การทดลองที่ 18 สายอากาศแบบลูป

18.1. วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เมื่อท่านทำการทดลองนี้สมบูรณ์แล้วท่านจะรู้สายอากาศแบบลูปตามความยาวคลื่นและนักศึกษาสมบัติของสายอากาศแบบลูปขนาดเล็ก

18.2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สายอากาศแบบลูปเต็มคลื่น

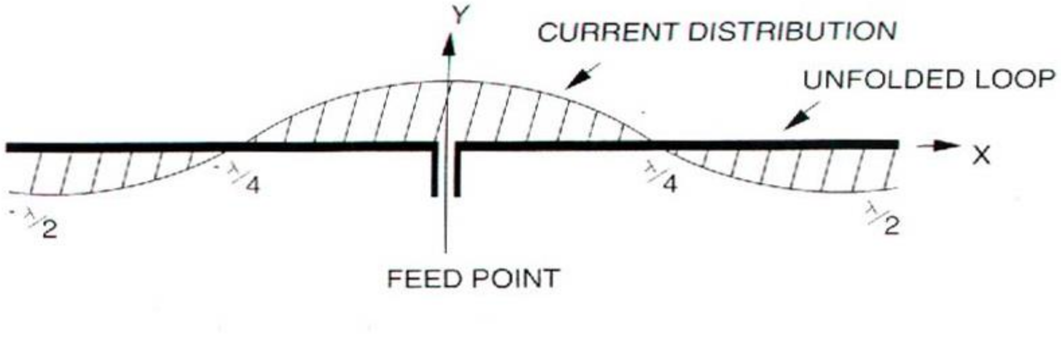
สายอากาศแบบลูปที่มีความยาวของลูปเท่ากับความยาวคลื่น λ (แลมป์ดา) เป็นสายอากาศที่มีประโยชน์มากเพราะมีอัตราขยายกับอินพุตอิมพีแดนซ์ที่เหมาะสม สายอากาศแบบลูปนี้มีหลายรูปร่าง เช่น วงกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า และสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ซึ่งทุกรูปร่างนั้นก็จะให้แพทเทอร์นของการแผ่คลื่นที่มีอัตราขยายมากขึ้นหรือลดลงแตกต่างกันออกไป

ที่กระจายตามความยาวตัวของกระแสตลอดความยาวคลื่นของสายอากาศ

กุญแจสำคัญที่จะทำให้เข้าใจในเรื่องของแพทเทอร์นของการแผ่คลื่น นั้นก็คือการเข้าใจในเรื่องที่กระจายตามความยาวของกระแสตลอดความยาวของลูป ว่าจะให้ผลลัพธ์รวมของสนามไฟฟ้าเสริมหรือหักล้างกันในทิศทางใดบ้าง

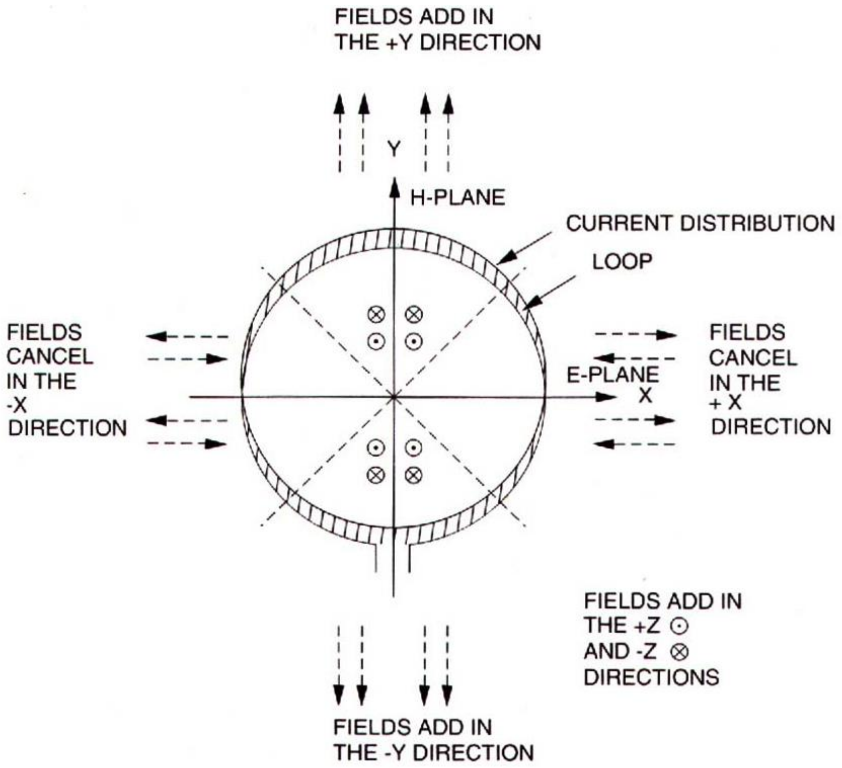
ถ้าเราพิจารณาสายอากาศลูปแบบวงกลมที่มีขนาดของลูปเท่ากับความยาวคลื่นในระนาบของ X-Y จุดป้อนสัญญาณนั้นจะเป็นจุดใดจุดหนึ่งรอบวงกลมของลูปโดยที่จุดป้อนสัญญาณนั้นจะมีผลต่อแพทเทอร์นของการแผ่คลื่น

สมมุติว่าจุดทีป้อนสัญญาณนั้นเป็นด้านล่างตามแนวแกน Y และเราตัดสายอากาศแบ่งครึ่งแล้วคลี่ออกในแนวแกน X ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งรูปนั้นจะแสดงให้เห็นถึงที่กระจายตามความยาวตัวของกระแสซึ่งดูคล้ายคลื่นแบบโคซายน์ที่มีจุดสูงสุดที่จุดป้อนสัญญาณ



รูปที่ 1 กระแสที่ไหลตลอดความยาวของสายที่มีความยาวเท่ากับความยาวคลื่น

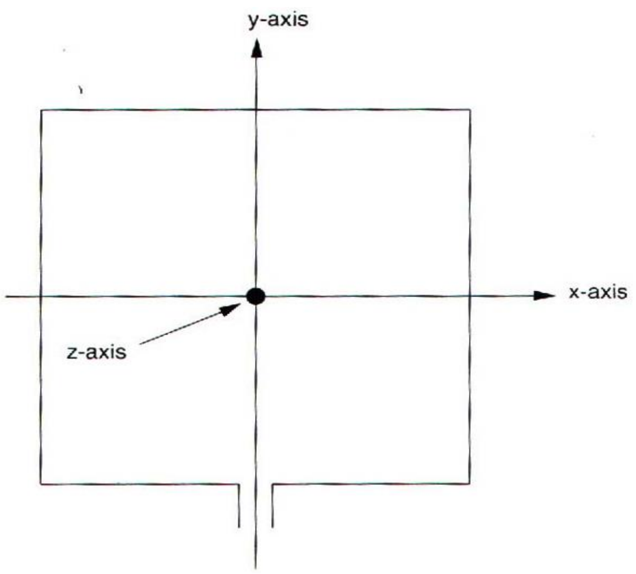
รูปที่ 2 ที่กระจายตามความยาวตัวของกระแสในสายอากาศลูปแบบวงกลม ซึ่งทำให้เกิดการเสริมหรือหักล้าง กันของสนามไฟฟ้า ในกรณีนี้ สนามไฟฟ้าจะเสริมกันในทิศทางของ Y+,Y-,และ Z+,Z- แต่จะหักล้างกันในทิศทางของ X+,X-



รูปที่ 2 กระแสที่ไหลในสายอากาศลูปแบบวงกลม

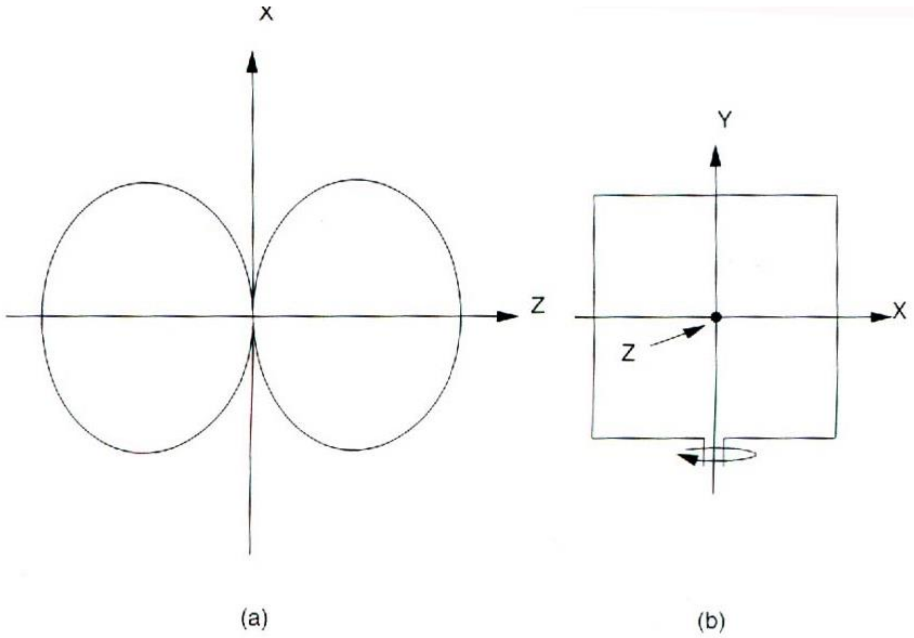
แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของสายอากาศลูปแบบเต็มคลื่นสายอากาศแบบลูปจะมีแนวระนาบที่หน้าสนใจอยู่สามระนาบคือ ระนาบของ E, ระนาบของ H และระนาบของลูปเอง ว่าระนาบใดเป็นระนาบที่จำกัดของสายอากาศ ดังจะแสดงระนาบนี้โดยใช้การพิจารณาสายอากาศลูปแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

สมมุติว่าสายอากาศนี้วางอยู่ในแนวตั้งและด้านหน้านั้นเป็นระนาบ X-Y และแนวแกน Z จะเป็นจุดที่พุ่งตรงออกไปจากตัวของเราดังแสดงในรูป 3 ถ้าเราเปรียบเทียบระนาบโดยยึดจุดป้อนสัญญาณเป็นหลักเราจะเห็นระนาบ X-Z เป็นระนาบของ E ส่วนระนาบ Y-Z เป็นระนาบของ H และสายอากาศจะวางตัวอยู่ในระนาบ X-Y

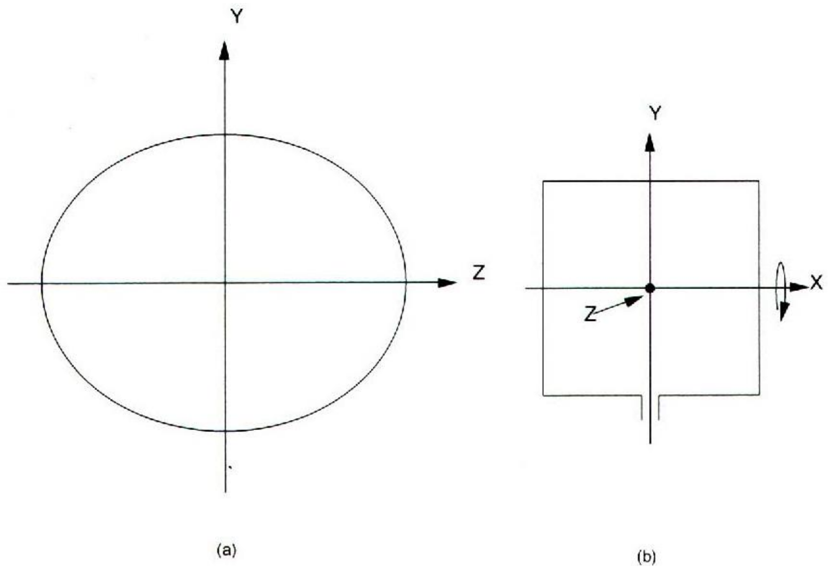


รูปที่ 3 สายอากาศลูปแบบสี่เหลี่ยม

ซึ่งตามทฤษฎีแล้วแพทเทอร์นการแผ่คลื่นในระนาบของ E (ระนาบ X-Y) จะเป็นดังรูป 2-14 (a) ในการวัดหาค่านี้นั้นจะต้องหมุนสายอากาศไปรอบ ๆ โดยยึดแกนเป็นแนวแกน Y ดังแสดงในรูป 4 (b)



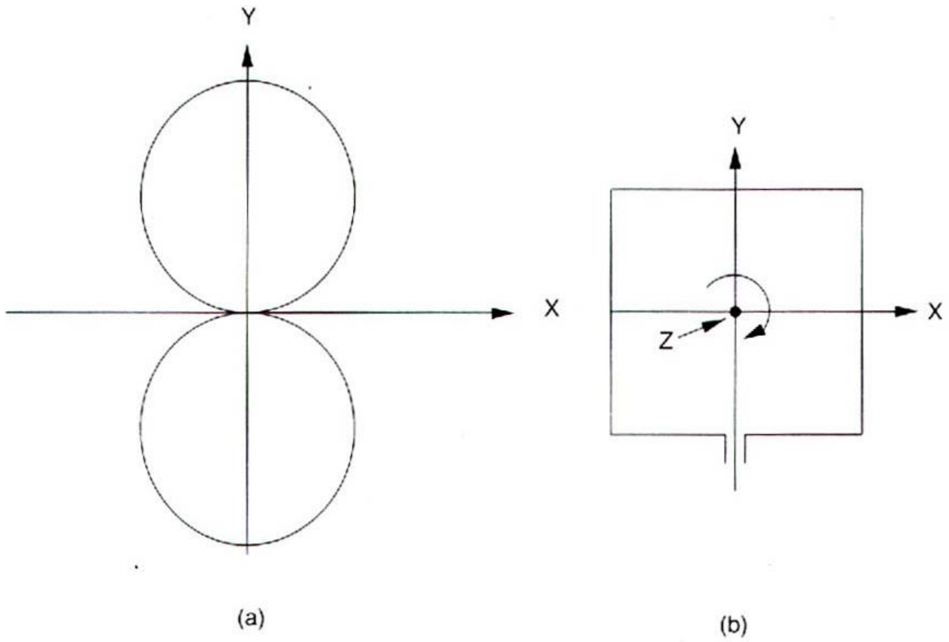
รูปที่ 4 a) แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของ E plane ของสายอากาศลูปแบบเต็มคลื่น b) การหมุนที่จะให้ได้แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของ E plane



รูปที่ 5 a) แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของ H plane ของสายอากาศลูปแบบเต็มคลื่น b) การหมุนที่จะให้ได้แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของ H plane

ระนาบ H (ระนาบ Y-Z) จะมีแพทเทอร์นการแผ่คลื่นที่วัดได้เป็นดังรูปที่ 5 (a) โดยในการวัดนั้นจะต้องยึดแกนX เป็นแนวแกนในการหมุนไปรอบๆ ดังแสดงในรูปที่ 5 (b)

สุดท้ายในการวัดหาแพทเทอร์นการแผ่คลื่นในระนาบของสายอากาศนั้น (ระนาบX-Y) ดังแสดงในรูปที่ 6 (a) ก็จะต้องหมุนสายอากาศไฟรอบๆ โดยยึดแกน Z เป็นจุดหมุนดังแสดงในรูป 6 (b)

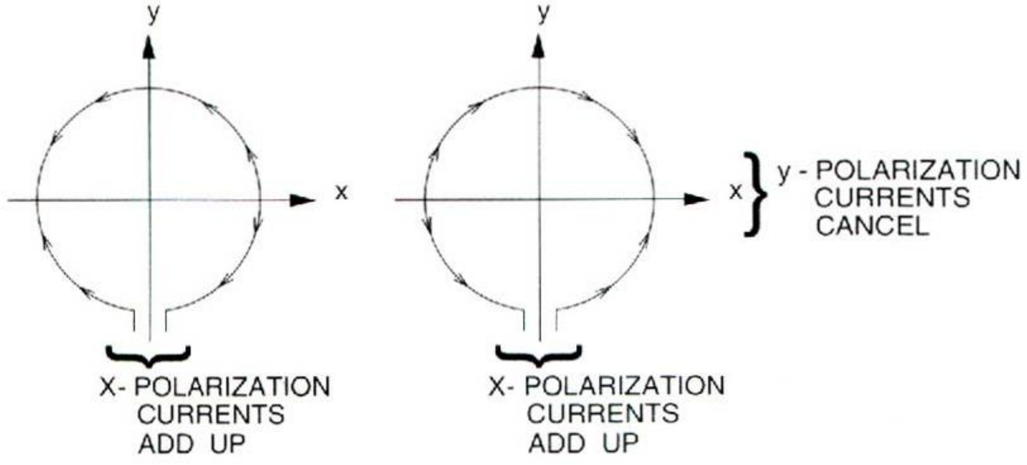


รูปที่ 6 a) แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของ loop plane ของสายอากาศลูปแบบเต็มคลื่น b) การหมุนที่จะให้ได้แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของ loop plane

เราจะพิจารณาอย่างละเอียดมากขึ้นในทฤษฎีเกี่ยวกับเรื่องของระนาบ E, ระนาบ H, และระนาบของลูปดังแสดงในรูปที่ 4 (a), 5 (a),และ 6 (a) ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามแพทเทอร์นการแผ่คลื่นของ E และ ลูปจะมีรูปร่างคล้ายคลึงกันแต่จะมีแอมปลิจูดที่ต่างกันดังที่เห็นในรูปที่ 2 ผลลัพธ์ที่คิดจากจุดกึ่งกลางของลูปออกมาจะเป็นผลบวกของสนามที่เกิดจากกระแสที่มีเฟสตรงกัน บนแกน Y ภายนอกลูปนั้นจะเป็นผลรวมของสนามเช่นเดียวกันแต่จะมีความต่างเฟสกันเล็กน้อย ด้วยเหตุนี้ระนาบของลูปจะมีค่าต่ำกว่าระนาบของ E อยู่-3 dB

ขั้วของคลื่น(Polarization)

รูปที่ 7 (a) และ (b) แสดงให้เห็นกระแสที่ไหลในสายอากาศแบบลูปที่มีความแตกต่างกันในระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งในรูปนั้นแสดงในทิศทางของ X โดยกระแสทั้งสองนั้นจะมีขนาดเท่าๆ กันและเสริมกัน ในทางตรงกันข้ามที่ทิศทางของ Y กระแสจะหักล้างกัน ด้วยเหตุผลนี้ระนาบ E จึงมีอยู่แต่ในแนวแกน X เท่านั้น



รูปที่ 7 ขั้วคลื่นของ E plane ใรทิศทางของแกน X

ในทางปฏิบัติก็คือสายอากาศแบบลูปที่วางตามแนวตั้งจะป้อนสัญญาณเข้าจากทางด้านล่างหรือทางด้านบน คลื่น-E จะมีขั้วอยู่ในแนวนอน และถ้าสายอากาศลูปนี้มีการป้อนสัญญาณจากทางด้านซ้ายหรือขวาแล้ว คลื่น-E จะมีขั้วในแนวตั้ง

อิมพีแดนซ์,อัตราขยาย,และความกว้างของบีม

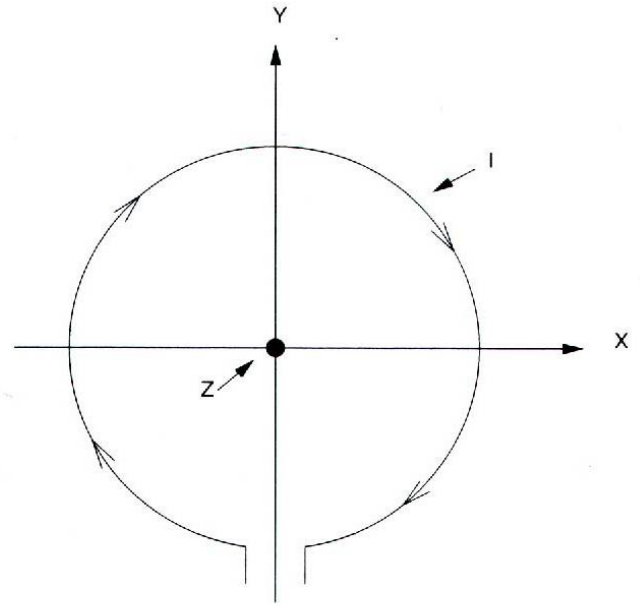
ความต้านทานทางอินพุตของสายอากาศแบบลูปนั้นจะมีค่าประมาณ 100 โอห์มเมื่อความยาวของลูปมีค่าใกล้เคียงกับความยาวคลื่น (แลมป์ดา) และที่ความยาวนี้ค่าของรีแอคแตนซ์จะมีค่าต่ำที่สุด

ในสภาวะเช่นนี้สายอากาศแบบลูปจะมีประโยชน์ในเรื่องเกี่ยวกับย่านความถี่ที่เหมาะสม ซึ่งมันจะมีอัตราขยาย 3.09 dB,หรือมีค่าน้อยกว่า 3.28 dB เมื่อเทียบกับสายอากาศไดโพลแบบเต็มคลื่น แต่มากกว่า 2.15 dB ของสายอากาศไดโพลแบบครึ่งคลื่น ซึ่งเป็นผลให้ความกว้างของบีมตามทฤษฎีอยู่ระหว่าง 47 องศาของสายอากาศไดโพลแบบเต็มคลื่น กับ 78 องศาของสายอากาศไดโพลแบบครึ่งคลื่น

สายอากาศแบบลูปขนาดเล็ก

สายอากาศลูปขนาดเล็กเป็นสายอากาศที่มีความยาวของลูปใกล้เคียงกับเศษหนึ่งส่วนแปดของความยาวคลื่นรือน้อยกว่านั้น มันจะมีแพทเทอร์นการแผ่คลื่นที่ดีมาก ซึ่งจะแตกต่างจากสายอากาศลูปแบบเต็มคลื่น โดยจะถูกใช้ในการค้นหาทิศทาง

เนื่องด้วยความยาวของลูปนั้น ต้องมีค่าน้อยกว่าความยาวคลื่นกระแสทั้งหมดทุกส่วนของลูปนั้นสามารถพิจารณาได้ว่าเป็นแบบตรงเฟส ดังแสดงในรูปที่ 8 และเพราะเหตุนี้เองจึงทำให้สนามไฟฟ้ารวมในแนวแกน z เป็นศูนย์ ซึ่งจะแตกต่างจากลูปแบบเต็มคลื่นที่สนามไฟฟ้านั้น จะมีความเข้มมากที่สุดในแนวแกน z



รูปที่ 8 กระแสที่ไหลในสายอากาลูปขนาดเล็ก

ในทุกทิศทางนอกจากแนวแกน z จะมีแพทเทอร์นการแผ่คลื่นที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ คล้ายกับสายอากาศไดโพลแบบสั้น (short dipole)

ซึ่งในความเป็นจริงแล้วสายอากาศลูปขนาดเล็กก็คือคู่ของสายอากาศไดโพลแบบสั้น ซึ่งมันสามารถถูกมองเป็นสายอากาศไดโพลแบบสั้นที่วางอยู่ตรงจุดกำเนิดและทอดตั้งไปตามแนวแกน z ซึ่งแพทเทอร์นการแผ่คลื่นนั้นจะไม่แตกต่างกัน

ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศลูปแบบเล็กนี้ มีค่าค่อนข้างน้อย ซึ่งจะมีค่าไม่เกิน 10 โอหม์

สรุปย่อย

ในการทดลองนี้ นักศึกษาจะได้รู้จักกับผลกระทบของจุดป้อนสัญญาณที่มีผลต่อขั้วของคลื่น นักศึกษาจะวาดแพทเทอร์นการแผ่คลื่นของสายอากาศโดยใช้ไดโพลแบบ $\lambda/2$ คลื่นเป็นสายอากาศอ้างอิง นักศึกษาจะได้หาค่าอัตราขยาย และสุดท้ายคุณจะได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของรูปทรงของสายอากาศแบบลูปต่อทิศทางของมัน

18.3. ขั้นตอนการทดลอง

การติดตั้งและปรับแต่งเครื่องมือและอุปกรณ์

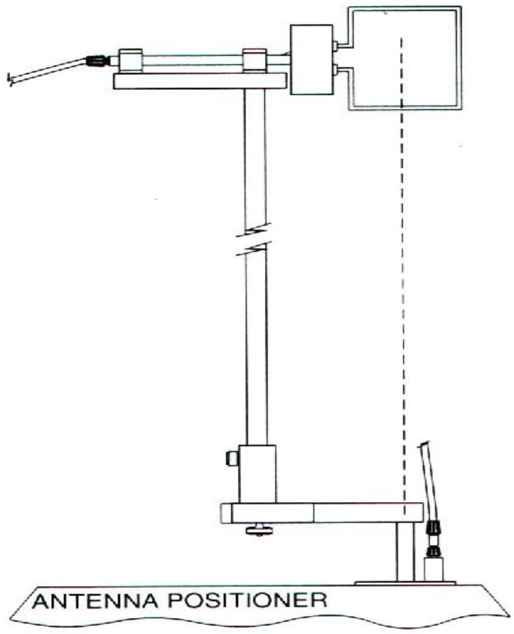
1. อุปกรณ์หลักก็คือ ชุดฝึกสายอากาศและระบบวัด ซึ่งจะประกอบด้วย Data Acquisition Interface/Power Supply , RF-Generator ,Antenna Position และ คอมพิวเตอร์ ซึ่งจะต้องติดตั้งให้เรียบร้อยก่อนการลงมือปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถที่จะดูคู่มือ การติดตั้งและปรับแต่งได้ในเซกชั่นที่ 4 ของ familiarization guide ถ้านักศึกษายังไม่เคยติดตั้งมาก่อน

2. การติดตั้งสายอากาศตัวส่งสัญญาณ ให้ติดตั้งสายอากาศยากิ (Yagi) เข้ากับเสายึดสายอากาศ แบบแนวนอนบนและติดตั้งเสายึดสายอากาศเข้ากับ Transmission Support เสร็จแล้วจัดตำแหน่งการวางสายอากาศยากิใน E plane และต่อสายอากาศเข้ากับเอาต์พุต ของ RF-Gen ที่ความถี่ Oscillator 1GHz โดยใช้สาย SMA แบบยาว

3. การติดตั้งสายอากาศตัวรับสัญญาณ ให้ใช้ตัวต่อ Loop ที่ไม่มี balun (เป็นอันเดียวกันกับที่เคยใช้กับ folded dipole) และให้ใช้ลูปที่เป็นสี่เหลี่ยมที่มีความยาวเท่ากับ λ ติดตั้งเป็นสายอากาศแบบลูป

4. ให้ติดตั้งสายอากาศตัวรับแบบลูปที่เป็นสี่เหลี่ยมเข้ากับเสาจับยึดสายอากาศแบบแนวนอนอีกอันหนึ่งและติดตั้งเสาเข้ากับ Sliding Support ที่อยู่บน Antenna Positioner และจัดวางทิศทางสายอากาศตัวรับในทิศทาง H Plane ปรับฐานเลื่อนให้สายอากาศนั้นอยู่ในแนวแกนของจุดศูนย์กลางของการหมุนดังแสดงในรูป 9 และให้ต่อตัวลดทอน 10dB เข้าที่จุดต่อ RF ด้านบนของตัวกำหนดทิศทางของสายอากาศต่อสายอากาศเข้ากับตัวลดทอนโดยใช้สาย SMA ขนาดกลาง

5. ให้ตำแหน่งระยะห่างจากสายอากาศทั้ง 2 มีระยะห่างเป็นr=1 m.และทำการปรับความสูงของสายอากาศทั้งสองให้เท่ากันและหันหน้าเข้าหากัน



รูปที่ 9 การติดตั้งสายอากาศแบบลูป

6. ทำการปรับสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

ที่ RF Generator

1 GHz OSCILLATOR MODE 1KHz

1 GHz OSCILLATOR RF POWER .... OFF

10 GHz OSCILLATOR RF POWER .... OFF

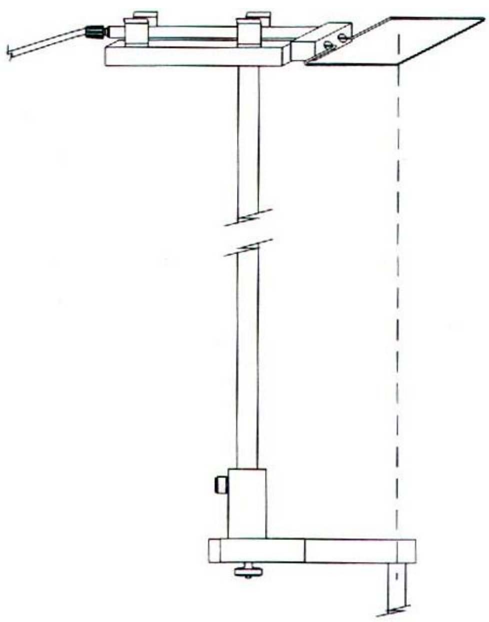
เปิดสวิทช์ Power ของ RF Generator และ Power Supply

เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม LVDAM-ANT

แพทเทอร์นการแผ่คลื่น

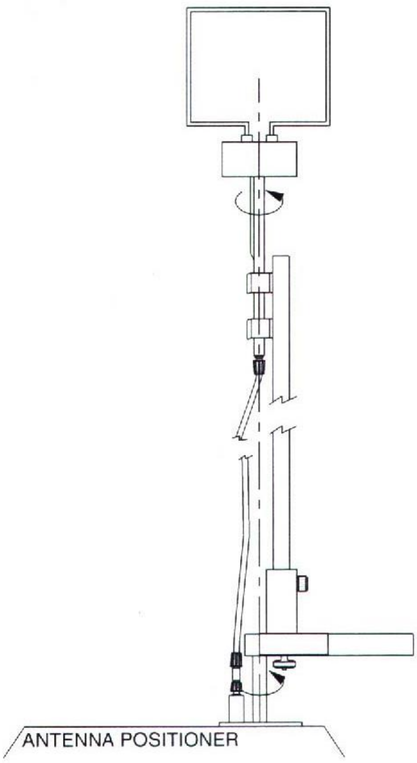
7. ให้เปิดสวิทซ์ RF power ที่ความถี่ OSCILLATOR 1 GHz บนเครื่อง RF GENERATOR เสร็จแล้วให้ปรับค่าการลดทอนที่ 6dB ที่โปรแกรม ซึ่งนักศึกษาควรใช้ค่าระดับนี้ตลอดจนจบการทดลอง

8. เริ่มการวัดค่าและบันทึกแพทเทอร์นการแผ่คลื่นของ E plane ของสายอากาศลงใน antenna 1 ให้ปรับสายอากาศรับแบบลูปที่เป็นสี่เหลี่ยมที่ตั้งฉากในครั้งที่แล้วให้อยู่ในทิศทางแนวนอน ดังแสดงในรูปที่ 10 เริ่มการทดลองและบันทึกค่าเป็น E-plane ของสายอากาศลงใน Antenna 2



รูปที่ 10 การติดตั้งสายอากาศแบบลูปครั้งที่ 2

9. ที่เสาอากาศตัวรับให้ปลดที่จับยึดสายอากาศแบบแนวนอนออกจากฐานหมุนและเปลี่ยนเป็นที่จับยึดสายอากาศแนวตั้ง และให้ยึดสายอากาศแบบลูป วางเข้ากับที่ยึดอันใหม่และเปลี่ยนสาย SMA จากขนาดกลางเป็นสายต่อแบบสั้น และยังไม่ต้องเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสายอากาศแบบยากิ เป็นดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 การติดตั้งสายอากาศแบบลูปครั้งที่ 3

เริ่มต้นการทอลองและยันทึกค่าเป็น E plane ของสายอากาศที่ 3

10. ให้เปรียบเทียบผลการทดลองทั้ง 3 แบบและทำการพิจารณาผลที่ได้จากการทดสอบสายอากาศแบบลูปทั้ง 3 กรณี โดยใช้สายอากาศแบบยากิ ผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ และการติดตั้งสายอากาศแบบใดให้ผลที่ได้เป็น E plane ? จงอธิบาย

....

....

....

....

....

....

11. ที่สายอากาศตัวรับให้ทำการปลดตัวจับยึดสายอากาศแบบแนวตั้งออก และเปลี่ยนเป็นตัวจับยึดแบบแนวนอน และติดตั้งสายอากาศของท่านดังแสดงในรูปที่ 9 และหมุนสายอากาศยากิตัวส่งสัญญาณให้เป็นแบบแนวตั้งและทำการทดลองหา แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของ H plane และบันทึกข้อมูลใน antenna 3

12. หลังจากนั้นให้ปรับแพทเทอร์โดยใช้เมาส์ลากแพทเทอร์ไปที่ MSPS ที่ 0 องศา ทั้ง E Plane และ H Plane ของข้อมูลสายอากาศ Antenna 3 และใช้ฟังชั่น E-H และ 3D ทำการพิมพ์แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของสายอากาศแบบลูปใน 2 มิติ และ 3 มิติ

Half power beam width และGain

13. หาค่าของ Half power beam width ของ E plane ของสายอากาศลูป

$$HPDW_E = \underline{\qquad\qquad}\ ^{\circ}$$

14. ปลดสายอากาศตัวรับออกจากตัวจับยึดสายอากาศแนวนอนที่อยู่บนฐานหมุนสายอากาศ และเปลี่ยนมาใช้ที่จับยึดสายอากาศแบบแนวตั้ง และเปลี่ยนสายอากาศแบบลูปเป็นสายอากาศไดโพลแบบ $\lambda/2$ เท่านั้น และติดตั้งสายอากาศตัวรับเข้ากับ Antenna Positioner โดยใช้สาย SMA ขนาดสั้น และในส่วนของสายอากาศตัวส่งสัญญาณให้หมุนสายอากาศแบบยากิไปในทิศทางแบบแนวนอน เสร็จแล้วให้ทำการทดลองและบันทึกผล แพทเทอร์น E plane ของสายอากาศ ลงใน Antenna 1 ด้วยแพทเทอร์นการแผ่คลื่นสัญญาณใหม่ของสายอากาศนี้

15. ให้เปรียบเทียบ E plane ของสายอากาศไดโพลและสายอากาศแบบลูป โดยใช้ค่า Gain ของสายอากาศแบบลูปเป็นข้อเปรียบเทียบ

....

....

....

....

รูปร่างและทิศทาง

16. ปลดสายอากาศลูปแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสจากสายอากาศตัวรับและติดตั้งสายอากาศใหม่ด้วยสายอากาศลูปแบบวงกลมและติดตั้งเข้ากับที่จับยึดสายอากาศ เสร็จแล้วทำการทดลองหาค่า E plane (ดังรูปที่ 11) ทำการหาค่าแพทเทอร์นการแผ่คลื่นและทำการบันทึกแพทเทอร์น E plane ลงใน Antenna 1 ตามที่ได้ทดลองมาสุดท้ายก่อนหน้านี้

17. ให้ทำการปลดสายอากาศลูปแบบวงกลมออก และเปลี่ยนเป็นสายอากาศลูปแบบสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนทำการทดลองหาแพทเทอร์น E plane ลงใน Antenna 2

18. พิจารณาความคล้ายของรูปสัญญาณแพทเทอร์น E plane ของสายอากาศลูปทั้ง 3 แบบ ว่ามีรูปร่างต่างกัน ถามว่าความคล้ายคลึงกันดังกล่าวเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ ? ให้อธิบาย

....

....

....

....

....

19. ตรวจสอบให้แน่ใจว่า นักศึกษาได้บันทึกแพทเทอร์นการแผ่คลื่นแล้วถ้านักศึกษาจะต้องใช้มันต่อไปในอนาคต จากนั้นออกจากโปรแกรม LVDAM-ANT ปิดสวิทซ์ทั้งหมดไปที่ตำแหน่ง O (OFF) ปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ปลดอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกจากกัน แล้วนำอุปกรณ์ทุกอย่างไปเก็บยังที่เก็บ

18.4. คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายที่กระจายตามความยาวตัวของกระแสตลอดความยาวสายของสายอากาศแบบลูปที่มีความยามเท่ากับ λ

....

....

....

....

....

....

2. นักศึกษาต้องการ ติดตั้งสายอากาศแบบลูปที่มีความยาวเท่ากับ λเพื่อรับคลื่นสัญญาณ 28MHz ที่มีขั้วคลื่นทางแนวตั้ง จงอธิบายสายอากาศนี้

....

....

....

....

....

....

ติดตั้งสายอากาศแบบลูปที่มีความยาว λ โดยใช้สายเคเบิ้ลที่มีค่า impedance 50โอหม์ จงคำนวณหาว่ากำลังงานที่ถูกส่งออกไปนั้นเป็นกี่เปอร์เซนต์ ? (ดังกล่าวแล้วในการทดลอง 1-5)

....

....

....

....

....

....

3. นักศึกษาต้องการสายอากาศลูปแบบสั้นเพื่อรับสัญญาณเหมือนในข้อ 2 สายอากาศลูปแบบสั้นของนักศึกษาจะต้องมีความยาวไม่เกินเท่าใด ? อธิบาย

....

....

....

....

....

....

4. อธิบายว่าเหตุใดเราจึงพูดว่าสายอากาศลูปแบบสั้น นั้นเป็นคู่แฝดของสายอากาศไดโพลแบบสั้น

....

....

....

....

....