การทดลองที่ 15 การทดลองไดโพล $\lambda/2$, λ และ $3\lambda/2$

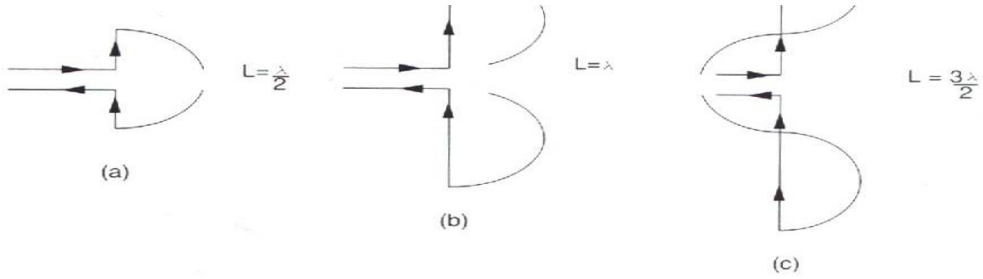
15.1. วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เมื่อได้ทำการฝึกหัดนี้อย่างสมบูรณ์นักศึกษาจะได้เข้าใจอย่างคุ้นเคยในเรื่องคุณลักษณะของสายอากาศไดโพล $\lambda/2$, λ และ $3\lambda/2$

15.2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การรีโซแนนซ์ในไดโพล

ที่กระจายตามความยาวของกระแสในไดโพลไม่มีรูปแบบที่ตายตัวแต่ พบว่าจะมีค่าเป็น 0 ที่ปลายสายและบางทีจะมีค่าสูงที่จุดกึ่งกลางหรือจุดอื่นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของไดโพล และความถี่ของสัญญาณที่มาจากตัวส่ง รูปที่ 1 แสดงที่กระจายตามความยาวกระแสในเซนเตอร์พีดไดโพลของความยาว $\lambda/2$, λ และ $3\lambda/2$ โดยมีทิศทางกระแสแสดงด้วยลูกศร. ขนาดและขั้วของกระแสจะแตกต่างกันตามแบบไดโพลโดยแสดงอยู่ลักษณะเส้นแบบไซน์



รูปที่ 1 ที่กระจายตามความยาวของกระแสในเซนเตอร์พีดไดโพล

อินพุตอิมพีแดนซ์

ไดโพลที่ยาว $\lambda/2$, $3\lambda/2$ จะมีประสิทธิภาพในการแผ่คลื่น หมายถึงสายอากาศเหล่านี้จะมีค่าของกระแสและแรงดันอินเฟสกัน ดังนั้นค่าของรีแอคแตนซ์ของสายอากาศจึงมีขนาดเล็ก. ซึ่งไดโพลที่ความยาว λ เป็นสิ่งที่ยากต่อการปรับให้ดีหากทำการวัดค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศไดโพล $\lambda/2$, $3\lambda/2$ ซึ่งจะพบค่ารีแอคแตนซ์เป็น 0 และตามหลักการแล้วค่าความต้านทาน (Resistance) จะมีค่า 73 Ω

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} = 73 + j0 \ \Omega \qquad (1)$$

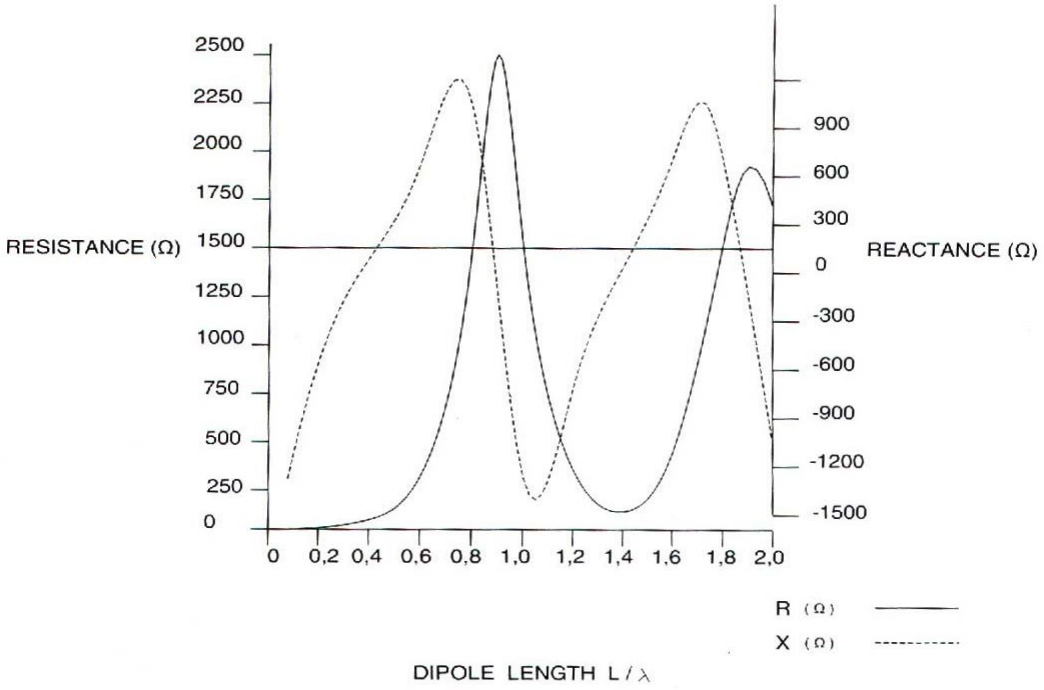
ที่ความยาวสายอากาศอื่นๆ (มากกว่า $\lambda/2$ แต่ไม่ถึง λ หรือ $3\lambda/2$) จะมีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ใหญ่กว่า 73 Ω และรีแอคแตนซ์ไม่เป็น 0 โดยค่ารีซิสแตนซ์ที่ใหญ่นี้จะทำให้กระแสน้อยลง และเพราะค่ารีแอคแตนซ์ไม่เป็น 0 จะทำให้แรงดันกับกระแสต่างเฟสกัน ในกรณีนี้สายอากาศจะไม่มีประสิทธิภาพในการแผ่คลื่น

ตารางที่ 1 สูตรสำหรับคำนวณอินพุตรีซิสแตนซ์ของสายอากาศไดโพล

Length L	Input Resistance Rin (Ω)
$0 < L < \frac{\lambda}{4}$	$20\pi\left(\frac{L}{\lambda}\right)^2$
$\frac{\lambda}{4} < L < \frac{\lambda}{2}$	$24.7\left(\pi\frac{L}{\lambda}\right)^{2.4}$
$\frac{\lambda}{2} < L < 0.637\lambda$	$11.14\left(\pi\frac{L}{\lambda}\right)^{4.17}$

รูปที่ 2 แสดงค่าอินพุตรีซิสแตนซ์ R_{in} และ รีแอคแตนซ์ X_{in} ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นจากความยาวของสายอากาศ กราฟนี้แสดงเป็นค่าความยาวไดโพลประมาณ $\lambda/2$ หรือ $3\lambda/2$ โดยมีแต่ค่าอินพุตรีซิสแตนซ์ที่ 73Ω โดยกราฟนี้สามารถประยุกต์ให้สายอากาศมีเส้นบางมากได้ จากรูปที่สายอากาศยาว λ จะมีค่ารีซีสแตนซ์สูงและรีแอคแตนซ์เป็นคาปาซิตีฟ ส่วนค่ารีแอคตีฟของอินพุตอิมพีแดนซ์สามารถลดค่าเป็น 0 โดยการลดความยาวสายลงประมาณ 0.9λ แต่ที่ความยาวนี้จะมีค่ารีซีสแตนซ์สูงสุด นี่จึงเป็นเหตุผลว่าสายอากาศไดโพล λ ยากมากในการปรับ.

หมายเหตุ อิมพีแดนซ์ที่สูงของไดโพล λ สามารถดูจากรูป 1 ซึ่งจะแสดงถึง กระแสมีค่าสูงมากที่จุดกึ่งกลางสาย ซึ่งเมื่อมีการต่อสายส่งเข้ามาความต้าน ทานที่จุดนี้ ในทางทฤษฎีจึงมีค่าเป็นอนันต์



รูปที่ 2 อินพุตรีซิสแตนซ์ (เส้นทึบ) และรีแอคแตนซ์ (เส้นประ) ของไดโพลที่เป็นฟังก์ชั่นของความยาวสายอากาศ

แพทเทอร์นการแผ่คลื่น

แพทเทอร์นการแผ่คลื่นในระนาบ H ของไดโพลนี้ประมาณเป็นลักษณะวงกลม ส่วนในระนาบ E ถูกอธิบายด้วยสมการ (2)

$$E_\theta = E_0 \frac{\cos\left[(\beta L/2)\cos\theta\right] - \cos(\beta L/2)}{\sin\theta} \qquad (2)$$

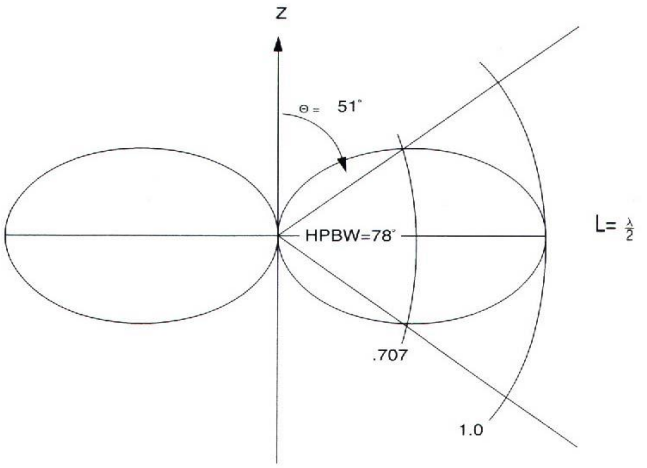
ค่า E เป็นค่าสูงสุดของ E_θ

B = $2\pi/\lambda$

สำหรับ L = $\lambda/2$ สมการที่ได้จะเป็น

$$E_\theta = E_0 \frac{\cos\left[(\pi/2)\cos\theta\right]}{\sin\theta} \qquad (3)$$

รูปร่างที่ได้แสดงดังรูป 3 ค่าสูงสุดของ E_0 อยู่ที่ θ = 90 °



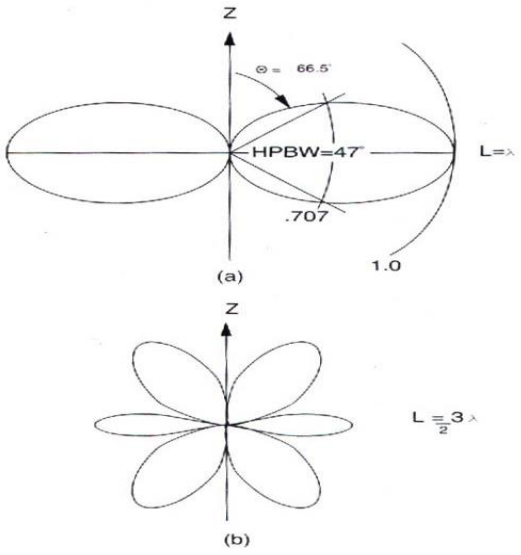
รูปที่ 3 แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของ $\lambda/2$

ที่ $\theta = 51^\circ$, $E_\theta = 0.707$. E_0 นี้คือจุดที่กำลังครึ่งหนึ่ง . ค่าช่วงกว้างลำคลื่นที่กำลังครึ่งหนึ่งได้จาก (half power beam width)

$$HPBW = 2\,(90 - 51) = 78^\circ \qquad (4)$$

ไดเร็คติวิตี้ของสายอากาศเป็น D = 1.64 = 2.15 dB

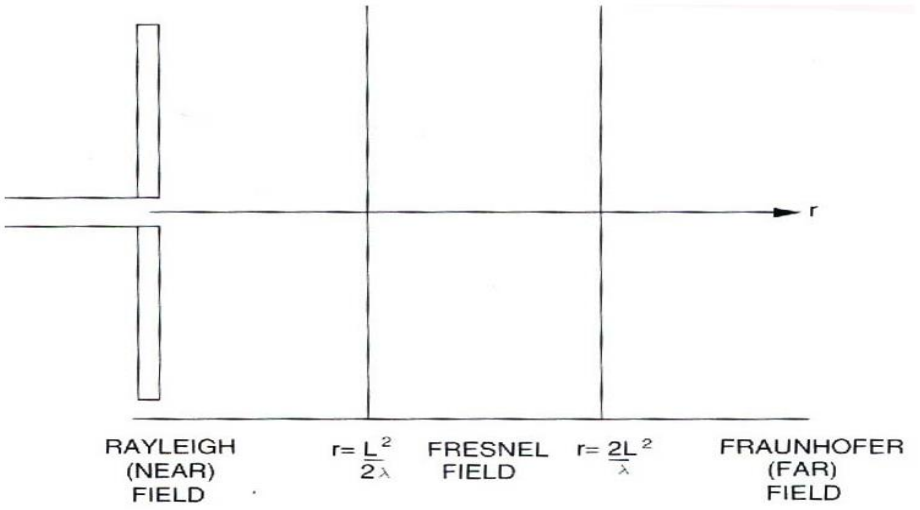
แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของไดโพล λ และ $3\lambda/2$ ถูกพล็อตดังรูป 4 ค่าไดเร็คติวิตี้ของไดโพลมีค่ายาวกว่า 1.25λ จากความยาวที่เพิ่มขึ้นของสายนี้เป็นเหตุผลให้กระแสมีความแตกต่างกันในแต่ละส่วนของไดโพล และจึงต้องมีการยกเลิกการพิจารณาสนามบางส่วนไปโดยเป็นผลของแพทเทอร์นการแผ่คลื่นเรียกว่า โลบ (lobes)



รูปที่ 4 แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของไดโพล λ (a) และไดโพล $3\lambda/2$ (b)

สนามสายอากาศ (Antenna field)

หลักการของสนามเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนของสายอากาศ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ขอบเขต (regions) ที่ต่างกันมี Rayleigh (near) field , Fresnel field , และ Fraunhofer (far) field แสดงดังรูป 5



รูปที่ 5 ขอบเขตของสนามสายอากาศ

สนามระยะไกล (fourfield) หาค่าได้จาก

$$r > \frac{2L^2}{\lambda} \qquad (5)$$

ค่า r เป็นระยะทางจากสายอากาศ

ค่า L เป็นความยาวของสายอากาศ (หรือขนาดที่ใหญ่สุดของช่อง)

สิ่งนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการที่จะกำหนดสนามเพื่อที่จะทำการพล็อตแพทเทอร์นการแผ่คลื่น.หากมีการส่ง – รับสายอากาศที่ความยาวต่างๆ ความยาวสูงสุดของสายอากาศจะกำหนดได้จาก L ในสนาม (5) ซึ่งจะเป็นค่าที่เชื่อได้ของขอบเขต (region) ที่ถูกต้อง

หมายเหตุ สายอากาศที่ไม่เคยวัดสนามสายอากาศในแบบ Rayleigh (near) บางแบบสามารถที่วางในสถานที่ยอมให้วัดใน Fresnel field ได้

ผลสรุป

ในการฝึกหัด นักศึกษาจะพล็อตแพทเทอร์นการแผ่คลื่นของสายอากาศ $\lambda/2$, λ และ $3\lambda/2$ นักศึกษา จะสังเกตพฤติกรรมอิมพีแดนซ์ของผลจากไดโพล λ ซึ่งแสดงประสิทธิภาพของสายอากาศนี้ จะได้กำหนดขอบเขต four field ของสายอากาศ. จะได้หาค่า HPBW ของไดโพล $\lambda/2$ และ λ สุดท้ายคือไดเร็คติวิตี้ของสายอากาศไดโพล $\lambda/2$

15.3. ขั้นตอนการทดลอง

การเตรียมอุปกรณ์

1. อิลิเมนท์หลักของสายอากาศที่จะใช้ใน Antenna training and Measuring System คือ ตัวรับข้อมูลที่เชื่อมกับแหล่งจ่ายกำลัง (Data Acquisition Interface / Power Supply) , RF Generator , Antenna Positioner และ Computer ต้องเตรียมให้พร้อมก่อนเริ่มการฝึกหัด. อ้างอิงจากส่วนที่ 4 ของการแนะนำให้รู้จัก (Fertilization Guide) การตั้งชุดฝึกสายอากาศและระบบการวัด ซึ่งจะต้องตั้งได้หากไม่ทราบจึงกลับไปดู

2. การติดตั้งสายอากาศแบบตัวส่งทำการวางเสาสายอากาศแบบยากิ (Yagi) เข้ากับเสาแบบยึดอุปกรณ์ในแนวนอน (Horizontal clips) ในการติดตั้งตัวส่งสัญญาณ และทำการปรับตำแหน่งอุปกรณ์ไปในทิศทางแนว E plane และต่อเคเบิ้ล SMA ขนาดยาวเข้ากับเอาท์พุท 1 GHz OSCILLATOR ของ RF Gen

3. การติดตั้งสายอากาศแบบตัวรับโดยการเลือกสายอากาศแบบไดโพลมาคู่หนึ่งที่ขนาด $\lambda/2$ ที่นำสายทั้งคู่นี้ใส่เข้าไปในส่วนกลางของคอนเน็ดเตอร์ไดโพล ซึ่งได้เคยทำในการฝึกหัดที่ 1–1

4. วางสายอากาศแบบไดโพล $\lambda/2$ เข้ากับเสายึดอุปกรณ์แบบคลิบแนวนอนและติดตั้งเสาลงบน Sliding support ของ Antenna positioner. ให้ใช้ Sliding support เลื่อนให้ตรงกับแนวแกนหมุนของAntenna positioner และให้จัดวางสายอากาศไดโพล $\lambda/2$ ในระนาบ E Plane ให้ต่อตัวลดทอน 10 dB เข้า RF อินพุตที่จุดบนสุดของ Antenna positioner และ ต่อสายอากาศเข้ากับตัวลดทอนด้วยสายเคเบิ้ล SMA ขนาดสั้น

5. ให้จัดวางตำแหน่งสายอากาศมีระยะห่าง r = 1 เมตร โดยปรับให้สูงเท่ากันและหันทิศทางตรงกัน

6. ให้ทำการปรับแต่งตามรายละเอียดนี้ที่ RF Generator

1 GHz OSCILLATOR MODE .....1 k Hz

1 GHz OSCILLATOR RF POWER ..... OFF

10 GHz OSCILLATOR RF POWER ..... OFF

ให้เปิดสวิทช์ที่ RF Generator และ POWER SUPPLY

ให้เปิดคอมพิวเตอร์ และรันโปรแกรม LVDAM–ANT

แพทเทอร์นของการแผ่คลื่นสัญญาณ

7. กดสวิตช์ ON ของ RF POWER ที่ 1 GHz OSCILLATOR บน RF Generator. และทำการควบคุมการลดทอนให้ได้ค่าของสัญญาณที่เหมาะสมกับการรับคลื่น.และเก็บแพทเทอร์นการแผ่คลื่นในกล่องข้อมูลสายอากาศ 1 โดยเลือกค่าการรับที่ถูกต้องที่จะเก็บ

8. ย้ายเสาอากาศไดโพล λ /2 จากการติดตั้งบนเสายึดแบบแนวตั้ง (Vertical Clips) มาเป็นการติดตั้งบนเสายึดอุปกรณ์แบบคลิบแนวนอน(Horizontal Clips) และต่อสายอากาศเข้ากับสายเคเบิ้ลแบบ SMA ขนาดกลางจากนั้นให้วางตำแหน่งสายอากาศไดโพลกับเสาใหม่ในระนาบ H Plane ให้หมุนสายอากาศยากิโดยจัดให้อยู่ในแนวตั้ง (Vertically Polarized) จากนั้นทำการรับคลื่นใหม่อีกครั้ง และเก็บข้อมูล เป็นระนาบ H ลงในสายอากาศ 1 และปรับ แพทเทอร์นสายอากาศไปในตำแหน่ง MSP ที่ 0°

หมายเหตุ ในขณะที่มีการสะท้อนกลับของสัญญาณจากโต๊ะ, ตัวโมดูลหรือวัตถุอื่นๆ จะทำให้เกิดผลนี้ขึ้นทางขนาดในระนาบ E และระนาบ H ที่ค่าสูงสุดได้. เพื่อการทำให้ปัญหานี้น้อยลงควรทำให้ระยะห่างสั้นลงของสายอากาศส่งและรับ อย่างไรก็ตามการสะท้อนกลับนี้ไม่ง่ายต่อการคาดเดา ซึ่งสามารถพิจารณาได้ 1 ถึง 2 dB ตามการเปลี่ยนแปลงของการรับคลื่น

10. ย้ายสายอากาศไดโพล λ /2 ออกจากเสาและย้ายปลดสายอากาศ Wire ออกจากคอนเน็ดเตอร์ ให้เลือกสายอากาศ Wire มาคู่หนึ่งเป็นสายอากาศแบบไดโพล λ และใส่เข้าไปที่จุดกลางของคอนเน็ดเตอร์ไดโพล และยึดสายอากาศนี้กับเสาด้วยคลิบแบบแนวนอน

10. และให้จัดวางสายอากาศไดโพล λ แบบ H Plane และปรับสัญญาณที่จะใช้รับให้เหมาะสมและเริ่มกระบวนการรับใหม่.เสร็จแล้วให้จัดวางสายอากาศไดโพล λ แบบ E Plane หมายเหตุให้ต่อสายเคเบิ้ลให้ เหมาะสม (ด้วยการถอดเคเบิ้ลขนาดกลางออกแล้วต่อด้วยเคเบิ้ลขนาดสั้นแทน) จากนั้นทำการรับคลื่นของแพทเทอร์นการแผ่คลื่นด้วยสายอากาศนี้ในระนาบ E และ บันทึกแพทเทอร์นที่สองในกล่องข้อมูลสายอากาศ 2

11. เปรียบเทียบแพทเทอร์นของไดโพล λ กับ λ /2 ค่าเกณฑ์ (MSL) มีค่าเหมือนกัน? (ต้องไม่ลืมว่าระดับการลดทอนนั้นแตกต่างกัน) สายอากาศไหนมีเกณฑ์ดีกว่าให้ความแตกต่างระหว่างสายนี้เป็น MSLs

.....

.....

.....

.....

.....

12. จากที่ได้ทำในขั้นที่ 11 ความต้านทานที่สูงของไดโพล λ จะไม่สามรถเกิดกำลังการแผ่คลื่น และจะหาค่าอิมพีแดนซ์ของไดโพล λ ได้บันทึกความยาวของสายอากาศ บักทึกความยาวของสายอากาศ ความยาวของไดโพล λ L_λ = _____ cm = _____ λ อ้างอิงจากรูป 2 ให้ประมาณอินพุตอิมพีแดนซ์ของสายนี้ได้ Z_{in} = _____ Ω

13. ย้ายสายอากาศไดโพล λ จากเสาและถอดสายอากาศออกจากคอนเน็ดเตอร์แล้วต่อสายอากาศไดโพลแบบ $3\lambda/2$ แทนและยึดสายอากาศนี้กับเสาด้วยคลิบแบบแนวตั้ง

14. ใช้สมการ 5 คำนวณระยะห่างที่ต้องการในขอบเขต far field ด้วยการติดตั้งไดโพล $3\lambda/2$ ที่ยาวกว่าสายอากาศยากิ

$$L = \frac{3\lambda}{2} = _____ \text{ m}$$

แล้ว

$$r \rangle \frac{2L^2}{\lambda} \rangle _____ m$$

15. ปรับค่าการรับสัญญาณให้เหมาะสมและกระทำการรับคลื่นของระนาบ E ทำการปรับปรุงให้มีความเหมาะสมในเรื่องการปฏิบัติการรับของแพทเทอร์นการแผ่คลื่นระนาบ H. จากนั้นบันทึกแพทเทอร์นการแผ่คลื่นทั้งระนาบ E และระนาบ H ของไดโพล $3\lambda/2$ ในกล่องข้อมูลสายอากาศ 3

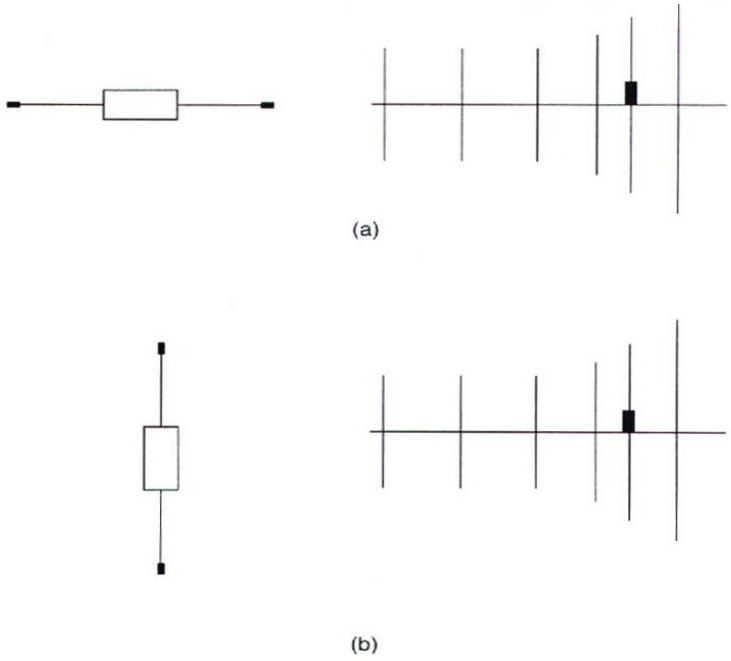
หมายเหตุ ควรพิจารณาอย่างระวังของแพทเทอร์นการแผ่คลื่นระนาบ E และ H ที่จะทำให้เข้าใจถึงความเกี่ยวข้อง 2 แพทเทอร์นนี้. ให้สังเกตุระดับสัญญาณของระนาบ H ควรเท่ากับระดับสัญญาณสูงสุดของโลบเล็กทั้ง 2 ของระนาบ E อย่างไรก็ตามไดโพล $3\lambda/2$ รายละเอียดการสะท้อนกลับที่ได้จากเสาหรือวัตถุอื่นๆ เป็นเหตุให้แพทเทอร์นระนาบ H ลดทอนไปและระดับสัญญาณของทั้งสองแพทเทอร์นสามารถทำให้มีลักษณะที่สำคัญผิดแผกไปได้

16. ทำการปรับปรุงการรับในระนาบ E ให้เหมาะสม. โดยย้ายสายออกจากแต่ละ ช็อกเก็ตของคอนเน็ดเตอร์ส่วน สั้นๆ ของสายทั้งคู่ที่อยู่ด้านข้างกล่องพลาสติกของคอนเน็ดเตอร์จะแสดงพฤติกรรมเป็นไดโพลสั้นที่มีความยาวรวมทั้งหมดประมาณ 4 cm หรือ 0.125λ ส่วนของตำแหน่งระยะห่างสายอากาศของ R = 1 m ให้กำหนดระดับการลดทอน 0 dB จากนั้นทำการรับคลื่นในระนาบ E. ไม่ต้องเก็บแพทเทอร์นเปรียบเทียบแพทเทอร์นการแผ่คลื่นนี้กับ แพทเทอร์นระนาบ E ของ $\lambda/2$ นำข้อมูลนี้ซึ่งมีระดับการลดทอนที่ต่างกัน ให้เป็นความแตกต่างระหว่างระดับสัญญาณสูงสุดที่กำหนดด้วยการใช้ได้โพลและการกำหนดจากไดโพล $\lambda/2$ อ้างอิงจากรูป 2 อธิบายผลที่ได้

.....

.....

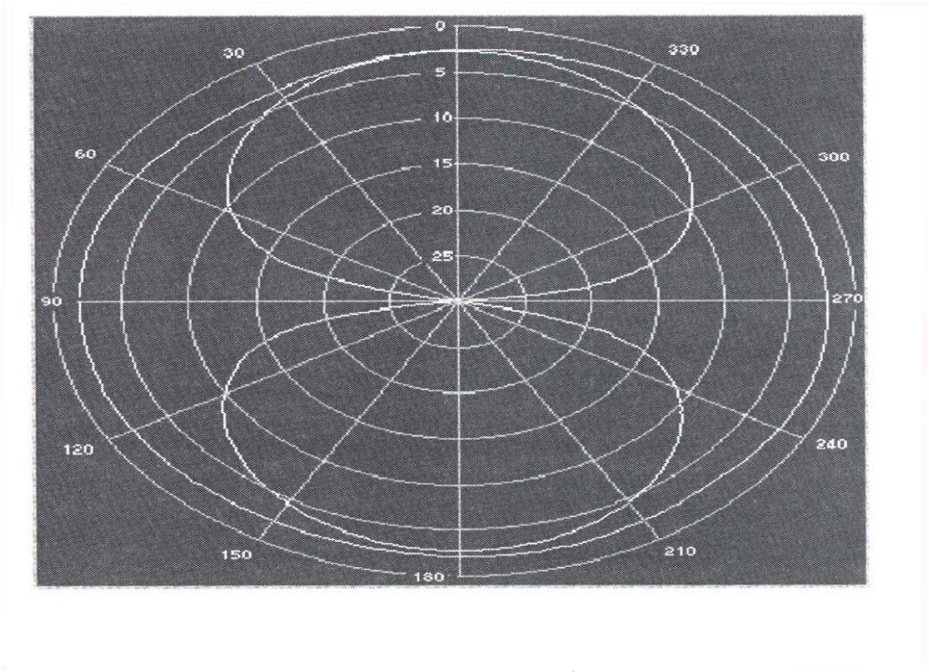
.....



รูปที่ 6 (a) และ (b) การปรับของไดโพลด้วยสายอากาศส่งที่ไม่เกิดผลกระทบ

17. ขณะนี้ได้แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของสายอากาศทั้ง 3 แบบ. ซึ่งให้แน่ใจว่ารูปแพทเทอร์นอยู่ในตำแหน่าง MSPs ที่ 0° จากนั้นให้สังเกตรูปแบบการแสดงแพทเทอร์น ของตัวเลือก H–E และ 3–D

คุณสมบัติในการแสดงรูป 3–D ของแพทเทอร์นการแผ่คลื่นที่ต่างกันเป็นของสายอากาศ 1 GHz ซึ่งสิ่งสำคัญต้องระวังเรื่องการพล็อตของระนาบ E ตัวอย่าง ที่จะไม่สามารถทำได้จากการจัดลักษณะของไดโพล เมื่อสายอากาศที่ใช้รับตั้งฉากกับสายอากาศส่ง และมันจะเกิดค่าสูงสุดเมื่อสายอากาศทั้งคู่นี้ขนานกันในการปฏิบัติให้สามารถแสดงภาพ 3–D ของแพทเทอร์นการแผ่ได้จะต้องอยู่ตำแหน่งที่ไม่มีผลคือ บนแกนระนาบ E ที่ 90°-270° ดังรูป 7 นี้เป็นการวางตำแหน่งปกติโดยทำอย่างอัตโนมัติเมื่อมีการปรับ MSP ของสายอากาศไดโพลไปยัง 0° หรือ 180°อย่างไรก็ตามจะต้องมีการปรับโดยผู้ใช้ เมื่อแพทเทอร์นการแผ่คลื่นไม่สมมาตร หรือสายอากาศที่ชนิดใช้ความถี่ 1 GHz เช่น สายอากาศโมโนโพล



รูปที่ 7 ตำแหน่งของ ระนาบ E ที่ถูกต้อง จากการแสดงผล 3-D

หลังจากนั้นทำการเก็บข้อมูลแพทเทอร์นของสายอากาศ1,สายอากาศ2 และ สายอากาศ3 โดยพิมพ์แพทเทอร์นการแผ่คลื่น (ในข้อกำหนด 2D) ของแต่ละอัน จากนั้นพิมพ์ การแสดงผล 3-D ของไดโพล $\lambda/2$ และเก็บไว้สำหรับใช้ในการทดลองที่ 15

18. คำนวณค่า HPBW ของไดโพล $\lambda/2$ และ λ จากแพทเทอร์นระนาบ E

$HPBW_{E\lambda/2}$ = _____องศา

$HPBW_{E\lambda}$ = _____องศา

เปรียบเทียบการคำนวณของ HPBW ของระนาบ E ด้วยค่าตามผลที่เกิด

19. จากสูตร

$$D \cong \frac{26000}{HPBW_E * HPBW_H}$$

ประมาณไดเร็คติวิตี้ของไดโพล $\lambda / 2$

หมายเหตุ แพทเทอร์นการแผ่คลื่นที่ระนาบ H เป็นวงกลมจะมี

$HPBW_H = 180^\circ$

D = _____

ยังคงจำไดว่าสูตรที่ใช้หาไดเร็คติวิตี้จะไม่มีประสิทธิภาพนัก ในกรณีสายอากาศมีบีมการแผ่คลื่นใหญ่ โดยที่การคำนวณจะได้จากการประมาณในส่วนของเกณฑ์

การทดลองเพิ่มเติม

การทดลองที่ได้ทำมาสามารถปฏิบัติได้หากมีตัว Directional Coupler ความถี่ 1 GHz

การแมทซ์ชิ่งไดโพล $\lambda/2$, λ และ $3\lambda/2$

20. ในขั้นตอนที่ 20 จาก EXERISE 1–1 ทำการติดตั้งตัวคับเบิ้ลแบบมีทิศทาง (directional coupler) โดยปรับสวิตซ์ ON ของRF POWER ที่ความถี่ OSCILLATOR 1 GHz และกำหนดระดับลดทอนไว้ที่ 10 dBและบันทึกค่าสัญญาณที่รับได้

P_1 = _____ dB

21. ต่อไดโพล $\lambda/2$ เข้ากับสายส่งขนาดสั้น จากนั้นต่อสายอากาศกับเสาด้วยคลิบแนว ตั้ง (Vertical Clips) และติดตั้งเสาเข้าที่ Slide Support ที่อยู่บน Antenna Positioner. บันทึกค่าใหม่ของสัญญาณ

P_2 = _____ dB

22. ใช้สมการที่มีให้คำนวณ SWR ของสายอากาศนี้

$X = P_1\,(dB - P_2\,(dB) =$ _____ dB

$\Gamma = 10^{(-X/20)} =$ _____

$SWR = \dfrac{1+\Gamma}{1-\Gamma} =$ _____

23. ย้ายสายจากสายอากาศไดโพล $\lambda/2$ ออกโดยไม่เปลี่ยนตำแหน่งของคอนเน็ดเตอร์หลัง จากนั้นให้ต่อเป็นไดโพล λ . และบันทึกค่าสัญญาณ

P_2 = _____ dB

ให้คำนวณ SWR ของสายอากาศนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

24. ให้ทำการเปลี่ยนสายอากาศไดโพล λ เป็นสายอากาศไดโพล $3\lambda/2$ และไม่มีการปรับตำแหน่งใดๆ จากตัวคอนเน็ดเตอร์ จากนั้นบันทึกระดับสัญญาณที่รับได้

P_2 = _____ = dB

คำนวณ SWR ของสายอากาศนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

25. ผลลัพธ์ที่ได้ถูกต้องกับทฤษฎีหรือไม่จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

26. ทำการบันทึกแพทเทอร์นการแพร่ให้แน่นอน. หากได้มีการใช้ในครั้งต่อไป จากนั้นออกจากโปรแกรม LVDAM–ANT ปิดสวิตซ์เพาวเวอร์ทุกตำแหน่ง, จากนั้นปิดคอมพิวเตอร์ และถอดส่วนประกอบต่างๆ ที่ตั้งไว้ลงกล่อง

15.4. สรุปผลการทดลอง

ในการฝึกหัดนี้ นักศึกษาได้พล็อต การวัดแพทเทอร์นการแผ่คลื่นของไดโพล $\lambda/2$, λ และ $3\lambda/2$ และการแสดงภาพในที่ว่างได้ปฏิบัติทางอิมพีแดนซ์และพบไดโพล λ ไม่มีประสิทธิภาพของกำลังการแผ่คลื่น,การเปรียบเทียบตามหลักวิชาที่ HPBW จากระนาบ E ของไดโพล $\lambda/2$ กับ λ ด้วยการคำนวณจากการวัดแพทเทอร์นการแผ่คลื่น.สุดท้ายการใช้ค่า HPBW เพื่อประมาณการหาค่าของไดเร็คติวิตี้ของไดโพล $\lambda/2$

15.5. คำถามท้ายการทดลอง

1. ไดโพลทั้ง 2 ที่ได้เรียนแบบใดให้การส่งสัญญาณไกลสุด, และถูกใช้งานย่อยทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

2. หากค่าไดเร็คติวิตี้ของไดโพล λ ดีกว่าไดโพล λ/2 ทำไมไม่เลือกสายอากาศนี้จากคำตอบในข้อ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. อธิบายสั้น ๆ ถึงความเกี่ยวข้องระหว่าง กระแสอิมพีแดนซ์และความยาวของไดโพล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. สภาวะระยะห่าง 1 เมตร เป็นค่าที่พอเพียงในการวัด far field ด้วยไดโพล λ / 2 และ λ ที่ความถี่ 915 MHZ ? ให้บอกระยะห่างน้อยสุดที่ต้องการของสายอากาศนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. มีวิธีการสาธิต HPBW ของไดโพล $\lambda / 2$ เป็น 78° หรือไม่?

.....

.....

.....

.....

.....

.....