, k เป็นหมายเลข Port ถ้าเป็นอุปกรณ์ 1 พอร์ต (เช่น สายอากาศ) S_{11} จะมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflection Coefficient; โดยทั่วไป ใช้สัญลักษณ์ Γ) ดังนั้น อัตราส่วนกำลังที่เข้าในอุปกรณ์จะเท่ากับ $1-|S_{11}|^2$ ถ้าเป็นอุปกรณ์หลายพอร์ต (เช่น ตัวกรอง สายส่ง Coupler, Power divider, Multiplexer) โดยทั่วไปจะแสดงอยู่ในรูป Scattering Matrix เพื่อใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าเข้ากับแรงดันไฟฟ้าออก อันส่งผลให้สามารถวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเข้าและกำลังไฟฟ้าออกได้ ยกตัวอย่างเช่น ในตัวกรอง S_{21} แสดงถึงอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าออกพอร์ต 2 ต่อแรงดันไฟฟ้าเข้าพอร์ต 1 ดังนั้น ถ้าคิดเป็นกำลัง อัตราส่วนของกำลังออกต่อกำลังเข้าจะเป็น $|S_{21}|^2$ ดังนั้น ถ้าอยู่ในช่วง Pass band ค่านี้จะเข้าใกล้ 1 ในทางตรงกันข้าม ถ้าอยู่ใน Stop band ค่านี้จะเข้าใกล้ 0

3 หัวข้อค้นคว้าก่อนการทดลอง

จงทำการค้นคว้าเกี่ยวกับเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

- Scattering Parameter (ความหมายทางฟิสิกส์และการใช้ประโยชน์)
- Transmission Line (characteristic impedance Z_0 , propagation constant $\gamma = \alpha + j\beta$) และค่า R, G, L, C ของสายส่ง ซึ่งหาได้จากเอกสาร tl_note.pdf
- Band-pass filter (หลักการทำงาน pass band, stop band)
- Antenna Bandwidth (นิยาม การคำนวณหา bandwidth)
- หลักการทำงานพื้นฐานของ Vector Network Analyzer (ดูเอกสารภาษาอังกฤษ)

ทั้งนี้ หาเอกสารดังกล่าวข้างต้นได้จาก <http://www.pongsak.ece.engr.tu.ac.th/le302/>

4 อุปกรณ์และเครื่องมือ

ในการทดลองนี้ เราจะศึกษาวิธีใช้งานเครื่อง Vector Network Analyzer และทดลองวัดค่า Scattering Parameter ของอุปกรณ์ต่างๆ อุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่

1. เครื่อง Vector Network Analyzer พร้อมชุด Calibration และสายเชื่อมต่อ
2. อุปกรณ์ทดสอบ : สายส่ง RG-58 ยาว 10 เมตร สายอากาศแบบต่างๆ Band-pass filter, Attenuator, Matching section, power splitter

5 การทดลอง

1. ทำการปรับเทียบ (Calibration) One Path 2-port Calibration (ดูหนังสือคู่มือประกอบ) ให้สังเกตด้วยว่า ค่า S_{11} เมื่อต่อ OPEN, SHORT, LOAD ต่างกันอย่างไร
 2. ทำการวัดค่า S_{11} ของสายอากาศ แล้วบันทึกกราฟ หาค่า Input impedance, bandwidth
 3. ทำการวัดค่า S_{11} ของ 75Ω load และของ 75Ω load + Matching section
 4. ทำการวัดค่า S_{11} , S_{21} ของ Band-pass filter แล้วบันทึกกราฟ หาค่า bandwidth
 5. ทำการวัดค่า S_{11} , S_{21} ของอุปกรณ์ Attenuator แล้วบันทึกกราฟ ทดลองเปลี่ยนค่า Attenuation เป็น 0 dB, 10 dB, 20 dB, 30 dB แล้วบันทึกค่าที่วัดได้
 6. ทำการวัดค่า S Parameter ของสายส่ง ดังนี้
 - a) ต่อสายส่งเข้าที่พอร์ต 1 แล้ววัดค่า S_{11} กรณีต่อปลายสายอีกข้างกับ Open, short และ load ตามลำดับ
 - b) ต่อปลายสายอีกข้างกับพอร์ต 2 แล้ววัดค่า S_{21}ทั้งนี้ ให้บันทึกกราฟ และค่า Magnitude และ Phase ของทั้ง S_{11} , S_{21} ที่ความถี่ 10,20,30,50,100,200,300,500,1000,1300 MHz เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่า Z_0 , γ
 7. ต่ออุปกรณ์ Power splitter เข้ากับเครื่องมือวัด โดยต่อพอร์ต input เข้ากับพอร์ต 1 ต่อพอร์ต output อันหนึ่งเข้ากับพอร์ต 2 แล้วต่อ load เข้ากับพอร์ตที่เหลือ ทำการวัดค่า S_{11} , S_{21} แล้วบันทึกกราฟ จากนั้น สลับ load กับพอร์ต output แล้ววัดค่า S_{21} และบันทึกกราฟ
- อนึ่ง ในการบันทึกกราฟและอ่านค่า ให้ทำการเปลี่ยนช่วงค่าความถี่และ scale ให้เหมาะสม

6 การทำรายงาน

รายงานสิ่งที่ทำการวัดและผลที่ได้ พร้อมสรุปว่า ในแต่ละการวัดค่า Scattering Parameter ได้เรียนรู้อะไรเกี่ยวกับคุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นๆ อนึ่ง ให้ทำดังนี้ด้วย

1. แปลงหน่วย dB ให้เป็น Linear Magnitude ของค่า Scattering Parameter (dB เป็นหน่วยแสดงกำลัง)
2. ในการวัดสายส่ง ใช้ค่า Scattering Parameter ที่วัดได้หาค่าพารามิเตอร์ของสายส่ง กล่าวคือ ค่า Characteristic impedance และค่า Propagation constant (Phase constant, Attenuation constant) แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลใน Data sheet ซึ่งหาได้จากไฟล์ rg58.pdf
3. ในการวัด Antenna และ Filter ให้หา bandwidth ด้วย โดยบอกนิยามของ bandwidth ก่อน

7 คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายเหตุผลที่ต้องทำการปรับเทียบ (Calibration)
2. ถ้าต้องการใช้วัดค่า Scattering Parameters ของอุปกรณ์ที่มีมากกว่า 2 พอร์ต จะต้องทำอย่างไร
3. จงแสดงวิธีการหาค่า R , G , L , C ของสายส่งแบบ Coaxial RG-58