

การทดลองที่ 14 อัตราขยายของสายอากาศฮอร์นปริมาตร

14.1. วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เมื่อนักศึกษาทำแบบฝึกหัดนี้เรียบร้อยแล้ว นักศึกษาจะได้เห็นถึงคุณลักษณะของ Horn antenna รูปปริมาตรและเทคนิคในการคำนวณและวัดอัตราขยาย

14.2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ค่าการสูญเสียการแพร่กระจายใน Free - Space

กำลังงานที่ได้รับจากสายอากาศมีค่าลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการที่สายอากาศตัวส่งมีทิศทางไม่ตรง ในอากาศกำลังงานของสัญญาณที่ได้รับจะเป็นส่วนกลับกันกับกำลังสองของระยะทางที่แยกระหว่างสายอากาศตัวส่งและตัวรับ กำลังงานสูญเสียที่ขึ้นอยู่กับระยะทางที่แยกระหว่างสายอากาศ เรียกว่า ค่า Free - space propagation loss L_F สูตรทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณค่านี้ได้แก่

$$L_{F(dB)} = 10 \log \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 = 20 \log \frac{4\pi r}{\lambda} \quad (1)$$

เมื่อให้ค่าความยาวคลื่นมา สมการ(1) แสดงให้เห็นว่า L_F ขึ้นอยู่กับระยะห่างสายอากาศ ซึ่งความสัมพันธ์นี้สามารถนำมากำหนดวิธีการทดลองโดยการส่งสัญญาณจากสายอากาศอันหนึ่ง และวัดค่ากำลังงานที่ได้รับที่ระยะห่างต่างๆ กันอย่างไรก็ตาม เนื่องจากสายอากาศในทิศทางเดียวกันเมื่อจะดำเนินการทดลอง ถ้ารู้ค่าความแตกต่างของสายอากาศที่แยกออกจากกันนั้น การลดทอนของกำลังงานของสัญญาณที่รับได้ที่ได้รับจากระยะทางค่าหนึ่ง จะสัมพันธ์กับที่ได้รับจากระยะทางค่าอื่น โดยสามารถคำนวณได้อย่างง่ายดายด้วยการสมการ (2)

$$A_{dB} = 20 \log \frac{r_2}{r_1} \quad (2)$$

เมื่อ A คือ ค่าการลดทอนสัญญาณ (attenuation)

r_1 และ r_2 คือค่าระยะห่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

การกำหนดคุณลักษณะเชิงตัวเลขของการกำหนดทิศทางของเสาอากาศนั้น จะต้องใช้คอนเซ็ปต์ของค่า directivity หลังค่า directive gain ตัวที่เห็นไปแล้วในการทดลองที่ 1 - 2 ค่า directivity คือค่าความเข้มข้นของแพทเทิร์นการแผ่คลื่นสูงสุด ในทิศทางที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแพทเทิร์น การแผ่คลื่น(นั่นคือ สัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นการแผ่กระจายของ isotropic antenna transmitting เพราะเป็นค่ากำลังงานทั้งหมดเหมือนกัน) สำหรับสายอากาศแบบไม่มีการสูญเสียค่าอัตราขยายของสายอากาศ (directive gain) จะมีค่าเหมือนกันกับค่า directivity

การวัดค่าอัตราขยายของสายอากาศ

มีวิธีต่างๆ กันเมื่อวัดค่าอัตราขยายของสายอากาศ วิธีที่ง่ายที่สุด ซึ่งถูกเรียกว่า วิธีสายอากาศอ้างอิง (reference antennamethod) หรือ วิธีการเปรียบเทียบ (comparisonnethod) หรือ วิธีการแทนที่ (Substitutc-Method) จะประกอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบกำลังงานที่ได้รับจากสายอากาศอ้างอิง กับกำลังงานที่ได้รับจากสายอากาศภายใต้การทดสอบ P test ค่าอัตราขยายของสายอากาศที่ไม่รู้ค่าจะหาได้จากสมการ (3)

$$G_{Test} = \frac{P_{Test}}{P_{ref}} \cdot G_{ref} \quad (3)$$

สมการ (4) แสดงสูตรที่เหมือนกันในหน่วยของ dB

$$G_{Test(dB)} = P_{Test(dB)} - P_{Ref(dB)} + G_{ref(dB)} \quad (4)$$

ก่อนที่จะใช้วิธีการแทนที่ สายอากาศอ้างอิงจะต้องถูกปรับแต่งเป็นทางเดียวที่จะทำให้สามารถใช้เป็นสายอากาศ 2 อันที่เหมือนกัน เมื่อสามารถวัดค่าได้ทั้งกำลังงานที่ส่งออกไปและกำลังงานที่รับได้ค่าอัตราขยายสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ (5)

$$G = \frac{4\pi r}{\lambda} \sqrt{\frac{P_{Rce}}{P_o}} \quad (5)$$

เมื่อ G คือ ค่าอัตราขยาย

r คือ ระยะทางระหว่างสายอากาศ

P_{Rec} และ P_o คือ กำลังงานที่รับได้ และกำลังงานที่ส่งออกไปตามลำดับ

λ คือ ความยาวคลื่นในอากาศ (หน่วยเดียวกันกับ r)

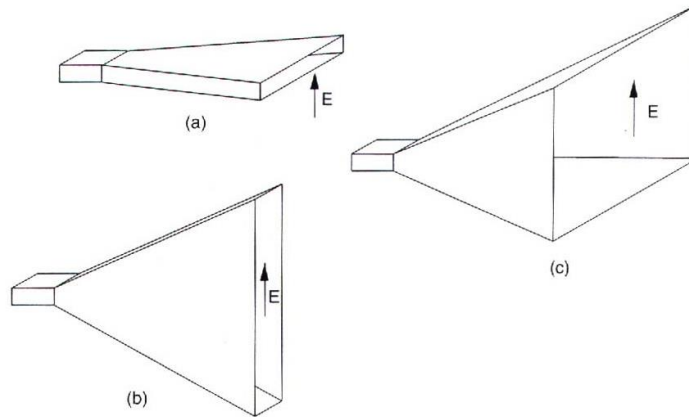
ชนิดของHorn antennas

Horn antennas จะให้ความราบเรียบในการส่งผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างท่อนำคลื่นและอากาศ

Horn antennas ทำขึ้นหลายรูปทรง ขึ้นอยู่กับอัตราแบบแพทเทอร์นการแผ่คลื่นและค่าอิมพีแดนซ์ที่ต้องการ รูปที่ 1 จะแสดงชนิดทั่วไปของ Horn antenna

Horn รูปปรีสมิตจะถูกใช้เป็นตัวอ้างอิง ในการวัดค่าอัตราขยายของสายอากาศบ่อยครั้ง เนื่องจากค่าอัตราขยายของสายอากาศสามารถคำนวณได้อย่างแม่นยำ จากขนาดความกว้างและความยาว. หน้าตัดของHornจะกางออกไปในระนาบใดระนาบหนึ่ง ดังนั้นHornรูป ปรีสมิตจึงเป็นของแบบกรณีพิเศษ ส่วนสายอากาศมีที่เพิ่มเข้าไปในรูป คือHorn antennas ชนิดอื่นๆ บางอย่างเช่น Horn antenna รูปกรวยจะใช้สำหรับท่อนำคลื่นรูปวงกลม

ลักษณะเฉพาะหน้าตัด Horn antennas มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับ Horn antennas รูปปรีสมิต เหล่านั้น โดยเพื่อศึกษารูปหน้าตัดของHorn antenna ซึ่งเป็นไปได้ที่จะพัฒนาวิธีการประมาณค่า อัตราขยายของ Horn antenna รูปปรีสมิต จากขนาดความกว้างและความยาว



(a)Hornชนิดหน้าตัดระนาบ H (b) horn ชนิดหน้าตัดระนาบ E (c) horn รูปปรีสมิต

รูปที่ 1 Hornantennas ชนิดท่อนำคลื่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

สายอากาศฮอร์นที่มีรูปหน้าตัดระนาบ H

แสดงรูปทรงเรขาคณิตของสายอากาศนี้ดังรูปที่ 2

ความสัมพันธ์ต่อไปนี้จะใช้ขนาดทางฟิสิกส์

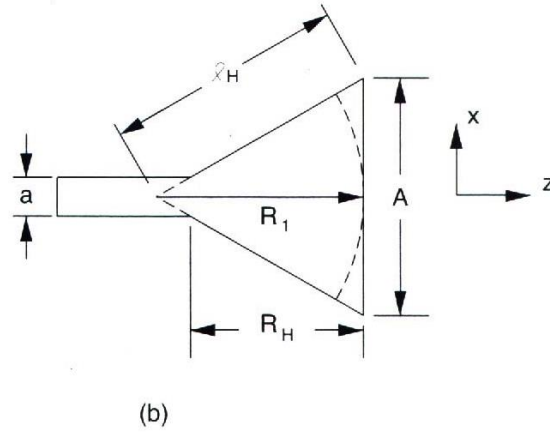
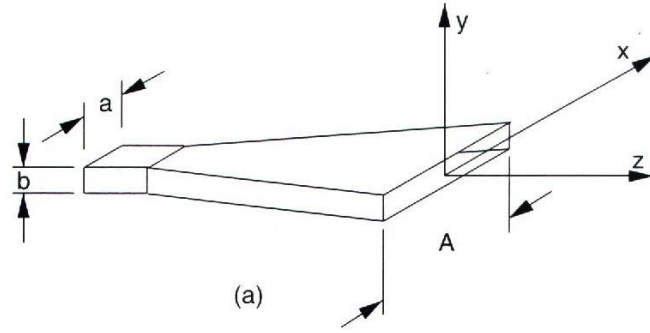
$$\ell_H^2 = R_1^2 + \left\{ \frac{A}{2} \right\}^2 \quad (6)$$

$$R_1 = A \sqrt{\left\{ \frac{\ell_H}{A} \right\}^2 - \frac{1}{4}} \quad (7)$$

$$\frac{A}{R_1} = \frac{A-a}{R_H} \quad (8)$$

$$R_H = (A-a) \frac{R_1}{A} \quad (9)$$

โดยการเปลี่ยนค่า R_1 ด้วยค่าจากสมการ (7) จะได้ว่า



a) รูปทรงเรขาคณิต b) รูปหน้าตัดขวางในระนาบ H

รูปที่ 2 สายอากาศรูปหน้าตัดระนาบ H

$$R_H = (A - a) \sqrt{\left\{ \frac{\ell_H}{A} \right\}^2 - \frac{1}{4}} \quad (10)$$

สามารถแสดงได้ว่าHornที่ดีที่สุดคือHornที่มีเกนจ์สูงสุดเมื่อมีขนาดเป็น

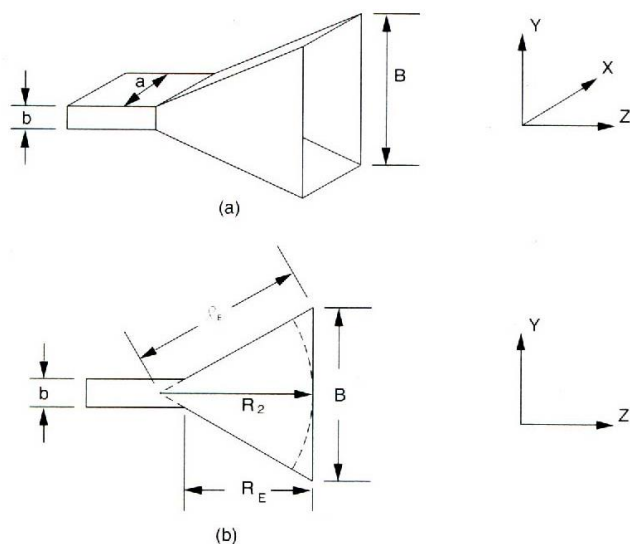
$$A = \sqrt{(3\lambda R_1)} \quad (11)$$

สายอากาศHornรูปหน้าตัดระนาบ E

รูปทรงเรขาคณิตของสายอากาศรูปหน้าตัดระนาบ E นี้แสดงได้ในรูปที่ 3 ความสัมพันธ์ต่อไปนี้ใช้ขนาดทางฟิสิกส์

$$\ell_H^2 = R_2^2 + \left\{ \frac{B}{2} \right\}^2 \quad (12)$$

$$R_E = (B - b) \sqrt{\left\{ \frac{\ell_E}{B} \right\}^2 - \frac{1}{4}} \quad (13)$$



a) รูปทรงเรขาคณิต b) รูปหน้าตัดขวางในระนาบ E

รูปที่ 3 สายอากาศรูปหน้าตัดระนาบ E

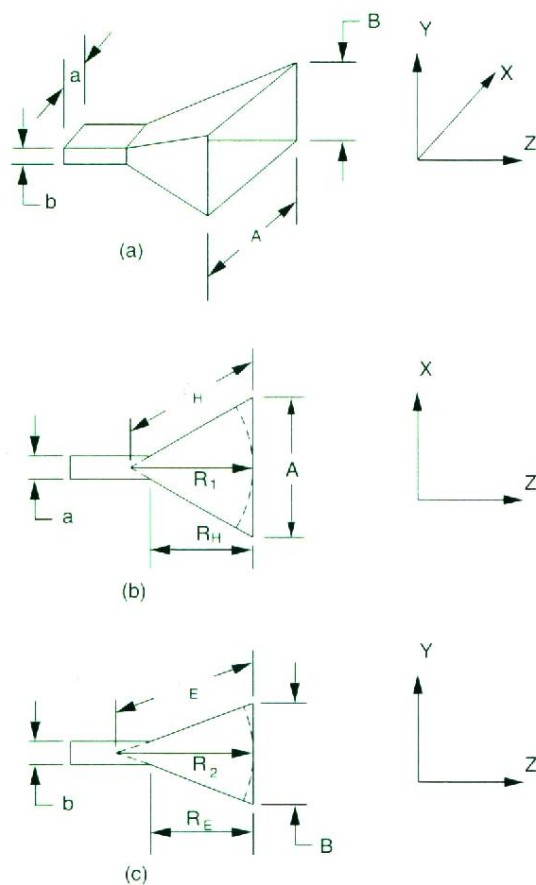
สำหรับHornที่ดีที่สุด คือHornที่มีอัตราขยายสูงสุดเมื่อมีขนาดคือ

$$B = \sqrt{2\lambda R_2} \quad (14)$$

Horn antenna รูปปริมาตร

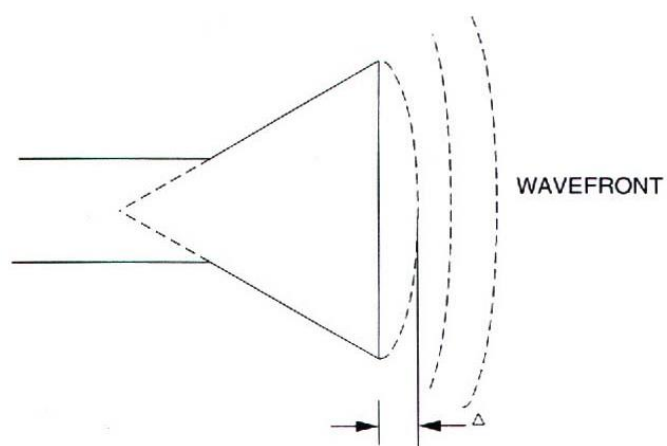
Horn antenna รูปปริมาตร เป็นแพทเทิร์นหนึ่งของสายอากาศที่นิยมมากที่สุด รูปทางเรขาคณิตดูได้จากรูปที่ 4

ท่อนำคลื่นสามารถแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้หลายชนิด หรือโหมดที่แตกต่างกัน เป็นจำนวนไม่มีที่สิ้นสุด แต่ละโหมดจะมีองค์ประกอบของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าเป็นของตัวเอง ถ้ามุมเปิดของปากของ Horn antenna รูปปริมาตรมีขนาดเล็กเพียงพอ โหมดของท่อนำคลื่น ที่มีความจำเป็นเส้นแม่เหล็กของ dominant mode จะแผ่ขยายเป็นแพทเทิร์นทรงกระบอก สำหรับ Horn antenna ที่เป็นรูปตัดหรือเป็นแพทเทิร์นทรงกลมสำหรับHorn antenna รูปปริมาตร ซึ่งได้แสดงในรูปที่ 5



(a) รูปทรงเรขาคณิต (b) หน้าตัดขวางในระนาบ H (c) หน้าตัดขวางในระนาบ E

รูปที่ 4 Horn antenna รูปปริมาตร



รูปที่ 5 ค่า phase error (Δ) เนื่องจากความโค้งของแนวหน้าคลื่นใน Horn antenna

ดังที่แสดงในรูป แนวหน้าคลื่นไม่ได้แบนแต่มีความโค้ง ทำให้เกิดค่า เฟสผิดพลาด ซึ่งจะต้องคำนึงถึง ในการวิเคราะห์คุณลักษณะของสายอากาศ เราสามารถอธิบายค่า เฟสผิดพลาดนี้โดยค่า normalized path errors S และ t

$$s = \frac{\Delta_E}{\lambda} = \frac{B^2}{8\lambda \ell_E} \quad (15)$$

$$t = \frac{\Delta_H}{\lambda} = \frac{A^2}{8\lambda \ell_H} \quad (16)$$

เมื่อ S และ t คือ ค่า normalized path errors

λ คือ ความยาวคลื่น

A, B, ℓ_E และ ℓ_H คือ ขนาดดังแสดงในรูปที่ 1-29

ค่าอัตราขยายโดยประมาณของ Horn antenna รูปปิระมิด สามารถคำนวณโดยใช้สมการ (17)

$$G = \frac{32}{\pi} \left(\frac{A}{\lambda} \right) \left(\frac{B}{\lambda} \right) L_E L_H \quad (17)$$

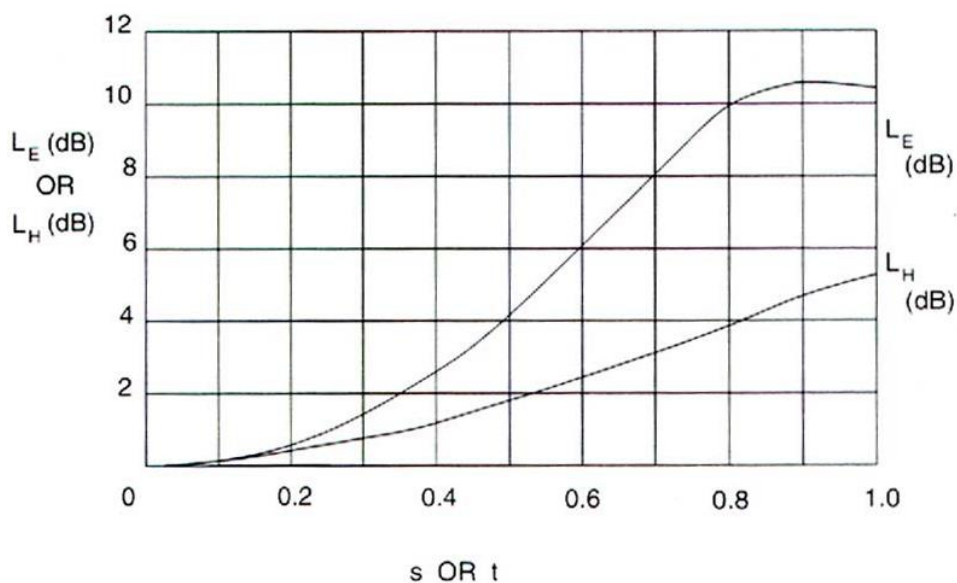
เมื่อ L_E และ L_H แสดงค่าสูญเสียเนื่องจากค่า Phase Error ที่เกิดจากการแผ่อกเขียนเป็น สูตรในหน่วย dB ได้สมการดังนี้

$$G_{(dB)} = 10.08 + 10 \log_{10} \left[\left(\frac{A}{\lambda} \right) * \left(\frac{B}{\lambda} \right) \right] - L_{E(dB)} - L_{H(dB)} \quad (18)$$

ค่าของ $L_E(dB)$ และ $L_H(dB)$ สามารถหาได้โดย ชั้นแรกคำนวณค่าของ S และ t โดยใช้ สมการ (15) ,(16) จากนั้นอ่านค่า $L_E(dB)$ และ $L_H(dB)$ จากรูปที่ 6

ผลสรุป

ในแบบฝึกหัดนี้ นักศึกษาจะได้สังเกตค่ากำลังงานสูญเสียที่เรียกว่า Free Space propagation loss อันเนื่องมาจากการแยกออกจากกันระหว่างสายอากาศสองอัน นักศึกษาจะได้เรียนรู้คุณลักษณะ ของ Horn antenna รูปปิระมิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า HPBW, ค่า Front –to- Back ratio ,Effect area และค่าอัตราขยาย ในการคำนวณค่าอัตราขยายของสายอากาศ ชั้นแรก นักศึกษา จะต้องทำการปรับตั้ง Horn antenna อันใหญ่และจากนั้นจึงใช้ค่านี้อ้างอิง ในการหาค่าอัตราขยายของ Horn antenna อันเล็ก ด้วยวิธีแทนที่ (Substitution method)



รูปที่ 6 ค่า Loss Factor ที่เกิดขึ้นในระนาบ E และ ระนาบ H

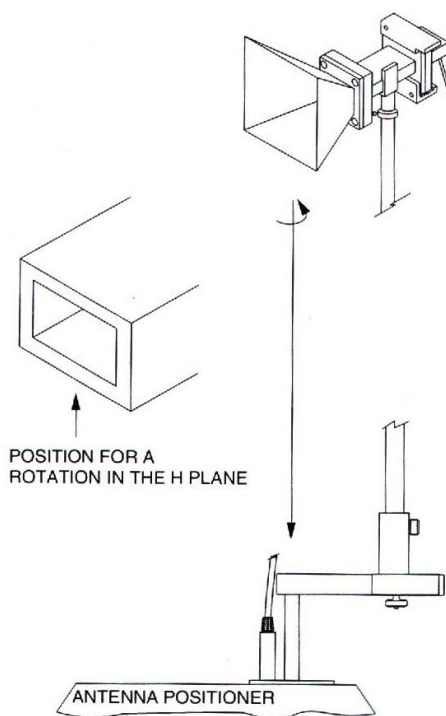
14.3. ขั้นตอนการทดลอง

การติดตั้งอุปกรณ์

1. ส่วนประกอบหลักของระบบการวัดและการฝึกหัดเรื่องสายอากาศได้แก่ Data Acquisition Interface/Power Supply , RF Generator, Antenna Positioner และ คอมพิวเตอร์ ซึ่งต้องพร้อมก่อนเริ่มทดลอง โดยดูจากส่วนที่ 4 ของ Familiarization Guide ของการติดตั้งชุดฝึกนี้

2. ในส่วนของภาคส่งสัญญาณ ขั้นตอนในการติดตั้ง ให้สอดตัวล็อกสายอากาศรูปตัว L (Antenna Mast) เข้ากับรูบนเสาอากาศที่มีตัวล็อกอยู่ด้านข้างเสา (Transmission Support) และให้ติดตั้ง Horn Antenna ขนาดใหญ่เข้ากับ เวฟไกด์ ทุโคแอก อะแดปเตอร์ โดยต้องต่อให้ไม่เกิดการหยุดชะงักที่รอยต่อของท่อนำคลื่นดังรูป 1-2 ให้ใช้ตัวยึดพลาสติกช่วยในการติดตั้งสายอากาศลงบนแกนด้วย และทำการจัดวางสายอากาศในระนาบ H Plane (ดูรูปที่ 1-32) จากนั้นต่อสาย เคเบิล SMA ขนาดยาว เข้ากับ RF Gen. ที่ 10 GHz OSCILLATOR OUTPUT

3. ในส่วนของภาครับสัญญาณ ให้ขั้นตอนในการติดตั้ง ให้สอดตัวล็อกสายอากาศรูปตัว L (Antenna Mast) เข้ากับรูบนเสาอากาศที่มีตัวล็อกอยู่ด้านข้างเสา (Transmission Support) และให้ติดตั้ง Horn Antenna ขนาดใหญ่อีกตัวเข้ากับ เวฟไกด์ ทุโคแอก อะแดปเตอร์ โดยต้องต่อให้ไม่เกิดการหยุดชะงักที่รอยต่อของท่อนำคลื่นและทำการติดตั้งสายอากาศ Horn เข้ากับ ตัวล็อกพลาสติกให้ติดตั้งเสาสายอากาศลงบน sliding support ของ Antenna Positioner ซึ่งต้องมั่นใจถึงปลายปาก Horn ของสายอากาศจะต้องอยู่ตรงกึ่งกลางของ Antenna Positioner และให้จัดวางสายอากาศตัวรับเป็นแบบระนาบ H Plane ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การติดตั้งสายอากาศการรับ

ให้ใช้สายเคเบิล SMA ขนาดกลางต่อสายระหว่างอากาศภาครับกับอินพุต RF ที่อยู่บนสุดของ Antenna Positioner

4. วางตำแหน่งของสายอากาศให้มีระยะห่างกัน $r = 80$ cm ปรับสายอากาศให้สูงเท่ากันและหันหน้าตรงกันกับอีกอันหนึ่ง

5. ปรับแต่งตามขั้นตอนต่อไปนี้

ที่เครื่องกำเนิดความถี่วิทยุ (RF Generator)

10 GHz OSCILLATOR MODE1 k Hz

10 GHz OSCILLATOR RF POWEROFF

1 GHz OSCILLATOR RF POWEROFF

เปิดสวิตช์ของเครื่อง RF Generator และ Power Supply

เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ และ เข้าโปรแกรม LVDAM – ANT

ค่า Propagation Loss

6. ก่อนเริ่มทดลองต้องทราบระยะห่าง r_1 ก่อนว่ามีค่าเท่าใดและใช้สมการที่ (2) ในการคำนวณหาค่าการลดทอน ของกำลังสัญญาณที่รับได้ และหากเคลื่อนย้ายให้ r_2 มีระยะห่างเป็น $r_2 = 2 r_1$

$$A = 20 \log \frac{r_2}{r_1} (dB)$$

$$= \text{_____} \text{ (dB)}$$

7. ให้ตั้งค่าความถี่ OSCILLATOR ที่ 10 GHz ของ RF POWER และให้เปิดสวิตช์ RF Generator ไปที่ตำแหน่ง ON

ข้อควรระวัง!

เพื่อความปลอดภัยของนักศึกษา ห้ามมองเข้าไปใน Horn antenna โดยตรงในขณะที่เปิดสวิตช์ RF POWER อยู่ ปรับ Attenuation level ที่ 0 dB ใช้ปุ่มควบคุมการลดทอนหรั้ให้ได้ค่าการรับแพทเทิร์นการแผ่คลื่นที่เหมาะสม

8. เริ่มต้นการดำเนินการรับคลื่น และบันทึกแพทเทิร์นการแผ่กระจายคลื่นลงในไฟล์ Antenna 1 ในกล่องข้อมูล จะมีการเลือกระนาบให้ถูกต้อง (E หรือ H)ให้นักศึกษาเลือก H Plane

9. ให้เพิ่มระยะห่างระหว่างสายอากาศให้ห่างกัน 1.6 เมตรโดยไม่เปลี่ยนค่า ระดับการลดทอน จากนั้นทำการรับคลื่นและบันทึกแพทเทิร์นไว้ในกล่องข้อมูลในไฟล์ Antenna 2 และทำการเปรียบเทียบผลที่ได้ ให้สังเกตความแตกต่างที่ระดับสัญญาณของทั้งสองรูปแบบ ผลที่ได้นี้ตรงกับการคำนวณอันก่อนหน้าหรือไม่ จากนั้นให้คุณ Print แพทเทิร์นทั้ง 2 แพทเทิร์นซึ่งจะใช้ในการเปรียบเทียบ (นักศึกษา ต้องเก็บข้อมูลก่อนที่จะพิมพ์)

HPBW , side lobes และ เกณฑ์

10. สายอากาศที่ทดลองยังคงห่างกัน 1.6 เมตร และตำแหน่งเดิมในการวางอุปกรณ์ยังเป็นระนาบ H Plane และหันหน้าเข้าหาอีกอันหนึ่งและควบคุมระดับการลดทอนให้ได้สัญญาณการรับที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นเริ่มการรับคลื่นและเก็บแพทเทิร์นไว้ในกล่องข้อมูลของสายอากาศที่ 3 และตั้ง MSP ไปที่ 0 องศา

11. ใช้โลหะอันที่สองติดกับที่จับพลาสติก หมุนสายอากาศทั้งคู่ไปด้านข้าง ซึ่งขณะนี้ได้ถูกวางในตำแหน่งระนาบ E และเริ่มการรับคลื่นใหม่และบันทึกแพทเทิร์นการแผ่คลื่นนี้ในกล่องข้อมูลสายอากาศที่ 3 และตั้งค่า MSP ที่ 0 องศา ขณะนี้ นักศึกษามีแพทเทิร์นการแผ่คลื่นของระนาบ E และ ระนาบ H ของ Horn antenna จากกล่องข้อมูลสายอากาศที่ 3 จากนั้น พิมพ์ออกมาด้วยรูปแบบ 2 มิติ (2D) จากนั้นเลือกการแสดงผลแบบ 3-D ของระนาบ E-H และสังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นนี้

12. คำนวณค่า HPBW ของระนาบ E และ H ของ Horn antenna

$$\text{HPBW}_E = \text{_____ องศา} \quad \text{HPBW}_H = \text{_____ องศา}$$

13. คำนวณค่าอัตราส่วน Front -to- Back (F/B) ของสายอากาศระนาบ E

$$\text{F/B}_{E(\text{dB})} = \text{Main lobe (dB)} - \text{Back lobe (dB)}$$

$$\text{F/B}_{E(\text{dB})} = \text{_____ dB} = \text{_____ cm}$$

14. คำนวณค่าเกณฑ์ ของฮอร์นระมัด ที่ 10.5 GHz ตามขนาดที่ทราบของตัวเครื่อง

$$l_H = 11 \text{ cm} \quad l_E = 9.4 \text{ cm}$$

คำนวณขนาดด้านข้างของช่อง ฮอร์น

$$A = \text{_____ cm} \quad B = \text{_____ cm}$$

คำนวณความยาวคลื่นที่ 10.5 GHz

$$\lambda = \text{_____ m} = \text{_____ cm}$$

และจะทำให้ได้

$$s = \frac{B^2}{8\lambda l_E} = \text{_____}$$

และจากรูปที่ 1-31 จะได้ว่า $L_{EdB} = \text{_____}$

$$t = \frac{A^2}{8\lambda l_H} = \text{_____}$$

และจากรูปที่ 1-31 จะได้ว่า

$$L_{HdB} = \text{_____}$$

สุดท้ายใช้สมการที่ 18 คำนวณเกณฑ์ของสายอากาศ

$$G(\text{dB}) = 10.08 + 10 \log_{10} \left[\left(\frac{A}{\lambda} \right) * \left(\frac{B}{\lambda} \right) \right] - L_{E(\text{dB})} - L_{H(\text{dB})}$$

$$G_{dB} = \text{_____ dB}$$

15. เมื่อทราบค่า HPBW ของสายอากาศฮอร์นขนาดใหญ่ในระนาบ E และ H จะสามารถคำนวณค่าโดยประมาณของเกณฑ์ที่แท้จริงได้จากสูตรต่อไปนี้ ดังที่พบในการทดลองที่ 1-2

$$D \approx G = \frac{26000}{HPBW_E \cdot HPBW_H}$$

$$G = \text{_____}$$

$$G_{dB} = 10 \log G = \text{_____ dB}$$

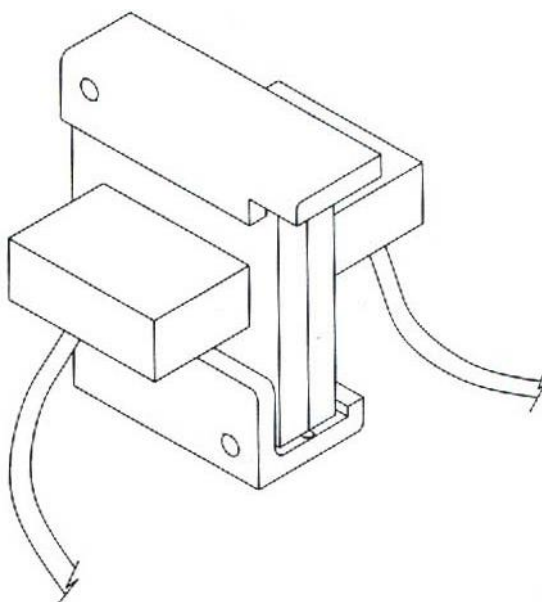
16. จะพบว่าเกณฑ์ที่เป็นค่าจริงสามารถหาได้โดยสมการที่ (5)

$$G = \frac{4\pi}{\lambda} \sqrt{\frac{P_{Rce}}{P_o}}$$

เมื่อ r (ระยะห่างระหว่างสายอากาศ) และ λ เป็นหน่วยเดียวกัน

ในการคำนวณจะต้องใช้ค่าที่เกี่ยวข้องกันในการคำนวณอัตราขยายนี้ ขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณค่ากำลังงานที่ได้รับได้ (P_{Rec}) และกำลังงานที่ส่งออกไป (P_o) และเพื่อการคำนวณเกณฑ์ของสายอากาศได้อย่างเที่ยงตรงในขั้นตอนที่ 16 และ 17 ให้ปรับค่า RF อินพุต ที่ด้านบนของ Antenna Positioner และต่อสายเคเบิล SMA เข้าตัวลดทอน

- ย้าย Horn antenna ทั้งคู่ออกจากเสาและถอดออกจาก Waveguide-to-coax adapters
- ทำการต่อ adapter นั้นเข้าด้วยกันดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การต่อ Waveguide-to-coax adapter เข้าด้วยกัน

- ที่ RF Gen. ให้เปิด RF POWER
- ทำการปรับปุ่มควบคุมการลดทอนให้ได้สัญญาณเหมาะสมที่สุด

หมายเหตุ อ้างอิงจากขั้นที่ 12 ของการทดลองที่ 1-2 จะทำให้การปรับค่าได้

ระดับสัญญาณเหมาะสมสูงสุด

- บันทึกค่ากำลังของสัญญาณที่ได้รับได้

P_o : _____ dB

Input_o : _____ dB

f) ที่ RF Gen. ให้ปิด RF POWER และถอด adapter ทั้งสองออกและติดตั้ง Horn antenna รูปปิระมิดลงบนเสาทั้งสอง และมีระยะห่าง 1 เมตรโดยหันหน้าตรงกัน

g) เปิด RF POWER โดยห้ามปรับระดับการลดทอน

h) จากนั้นทำการบันทึกค่า

P_{Rec} : _____ dB $Input_{Rec}$: _____ dB

เนื่องจากค่าที่ได้อยู่ในหน่วย dB จึงต้องเปลี่ยนสมการ(5) เพื่อให้ใช้กับหน่วยนี้ได้ แล้วใช้สูตรใหม่นี้ในการคำนวณหาค่าเกณฑ์ ที่แท้จริงของสายอากาศนี้

$$G = 10 \log_{10} 4\pi r - 10 \log_{10} \lambda + 0.5 (P_{Rec} - P_o) \quad (dB)$$

$$G = \text{_____} (dB)$$

เปรียบเทียบเกณฑ์จริงของ Horn antenna แบบปิระมิด จากผลลัพธ์ครั้งแรก (ที่ขั้นตอน 14, 15)

17. ใช้ผลลัพธ์สุดท้ายนำไปคำนวณค่าอัตราขยายของ Horn antenna อันเล็กได้โดยใช้วิธีการแทนที่ (Substitute Method) (โดย Horn อันใหญ่จะเป็นสิ่งอ้างอิง)

a) ยังให้ Horn antenna อันใหญ่มีระยะห่าง 1 เมตรและหันหน้าเข้าหากัน และปรับระดับการลดทอนให้ได้สัญญาณเหมาะสมที่สุดและบันทึกค่ากำลังงานที่รับได้

P_{Ref} : _____ dB

b) ย้ายสายอากาศตัวรับออกจากเสาและเปลี่ยนฮอร์นตัวใหญ่เป็นตัวเล็ก และติดตั้งลงบนแกนโดยห้ามปรับระดับการลดทอน แล้วบันทึกค่ากำลังงานที่รับได้

P_{Test} : _____

หมายเหตุ : นักศึกษาต้องแน่ใจว่าได้บันทึกค่าระดับสัญญาณสูงสุดจากขั้นตอน a) b)

ใช้สมการที่ (4) และค่าอัตราขยายที่แท้จริงของ Horn antenna อันใหญ่ซึ่งใช้เป็นค่าเกณฑ์อ้างอิง (G_{ref}) ในการคำนวณหาค่าเกณฑ์ (G_{Test}) ของ Horn antenna อันเล็ก

$$G_{Test} = P_{Test} + G_{ref} - P_{Ref} = \text{_____} = \text{_____} (dB)$$

18. เพื่อให้ นักศึกษาได้รู้จัก Horn antenna อย่างสมบูรณ์ จงคำนวณค่า effective area A_e ของ Horn antenna อันใหญ่โดยใช้สูตรนี้

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2}$$

เพื่อให้ค่าเกณฑ์ที่เป็นเชิงเส้น นักศึกษา ต้องแก้สมการข้างบน แล้วทำการแทนค่าต่อไปนี้

$$Ga = 10^{\frac{GdB}{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

จะได้

$$A_e = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^2$$

ค่า aperture efficiency η_{ap} (จากการทดลองที่ 1-2) จะมีค่าเข้าใกล้ $\frac{1}{2}$ จงพิสูจน์ข้อสมมติฐานนี้

$$\eta_{ap} = \frac{A_e}{A_p} = \frac{A_e}{A * B}$$

$$\eta_{ap} = \underline{\hspace{2cm}}$$

19. นักศึกษาต้องแน่ใจถึงแพทเทิร์นการแผ่คลื่นนั้นเก็บไว้แล้วเพื่อสามารถนำไปใช้อีกครั้งต่อไป จากนั้นออกจากโปรแกรม LVDAM - ANT กดสวิตช์ Power ทั้งหมดให้อยู่ในตำแหน่ง OFF (ปิด) ปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ ยกเลิกการปรับตั้ง และเก็บอุปกรณ์ทั้งหมดไปไว้ในกล่องเก็บรักษาอุปกรณ์นี้

14.4. สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองนี้นักศึกษาได้เรียนรู้ว่า สัญญาณจะลดลง 6dB ทุกๆครั้งที่ระยะห่างมีความห่างจากแหล่งจ่ายสัญญาณเป็น 2 เท่า ได้รู้และพิสูจน์ถึงวิธีการที่จะหาเกณฑ์ที่แท้จริงของสายอากาศและเปรียบเทียบค่าที่ได้นี้กับเกณฑ์ตามทฤษฎี และการใช้ทฤษฎีการแทนค่า (Substitute Method) ในการคำนวณค่าเกณฑ์ของ Horn antenna ขนาดเล็ก สุดท้ายนี้ได้คำนวณค่า effective area ของฮอร์นอันใหญ่ และได้พิสูจน์ว่าค่า aperture efficiency มีค่าเข้าใกล้ $\frac{1}{2}$

14.5. คำถามทบทวน

1. จากการกำหนดค่าความยาวคลื่น มีสิ่งใดเป็นพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อ Free space propagation loss L_F ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ถ้าต้องการออกแบบสายอากาศฮอร์นที่มีหน้าตัดระนาบ H ที่ดี ใช้งานที่ความถี่ 10.52 GHz ขนาดภายในของ Waveguide $a=2.3$ cm , $b=1$ cm และ ฮอร์นมีความลึกด้านข้าง $R_1 = 5$ cm จงหาว่าความกว้างของ Aperture (A) และค่า Outside depth (R_H) ของฮอร์นมีค่าเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากสูตร $G = \frac{26000}{HPBW_E \cdot HPBW_H}$ ซึ่งให้ค่าเกณฑ์โดยประมาณของ Horn antenna ได้ดี จงอธิบายว่าทำไม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. อะไรที่มีอิทธิพลต่อค่า opening angle flare ของสายอากาศฮอร์นรูปปรีสมิตเมื่อใช้ใน propagation mode

.....

.....

.....

.....

.....

5. ค่าพารามิเตอร์ตัวใดที่นำมาใช้ในการพิจารณาเพื่อหาค่าเกณฑ์ของสายอากาศฮอร์นรูปปิระมิด

.....

.....

.....

.....

.....