การทดลองที่ 11 การแมทชิงอิมพีแดนซ์

11.1. วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อให้นักศึกษาทำความรู้จักการแมทชิงอิมพีแดนซ์ (impedance matching)

2. นักศึกษาสามารถทำการแมทชิงโหลดโดยใช้หลักการสไลน์สกรูทูนเนอร์ (Slide Screw Tuner)

11.2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มุมเฟสแบบรีเรทีฟ (relative phase angle) ระหว่างแรงดันคลื่นส่ง (incident wave) กับแรงดันคลื่นสะท้อนกลับ (reflected wave) จะเปลี่ยนแปลงตามระยะของท่อนำคลื่นเมื่อสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับเป็นอัตราส่วนของแรงดันคลื่นส่งต่อแรงดันคลื่นสะท้อนกลับมันก็จะทำให้มุมเฟสเปลี่ยนแปลงตามระยะของท่อนำคลื่นสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ ณ จุดที่กำหนดบนท่อนำคลื่น ก็คือสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่โหลดบวกกับเทอมของเฟส โดยที่เทอมของเฟสนี้ ขึ้นอยู่กับระยะระหว่างจุดที่กำหนดที่จะสังเกตกับจุดที่โหลด

ท่อนำคลื่นที่มีการสูญเสียน้อย (lossless waveguide) นั้นขนาดของสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ จะมีค่าคงที่ตามระยะท่อ เฟสของสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับจะเป็นผลรวมของมุมเฟสที่โหลดบวกกับมุมเฟสที่ขึ้นกับการแทนระยะของท่อ

การคำนวณอิมพีแดนซ์ที่จุดใดๆ ตามระยะของท่อนำคลื่น จากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่อ้างอิง จะกระทำได้ง่ายโดยการใช้แผนภาพสมิธ โดยทั้งหมดนี้จะต้องทราบจุดอ้างอิง และสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ ณ จุดที่อ้างอิงนั้น จุดอ้างอิงอาจเป็นจุดที่โหลดหรือจุดใดๆ บนท่อท่อนำคลื่น จุดสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่กำหนดลงบนแผนภาพสมิธนั้นจะแบ่งส่วนของวงกลม SWR และเส้นตรง

วงกลมสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับบนแผนภาพสมิธก็เหมือนกับวงกลม SWR ซึ่งจะแสดงอิมพีแดนซ์โลกัส (impedance locus) ของโหลดที่ไม่แมทช์ นั่นคืออิมพีแดนซ์ทั้งหมดนั้น สามารถเห็นได้บนเส้น lossless เมื่อกำหนด SWR ให้หรือสภาวะที่ไม่แมทช์นอกจากส่วนนี้แล้ว การเดินทางของครึ่งความยาวคลื่นบนเส้นที่ต้องการ จะต้องครอบคลุมสภาวะอิมพีแดนซ์ทั้งหมดบนเส้นนั้นและจะซ้ำกันทุกๆครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น

อิมพีแดนซ์ที่จุดใดๆ บนท่อนำคลื่นที่กำหนดบนวงกลม SWR จะหาค่าอิมพีแดนซ์ ณ จุดที่กำหนดนั้นได้ เมื่อสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่หมุนผ่านมุม ซึ่งตรงกับผลต่างของเฟสระหว่างจุดที่อ้างอิงและจุดที่กำหนด ให้ลากจุดผ่านมุมที่ต้องการมีสเกลบนวงกลมนอกของแผนภาพ 2 สเกลคือ Wavelength toward generator และ Wavelength toward load โดยที่สเกลทั้งสองนี้ จะแบ่งความยาวคลื่นเป็นส่วนเท่าๆ กัน เพื่อใช้บวกมุมเฟสที่ต้องการกับสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับทีอ้างอิง

สเกล Wavelength toward generator ใช้เมื่อแทนระยะจากจุดอ้างอิง ถึงจุด Generator และสเกล Wavelength toward load ใช้เมื่อแทนระยะจากจุดอ้างอิงถึงจุดโหลด

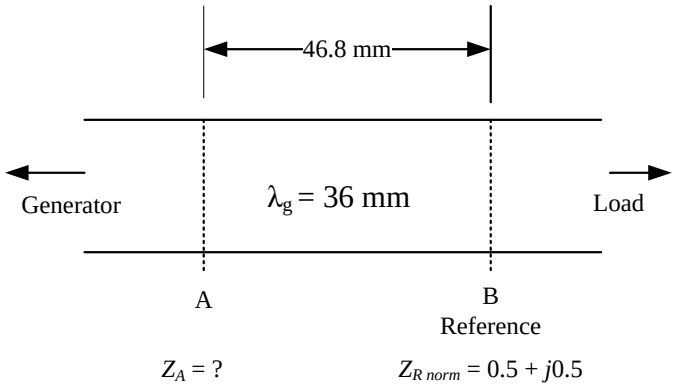
การหาค่าอิมพีแดนซ์บนท่อนำคลื่น

วิธีการหาค่าอิมพีแดนซ์ที่จุดกำหนดให้ใดๆ บนท่อนำคลื่นจากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่อ้างอิง ดังแสดงในตัวอย่าง จงหาค่าอิมพีแดนซ์ที่จุด A ซึ่งอยู่ระหว่าง Generator กับจุดอ้างอิงที่จุด B ดังรูปที่ 1 เมื่ออิมพีแดนซ์อ้างอิงปกติ Z_{Rnorm} มีค่าเป็น 0.5+j0.5 และความยาวคลื่นของท่อเท่ากับ 36 มม. จงหาค่าอิมพีแดนซ์เมื่อวางอยู่ใกล้กับแหล่งจ่ายเป็นระยะเท่ากับ 46.8 มม.

พล็อตอิมพีแดนซ์ที่จุดอ้างอิงลงบนแผนภาพสมิธในรูปที่ 2 ที่สเกลความยาวคลื่น Toward the generator (จุด B) แสดง $0.088\lambda_g$ ในเมื่ออิมพีแดนซ์บนสายส่งที่ไม่มีการสูญเสีย นั้นเกิดขึ้นซ้ำกันทุกๆ ครึ่งความยาวคลื่น จะเห็นว่าการหมุนครบรอบของ chart จะเท่ากับ $0.5\lambda_g$ นั่นหมายถึงว่าอิมพีแดนซ์ที่จุด $1.3\lambda_g$ จากจุดอ้างอิงจุด B จะมีค่าเท่ากับอิมพีแดนซ์ที่จุด $0.3\lambda_g$ จากจุดอ้างอิงจุดนี้แน่นอน เมื่อหมุนสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับระยะ $0.3\lambda_g$ จากจุดอ้างอิงไปตาม Toward the generator จะได้สัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่จุด A ที่สเกลความยาวคลื่นเท่ากับ $0.3\lambda_g + 0.088\lambda_g = 0.388\lambda_g$ ดังนั้นอิมพีแดนซ์ปกติที่จุด A คือ 0.6 - j0.76

การแมทชิงอิมพีแดนซ์

ที่ความถี่ไมโครเวฟการแมทช์ของโหลด หมายถึงการที่ไม่มีสัญญาณของคลื่นสะท้อนกลับ เนื่องจากว่าโหลดสามารถดูดซับพลังงานจากแหล่งจ่ายที่จ่ายมาไว้ทั้งหมดสามารถทำโดยการเพิ่มอิมพีแดนซ์ในวงจรไมโครเวฟ วิธีที่ง่ายที่สุดคือการเพิ่มอิมพีแดนซ์ในวงจรแบบขนาน เหตุผลนี้คือการคำนวณจะกระทำโดยใช้ค่าแอดมิทแทนซ์ (Admittance)



รูปที่ 1 determination of the impedance at another point on the waveguide.

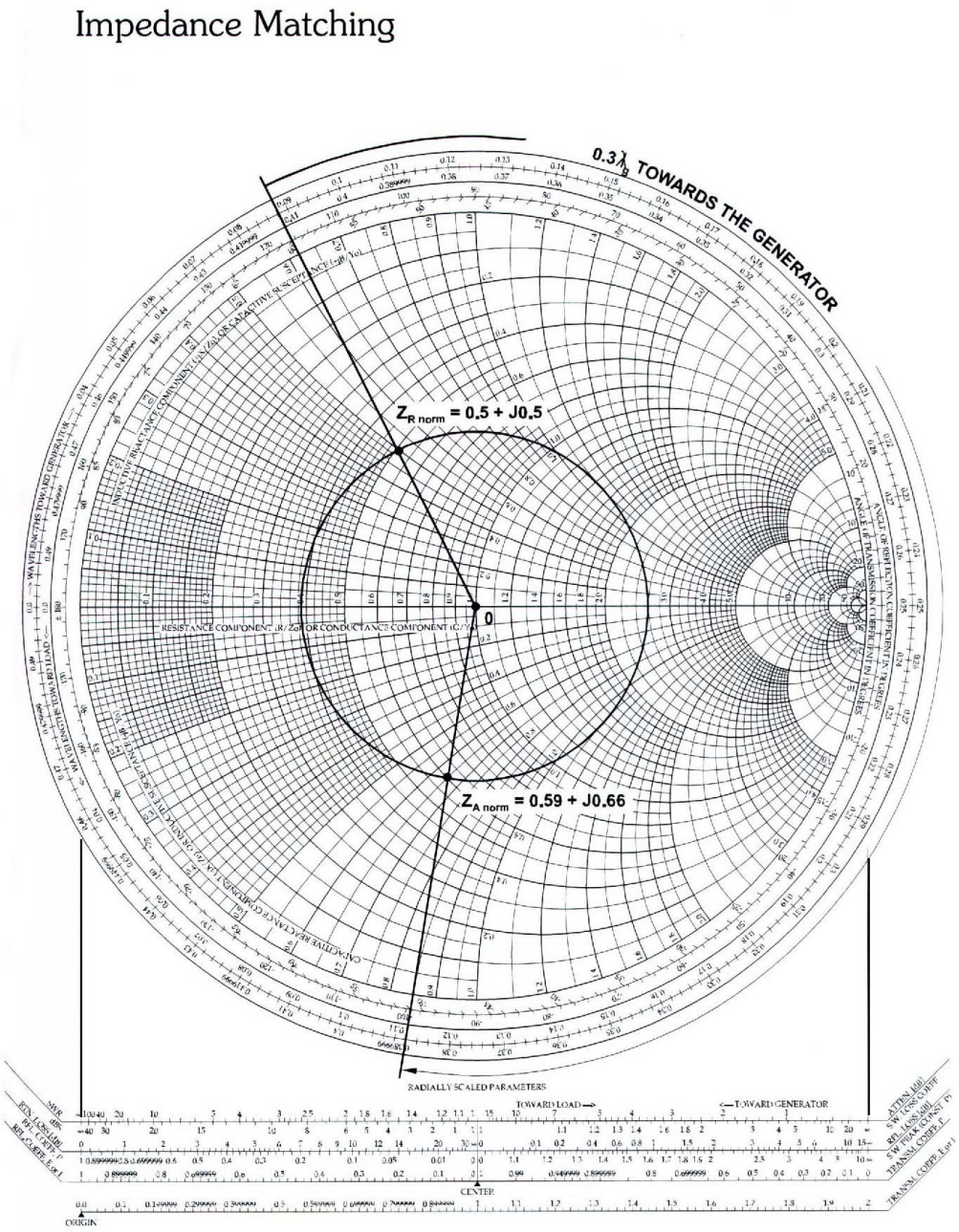
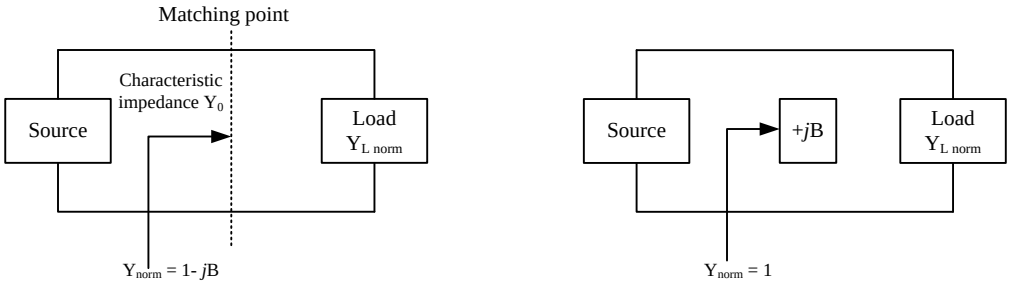


Figure 13-2. Determination of the impedance at another point on the waveguide Smith Chart.

รูปที่ 2 Determination of the impedance at another point on the waveguide Smith Chart

วิธีที่ง่ายที่สุดในการทำให้เกิดอิมพีแดนซ์ที่แมทช์คือเพิ่มค่าซัสเซปแทนซ์ (susceptance) เข้าไป ณ ตำแหน่งที่ กำหนดบนท่อนำคลื่นตำแหน่งที่กำหนดนี้เป็นตำแหน่งบนท่อท่อนำคลื่นจะมีค่านอร์มอลไลซ์ค่าคอนดักแทนซ์ (Normalized Conductance) เท่ากับ 1 ซัสเซปแทนซ์ที่เพิ่มเข้าไปนั้นจะมีขนาดเท่ากัน แต่เครื่องหมายจะตรงกันข้ามกับซัสเซปแทนซ์ตรงจุดที่มีค่าคอนดักแทนซ์เท่ากับ 1

ตัวอย่างเช่น ถ้านอมอลไลซ์ค่าแอดมิทแทนซ์ที่จุดที่แมทช์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 1-*j*B ดังนั้นนอมอลไลซ์ค่าซัสเซปแทนซ์ที่เพิ่มเข้าไปจะเป็น +*j*B ดังรูป 3



ก) ก่อนแมทชิง ข) หลังแมทชิง

รูปที่ 3 การแมทชิงโหลด

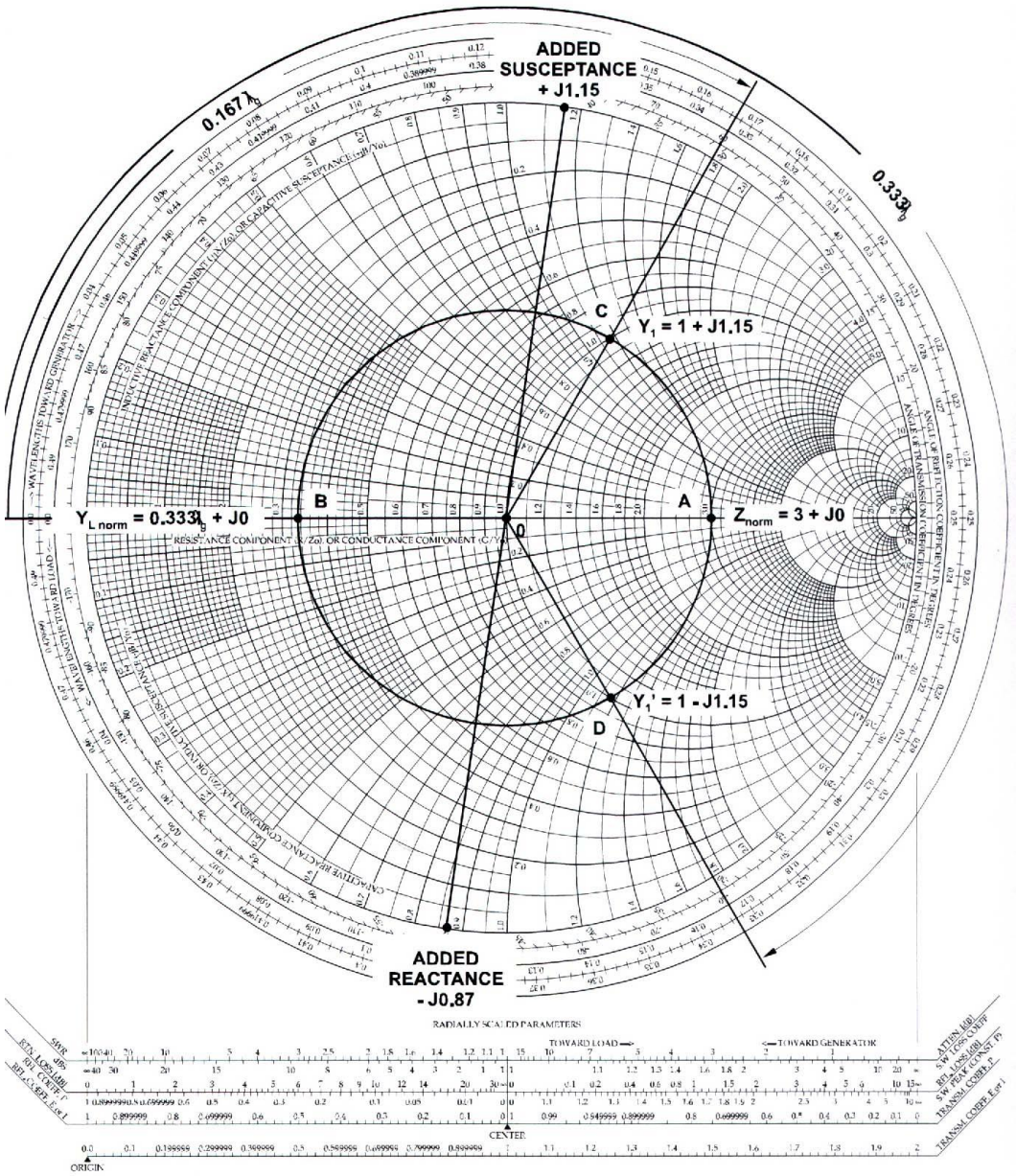
หลังจากที่ทำให้เกิดการแมทช์แล้วจะไม่มีคลื่นสะท้อนกลับระหว่างแหล่งจ่ายกับจุดที่แมทช์แล้ว เพราะว่าค่าแอดมิทแทนซ์มีค่าเท่ากับค่าแอมมิทแทนซ์คุณลักษณะ (characteristic admittance) Y_o ของท่อนำคลื่นที่ส่วนนั้น ตำแหน่งที่จะเพิ่มซัสเซปแทนซ์เข้าไปอาจจะกำหนดได้โดยทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. พล็อตตำแหน่งอิมพีแดนซ์ของโหลดบนแผนภาพสมิธและเขียนวงกลม SWR
2. แปลงค่าอิมพีแดนซ์ให้เป็นแอดมิทแทนซ์
3. หมุนเวคเตอร์ให้ตรงกับแอดมิทแทนซ์ไปตามรอบวงกลม SWR จนกระทั่งตรงกับแอดมิทแทนซ์ที่มีค่าเป็น 1
4. อ่านค่าระยะในท่อนำคลื่นที่ตรงกับมุมของการหมุนจากสเกล Toward the generator และแปลงให้เป็นระยะจริงๆ

<u>ตัวอย่าง</u> เมื่อพิจารณาที่การแมทชิงโหลด $Z_{Lnorm} = 3 + j0$ คือจุด A ที่อยู่บนแผนภาพสมิธดังรูปที่ 3 และความยาวคลื่นของท่อ λ_g เท่ากับ 36 มม.

1. โดยการหมุน 180° อิมพีแดนซ์นี้แปลงให้เป็นนอมอลไลซ์แอมิทแทนซ์ (ที่จุด B) $Y_{Lnorm} = 0.33 + j0$

2. เวคเตอร์ OB ที่ตรงกันกับค่านอมอลไลซ์แอดมิทแทนซ์เมื่อถูกหมุนไปตาม Toward generator จนกระทั่งพบว่าแอดมิทแทนซ์เป็น 1 บนกลมคอนดักแทนซ์ ซึ่งอยู่ในส่วนของอินดักทีฟซัสเซปแทนซ์บนแผนภาพที่จุด D แสดงอินดักทีฟซัสเซปแทนซ์บนแผนภาพได้ค่าแอดมิทแทนซ์ $Y_1 = 1 - j1.15$



รูปที่ 4 ตัวอย่างการแมทชิงอิมพีแดนซ์

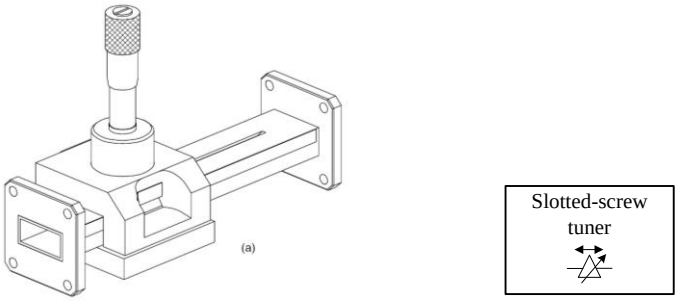
3. บนสเกล Wavelength toward generator จะพบว่าที่จุด D มีระยะเป็น 0.333λ_g แปลงให้เป็นมิลลิเมตรจะได้ d = 0.333λ_g x 36 mm/λ_g = 12 mm.

3.1 เพื่อที่จะให้แมทช์กับโหลดต้องเพิ่มนอร์มอลไลซ์ซัสเซปแทนซ์ ค่า+*j*1.15 ที่ระยะ 12.0 มม. จากโหลดดังรูปแสดงที่ 4 เพิ่มซัสเซปแทนซ์ค่า+*j*1.15 ซึ่งเท่ากับเพิ่มค่ารีแอคแทนซ์เป็น – j0.87

3.2 ให้เลือกจุด C บนแผนภาพสมิธเพื่อเป็นการเลือกค่าแอดมิทแทนซ์คือ Y_1 = 1 – *j*1.15 และค่าซัสเซปแทนซ์คือ –*j*1.15 หรือค่ารีแอคแทนซ์ + *j*0.87 จะต้องนำไปวางให้ห่างจากโหลด 6.0 มม. จึงจะแมทช์

3.3 ในการนำไปใช้งานนั้นตามหลักวิชาได้อธิบายถึงการใช้โหลดที่ทำให้แมทช์ อย่างไรก็ตามในการปรับค่าซัสเซปแทนซ์นั้นจะใช้สสไลน์สกรูทูนเนอร์ โดยการปรับตำแหน่ง ดังนั้น การแมทชิงก็อาจจะไม่ต้องมีการคำนวณค่าของรีซิสแทนซ์ที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่ปรับต่ำสุดของ สัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับในท่อนำคลื่น

3.4 โดยปกติโพรบจะแทนระยะ เช่นกัน ซัสเซปแทนซ์ แสดงโดยโหลดที่เป็น inductive ซึ่งมี 2 เหตุผล สำหรับกรณีนี้คือเป็นการง่ายที่จะปรับซัสเซปแทนซ์ของสไลน์สกรูทูนเนอร์ ในขอบเขตของคาร์ปาซิทีฟมากกว่าในขอบเขตของอินดักทีฟและดังนั้นสกรูที่ปรับไว้ให้ตื้น ในขอบเขต ของคาร์ปาซิทีฟนั้นกำลังไมโครเวฟส่วนน้อยก็จะเสียไปเพราะว่าผลของการปรับสกรู สำหรับในรูปที่ 5 แสดงสไลน์สกรูทูนเนอร์และสัญลักษณ์



ก) ข)

รูปที่ 5 แสดงสไลน์สกรูทูนเนอร์และสัญญลักษณ์

11.3. อุปกรณ์ในการทดลอง

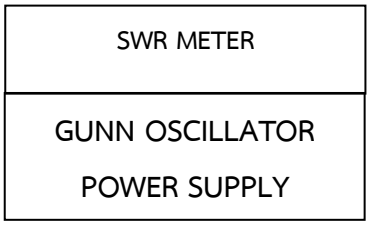
รายการ	**โมเดล**
1. Gunn Oscillator Power Supply	9501
2. SWR Meter	9502
3. Gunn Oscillator	9510
4. Slotted Line	9520
5. Crystal Detector	9522
6. Directional Coupler	9523
7. Slide-Screw Tuner	9530
8. Matched Load	9531
9. Fixed Attenuator (6dB)	9533
10. Microwave accessories	9536
11. Connection leads and Accessories	9590
12. Waveguide Support (2)	9591

11.4. ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองจะได้ใช้โหลดที่ไม่แมทช์ที่ประกอบขึ้น จากการนำคาร์ปาซิทีฟไอริส (capacitive Iris) ไปติดตั้งข้างหน้าโหลดที่แมทช์ แล้วทำการวัดสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับและ SWR ของโหลดที่ไม่แมทช์จากการทดลองที่ 2-2 โดยไม่ต้องมีการคำนวณ การแมทช์โหลดด้วยสไลน์สกรูทูนเทอร์การปรับตำแหน่งและความลึกของทูนนิงสกรู ให้ได้ระดับสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับต่ำสุดวัด SWR ของโหลดที่ไม่แมทช์จากการทดลองที่ 2-2 โดยไม่ต้องมีการคำนวณการแมทช์โหลดด้วยสไลน์สกรูทูนเทอร์ในการปรับตำแหน่งและความลึกของทูนนิงสกรูให้ได้ระดับสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับต่ำสุด วัด SWR ของโหลดเมื่ออิมพีแดนซ์นั้นแมทช์

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. ปิดสวิทช์ Power ให้อยู่ที่ตำแหน่ง 0 (off) ทุกตัว และจัดวางเครื่องวัด ดังรูปที่ 5



รูปที่ 6 แสดงการจัดวางอุปกรณ์

2. ต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 7 และปรับระยะลึกของโพรบในสล็อตไลน์ให้เข้าไปน้อยที่สุด
3. ปรับกันน์ออสซิลเลเตอร์พาวเวอร์ซัพพลาย (Gunn Oscillator Power Supply) ดังนี้

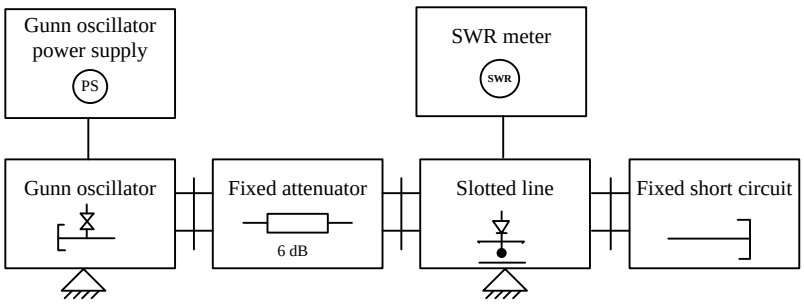
VOLTAGE .....: MIN

MODE.....: 1 KHz

METER RANGE .....: 10V

4. ทำตามขั้นตอนข้อที่ 4-10 ของการทดลองที่ 2-2 เพื่อหาตำแหน่งที่มีค่าต่ำสุดของโหลดแบบลัดวงจรแบบปรับค่าไม่ได้บันทึกค่าตำแหน่งที่ได้

LOCATION of $NULL_1$=.....มม.



รูปที่ 7 การติดตั้งโดยใช้จุดอ้างอิง

5. เลื่อนโพรบให้ไปทางแหล่งจ่ายจนกระทั่งพบตำแหน่งที่มีแรงดันต่ำสุดจุดที่ 2 และบันทึกค่าตำแหน่งดังนี้

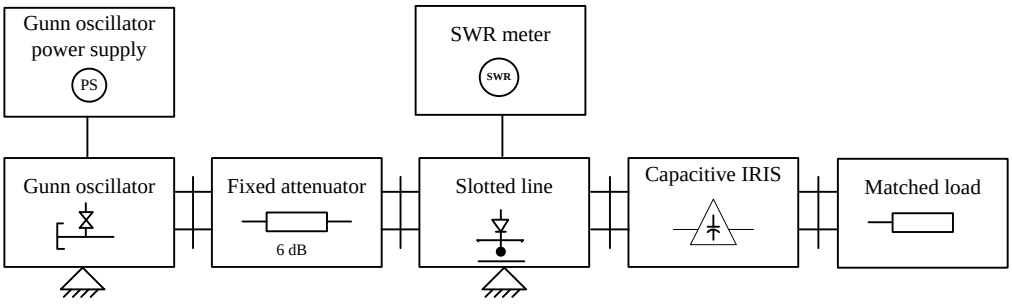
LOCATION of $NULL_2$ = ...มม.

6. คำนวณหาค่าความยาวคลื่นของสัญญาณในท่อนำคลื่น

ความยาวคลื่นในท่อนำคลื่น λ_g=.....มม.

7. ถอดสายเคเบิ้ลของกันน์ออสซิลเลเตอร์ออกจากกันน์ออสซิลเลเตอร์พาวเวอร์ซัพพลายประกอบอุปกรณ์ตามรูปที่ 8

<u>หมายเหตุ</u> การติดตั้ง IRIS จะต้องแน่ใจว่ารูทั้ง 4 ของ IRIS ตรงกันกับรูของส่วนที่นำมาต่อเข้าด้วยกัน เพราะว่าจะมีผลต่อค่าอิมพีแดนซ์ของ IRIS



รูปที่ 8 การติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดค่าอิมพีแดนซ์

8. ที่ SWR มิเตอร์ให้เลือกย่านวัดที่มากที่สุดในการตรวจจับสัญญาณในการทดลองนี้ให้ถอดสายต่อระหว่างกันน์ออสซิลเลเตอร์กับกันน์ออสซิลเลเตอร์พาวเวอร์ซัพพลายออกจากกันที่สล็อตไลน์ ให้เคลื่อนย้ายโพรบจนกว่าจะได้ค่าแรงดันสูงสุดที่เข้าใกล้โหลด

9. ที่ SWR มิเตอร์ให้ทำการปรับ Gain จนกว่าจะอ่านค่าได้ 0 dB ถ้าหากทำไม่ได้ให้เลือกย่านวัดที่ใกล้เคียงบน SWR มิเตอร์และการปรับ Gain ให้ได้ 0 dB อีกครั้ง

<u>หมายเหตุ</u> ถ้ายังอ่านค่า 0 dB ไม่ได้ให้เลือกย่านวัด –40 dB จาก SWR มิเตอร์และทำการปรับตำแหน่งของโพรบที่สล็อตไลน์ให้ลึกขึ้นอีกและทำการปรับ Gain ให้ได้ 0 dB อีกครั้ง

10.ใช้สมการให้เคลื่อนย้ายโพรบไปตามสล็อตไลน์จนกระทั่งได้ค่าแรงดันต่ำสุดที่เข้าใกล้โหลดที่ไม่แมทช์ให้ทำการบันทึกค่า SWR และตำแหน่งที่ต่ำที่สุด

SWR = ...

MIN = ...มม.

คำนวณหาค่าระยะ d ระหว่างจุดที่มีค่าต่ำสุดของโหลดที่ไม่แมทช์นี้ กับจุดที่มีค่าต่ำสุดจุดที่ 2 ซึ่งหาได้ในข้อ 5

d = $NULL_2$ – MIN = ... mm

11. ใช้สมการต่อไปนี้ คำนวณหาเฟสของสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ

$$\phi = 180^0\left(1 - \frac{4d}{\lambda_g}\right)$$

มุมเฟส ϕ =.....^{o}

จากแผนภาพสมิธของรูปที่ 9 ให้วาดวงกลม SWR ที่มีขนาดเท่ากับค่าที่วัดได้ ลากเส้นรัศมีไปยังจุดมุมเฟส ϕ และหาค่าอิมพีแดนซ์ปกติ $Z_{L\ norm}$ ขณะที่โหลดไม่แมทช์นี้

Z_{Lnorm} = ...

12. ถอกสายเคเบิ้ลกันน์ออสซิลเลเตอร์ออกจากกันน์ออสซิลเลเตอร์พาวเวอร์ซัพพลายและประกอบอุปกรณ์ดังรูปที่ 10

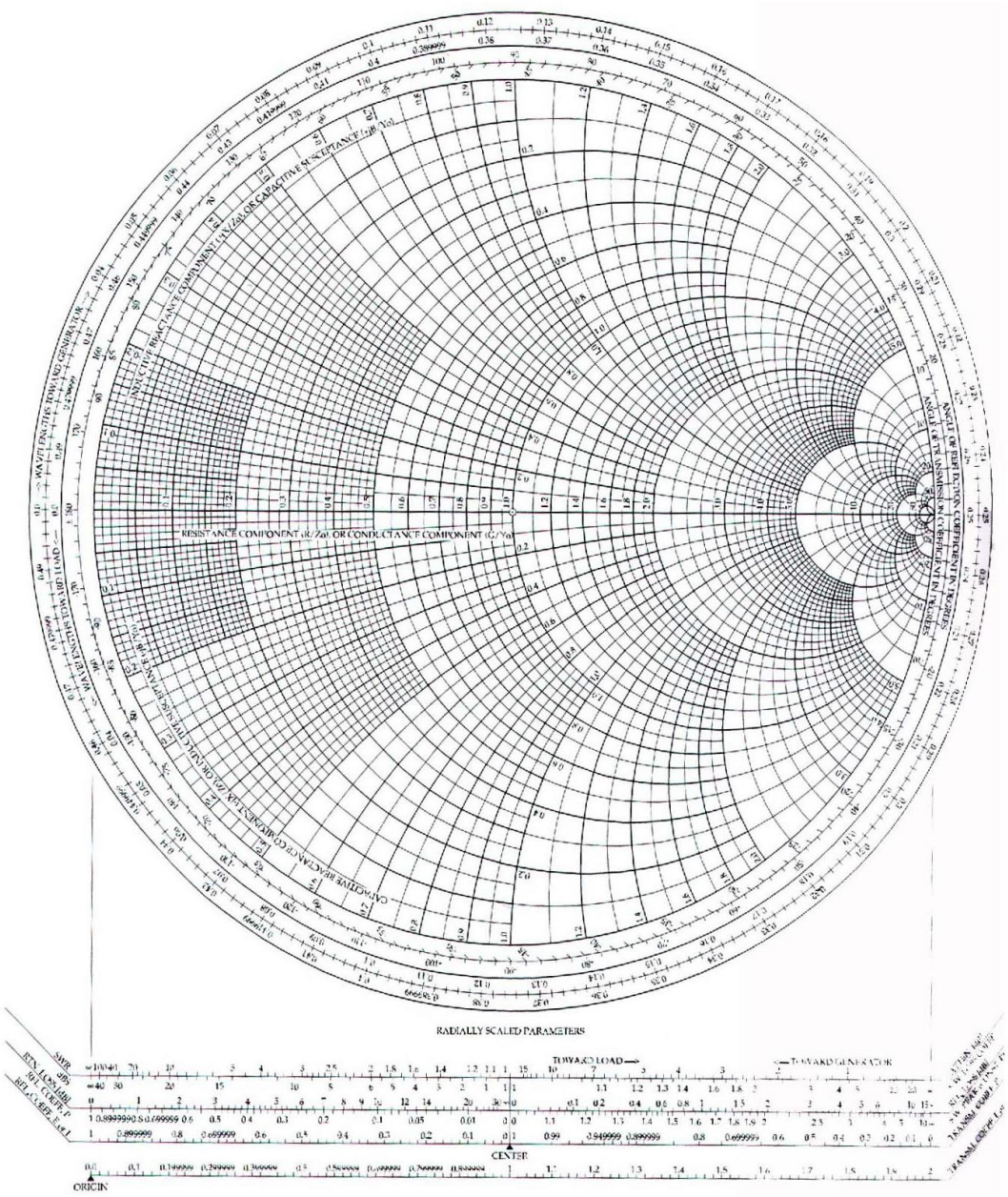
13.ปรับโพรบของสไลน์สกรูทูนเทอร์ไว้ที่ตำแหน่ง 0.00 มม. และทำการถอดสายต่อระหว่างกันน์ออสซิลเลเตอร์กับกันน์ออสซิลเลเตอร์พาวเวอร์ซัพพลายออกจากกัน เสร็จแล้วให้เลือกย่านวัด –40 dB ที่ SWR มิเตอร์และปรับ Gain จนกระทั่งพบค่าสูงสุดเท่ากับ -43 dB หลังจากนั้นให้ปรับโพรบของ สไลน์สกรูไปในตำแหน่ง 40 mm และเพิ่มความลึกของโพรบที่อยู่บนสไลน์สกรูทูนเนอร์จนกระทั่งแอมพลิจูดของของสัญญาณที่สะท้อนกลับเพิ่มขึ้นหรือลดลง ประมาณ 1 dB

14. ถ้าขนาดของสัญญาณสะท้อนกลับมีค่าเพิ่มขึ้น ให้ทำการปรับสไลน์สกรูทูนเทอร์จนอ่านค่าได้ต่ำสุดและเลือกย่านวัดที่สามารถวัดได้บน SWR มิเตอร์

15. ปรับระยะลึกและตำแหน่งของโพรบที่สไลน์สกรูทูนเทอร์จนกระทั่งอ่านค่าได้ต่ำสุดบันทึกตำแหน่งของโพรบ

ตำแหน่ง =.....mm

16. ถอดสายเคเบิ้ลของกันน์ออสซิลเลเตอร์ออกจากกันน์ออสซิลเลเตอร์พาวเวอร์ซัพพลายและติดตั้งอุปกรณ์ดังวงจรในรูปที่ 11



รูปที่ 9 แผนภาพสมิธ

17. ที่ SWR มิเตอร์ เลือกย่าน -20dB และต่อสายเคเบิ้ลของกันน์ออสซิลเลเตอร์เข้ากับกันน์ออสซิลเลเตอร์พาวเวอร์ซัพพลายเลื่อนโพรบไปตามสล็อตไลน์จนกระทั่งพบค่าแรงดันสูงสุด ณ จุดที่ใกล้โหลดที่สุด และเปลี่ยนย่านวัดที่ SWR มิเตอร์ตามต้องการและทำการปรับ Gain ที่ SWR มิเตอร์จนกระทั่งอ่านค่าได้ 0 dB

18. เลื่อนโพรบของสล็อตไลน์จนกระทั่งพบแรงดันค่าต่ำสุด ณ จุดที่ใกล้โหลดที่สุด บันทึกค่าท่านได้จาก SWR มิเตอร์

SWR = ...

18.1 ค่า SWR นี้แมทช์กับโหลดใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด

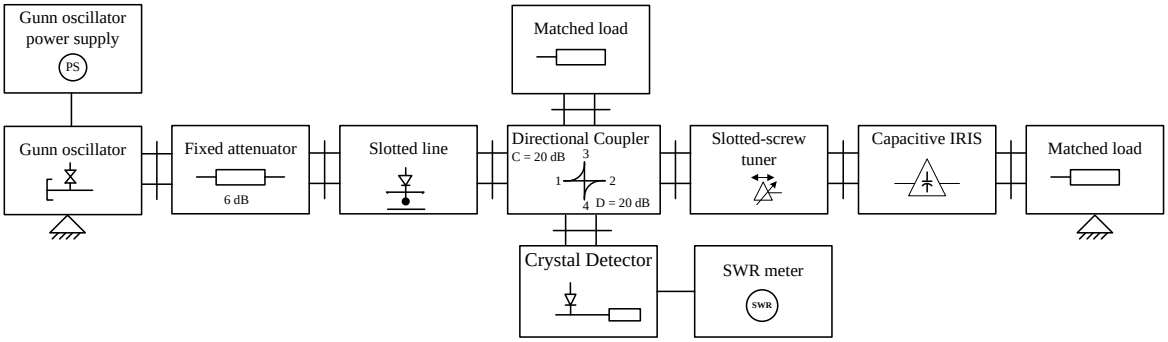
☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

.....

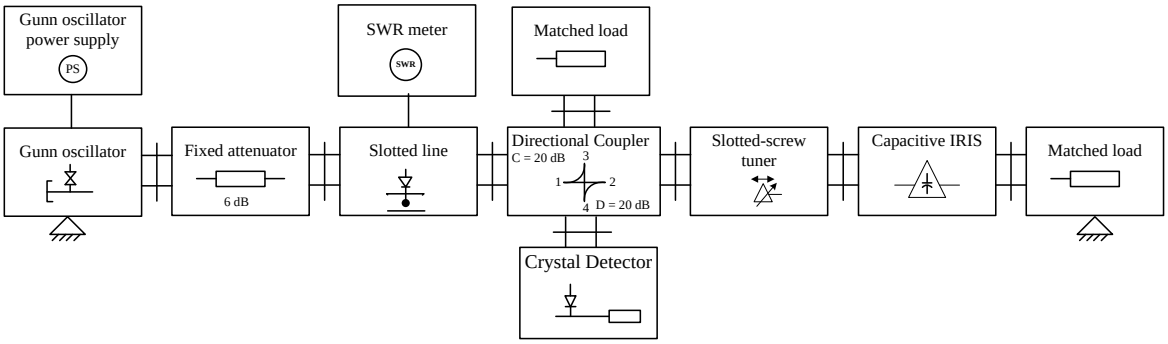
.....

.....

.....



รูปที่ 10 การติดตั้งการปรับแต่งสไลน์สกรูทูนเนอร์



รูปที่ 11 การติดตั้ง SWR มิเตอร์สำหรับการวัดโหลดแบบแมทช์

19. ให้ใช้อิมพีแดนซ์ปกติ Z_{Lnorm} (normalized load impedance) ขณะโหลดไม่แมทช์ที่ได้ในข้อ 11 จากขั้นตอนที่กำหนดให้ในบทนำ และแผนภาพสมิธในรูปที่ 12 จงหาตำแหน่งทางทฤษฎีที่โพรบของสไลน์สกรูทูนเนอร์จะเคลื่อนที่ไป

Normalized Load Admittance Y_{Lnorm} =.....

Rotated Admittance Y_1= 1-j.....

Displacement in wavelength =.....λ_g

Displacement in mm=.....mm.

19.1 Displacement ที่คำนวณได้นี้ เปรียบเทียบกับตำแหน่งที่วัดได้ในข้อ 15 เป็นอย่างไร?

.....

.....

.....

19.2 ค่าอิมพีแดนซ์ปกติ (Normalized impedance) ที่มีการเพิ่มสไลน์สกรูทูนเนอร์เข้าไปในวงจรมีค่าเป็นเท่าไร

Added Normalized Impedance = ...

20. ปรับ Voltage ที่กันน์ออสซิลเลเตอร์พาวเวอร์ซัพพลายให้อยู่ที่ตำแหน่ง MIN ปิดสวิทช์ Power ให้อยู่ที่ตำแหน่ง O (off) ทุกตัว

11.5. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11.6. คำถามท้ายการทดลอง

1. แมทชิงอิมพีแดนซ์คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงอธิบายขั้นตอนของการทำแมทชิงอิมพีแดนซ์ด้วยสไลน์สกรูทูนเนอร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ทำไมจึงใช้แอดมิทแทนซ์แทนอิมพีแดนซ์ในการคำนวณหาแมทช์โหลด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ทำไมการแมทช์อิมพีแดนซ์ด้วยสไลน์สกรูจึงง่ายกว่าการใช้ Iris

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. รูปที่ 13 แสดงท่อนำคลื่นกับโหลดที่แมทช์กันด้วยสไลน์สกรูทูนเนอร์ ณ ตำแหน่งที่ 1 ถ้าทำการเลื่อน screw จากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 อิมพีแดนซ์ที่ปรากฏท่อนำคลื่นไปยังแหล่งจ่าย (generator) จะเป็นเท่าไรจงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

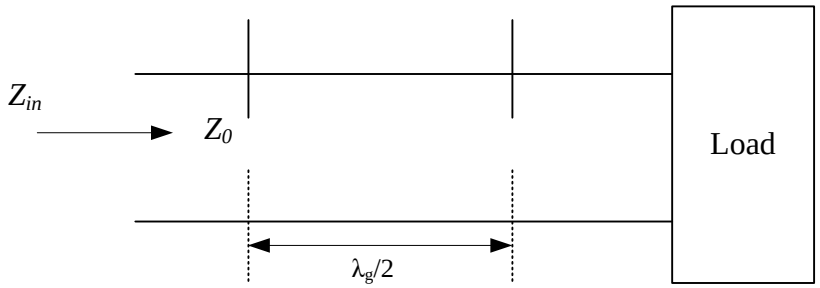
.....

.....

.....

.....

.....



รูปที่ 13 Line terminated by a load that has been matched with a slide-screw tuner.