การทดลองที่ 12 แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของ ไดโพล $\lambda/2$ ที่ 1 GHz

12.1. วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เมื่อจบหน่วยนี้นักศึกษาจะเข้าใจถึงแพทเทอร์นการแผ่คลื่นของสายอากาศไดโพลชนิดครึ่งความยาวคลื่น ในระนาบ E และ H.

12.2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สายอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแพร่กระจายและการรับคลื่นวิทยุ ซึ่งในส่วนของสายอากาศจะมีอุปกรณ์ในการส่งสัญญาณระหว่างเวฟไกด์ หรือ Transmission Line และ บรรยากาศ โดยทั่วๆไปสายอากาศสามารถที่จะใช้ในการส่งสัญญาณ หรือ รับสัญญาณ ซึ่งสิ่งสำคัญที่จะต้องมีการปรับให้เหมาะสม เมื่อมีการรับสัญญาณจะพบว่าการรับสัญญาณโดยตรงจะมีความเข้มของกำลังสัญญาณที่รับได้ จะมีขนาดที่เข้มกว่าสัญญาณที่รับได้ในทิศทางอื่นๆ และหากสายอากาศถูกใช้เป็นตัวส่งสัญญาณกำลังงานที่แพร่ออกก็จะมีขนาดที่สูงในทิศทางหนึ่งๆ มันเป็นสัดส่วนกันสำหรับสายอากาศบางอย่างทิศทางของกำลังการส่งสูงสุดสอดคล้องกับทิศทางของกำลังการรับสูงสุด

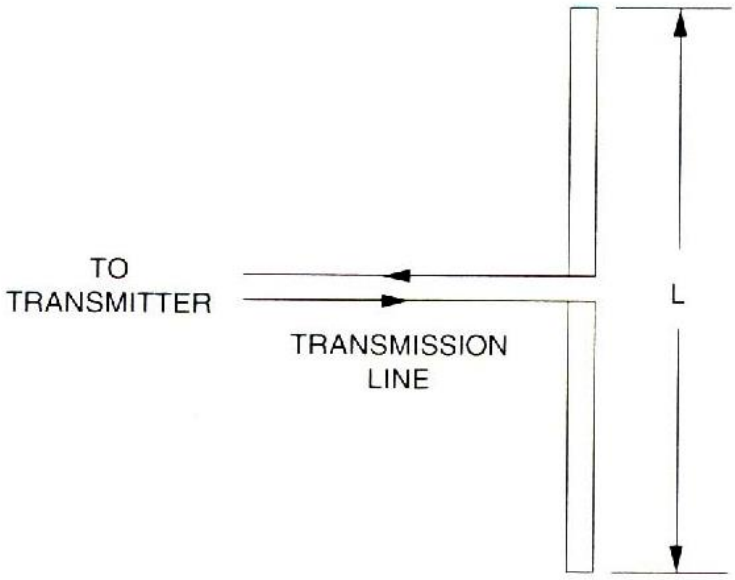
ไอโซโทรปิค ซอร์ส (Isotropic Source) เป็นลักษณะสายอากาศที่สมมติขึ้นซึ่งไม่มีทิศทางโดยมีความเข้มในการแพร่คลื่นเท่ากันทุกทิศทาง สายอากาศไอโซทรอปิคแบบสมบูรณ์จะไม่มีอยู่ในการทดลองนี้ แต่แนวคิดนี้จะใช้ช่วยเหลือในการเรียนเรื่องสายอากาศ และแนวคิดนี้เหมาะที่จะใช้อ้างอิงในการพิจารณาคุณสมบัติของสายอากาศแบบมีทิศทาง

สายอากาศไดโพลและสายอากาศไดโพลอุดมคติ

สายอากาศไดโพลเป็นตัวอย่างสายอากาศอย่างง่ายที่มีองค์ประกอบเป็นแท่ง จำนวน 2 ชิ้น วางเป็นแนวเส้นตรงดังรูปที่ 1 มีความยาวเป็น "L" โดยไดโพลจะต่อจากจุดกึ่งกลางต่อเข้ากับตัวส่งสัญญาณโดยใช้สายส่งเป็นตัวเชื่อม

ตัวส่งจ่ายจะป้อนสัญญาณกระแสไฟสลับไปยังสายอากาศ ซึ่งการจ่ายสัญญาณนี้เป็นไปอย่างรวดเร็ว ค่าสัญญาณกระแสนี้จะไหลเข้าไปยังจุดหนึ่งของไดโพลและจะไม่ไปไหน ดังแสดงในรูป จากนั้นทิศทางกระแสจึงย้อนกลับ

ที่กระจายตามความยาวกระแส จะทำโดยขนาดของกระแสสลับจะตามความยาวของสายอากาศไดโพล จะไม่เป็นรูปแบบเดียวกัน โดยที่จุดปลายสุดจะเป็น 0 ส่วนที่จุดกึ่งกลางจะมีค่าสูงสุด ซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวของไดโพลและความถี่สัญญาณของตัวส่ง



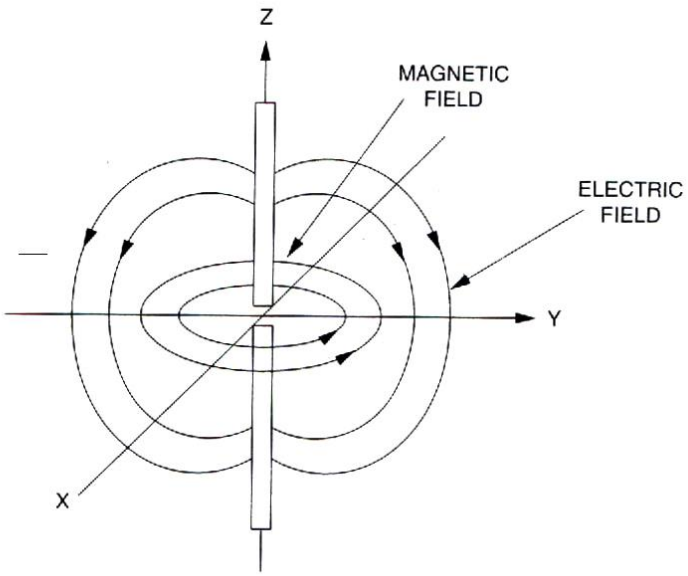
รูปที่ 1 สายอากาศไดโพล

สายอากาศไดโพลแบบอุดมคติเป็นลักษณะสายอากาศสมมติซึ่งใช้ประโยชน์ในการเรียนรู้ของสายอากาศอื่นๆ ซึ่งสามารถนำมาพิจารณาส่วนความยาวเล็กๆของไดโพลด้วยลักษณะที่กระจายตามความยาวกระแสที่เหมือนกัน จากส่วนประกอบเล็กๆของความยาวไดโพล ตามหลักวิชาของคุณลักษณะ ไดโพลอุดมคติ ซึ่งเป็นค่าประมาณ ของปริมาณไฟฟ้าเล็กๆ ในสายอากาศไดโพล

แพทเทอร์นการแผ่คลื่นสัญญาณ

แพทเทอร์นของการแผ่คลื่นสัญญาณ เป็นลักษณะเป็น 3 ขนาด ซึ่งแสดงได้ทางกราฟของ Far–Field ซึ่งเป็นคุณสมบัติการแผ่คลื่นของสายอากาศเป็นพังก์ชั่นของระยะห่างที่เท่ากัน ขอบเขตของสนามแพร่คลื่นจะมีระยะเป็นอิสระตามระยะห่างของสายอากาศ ซึ่งสามารถวัดรายละเอียดแพทเทอร์นได้โดยการทดลอง หรือการคำนวณถ้าทราบกระแสที่กระจายออกแพทเทอร์นการแผ่คลื่นแสดงเป็นลักษณะที่กระจายตามความยาวพลังงานซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของทิศทางของตัวส่งสัญญาณมายังสาย มันจะชี้บอกระดับที่เกี่ยวกันของกำลังที่ถูกส่ง กับฟังก์ชั่นของทิศทาง

ทั้งหมดนี้ในส่วน **แพทเทอร์นการแผ่คลื่น** ได้นำไปใช้กับแบบการรับของสายอากาศ แพทเทอร์นการรับของสายอากาศจะมีลักษณะเหมือนแพทเทอร์นการแผ่คลื่น สิ่งเหล่านี้เป็นกฎที่รู้กันในทฤษฎีของรีซิพพรอซิตี้ (ทฤษฎีการแลกเปลี่ยน)



รูปที่ 2 E-plane (y-z) และ H-plane (x-y) ของไดโพล

รูปแบบแพทเทอร์นของการแผ่คลื่นที่สมบูรณ์จะเป็นรูปแบบฟังก์ชั่น 3 มิติ หรืออ้างใช้งานที่เป็น 2 มิติ ซึ่งจะใช้หาคุณสมบัติการแผ่กระจายไปตามคุณสมบัติของสายอากาศนั้นๆ ในที่นี้การวัดรูปร่างของที่กระจายตามความยาวแบบ 2 มิติซึ่งจะมีในแนวราบ และแนวตั้งฉาก ซึ่งมีแนวระนาบแนวหนึ่งจะขนานกับสนามไฟฟ้า และอีกระนาบจะขนานกับสนามแม่เหล็กและถูกเรียกว่า E-plane และ H-plane ตามลำดับ

แพทเทอร์นในระนาบหนึ่งๆสามารถวัดได้โดยหมุนสายอากาศรอบๆระนาบและทำการวัดระดับการรับกำลังของสายอากาศที่ปรับไป โดยจะมีความถูกต้องจะได้จากสภาพแวดล้อมจะต้องปราศจากวัตถุใดๆ ที่สะท้อนสัญญาณที่ส่งไปยังสายอากาศนั้นจึงได้ผลที่ไม่ผิดพลาด

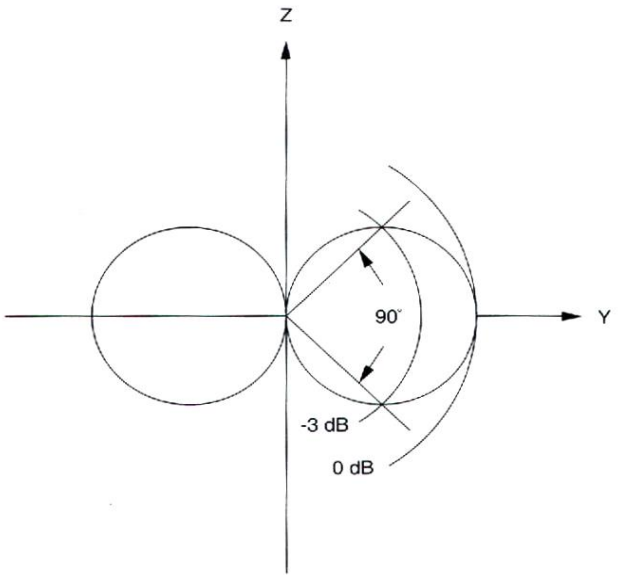
รูปที่ 3 แสดงแพทเทอร์การแผ่กระจายคลื่นทางด้าน E-plane ของไดโพลอุดมคติซึ่งแพทเทอร์นี้จะแสดงถึงทิศทางของไดโพลอุดมคติเพราะว่ามีการแพร่ที่ชัดเจนตามทิศทางที่แสดง ต่อมาเราจะพิจารณาแพทเทอร์ทางด้าน H-plane (แสดงดังรูปที่4) เป็นรูปแบบการแพร่ในระนาบหนึ่ง

Half-Power Beamwidth (HPBW) ของสายอากาศ จะเป็นมุมที่แบ่งแยก ของจุดต่างๆในบีมหลัก โดยคิดที่กำลังงานครึ่งหนึ่ง (-3dB) ของกำลังงานที่แพร่ออกตามทิศทางของกำลังงานสูงสุด

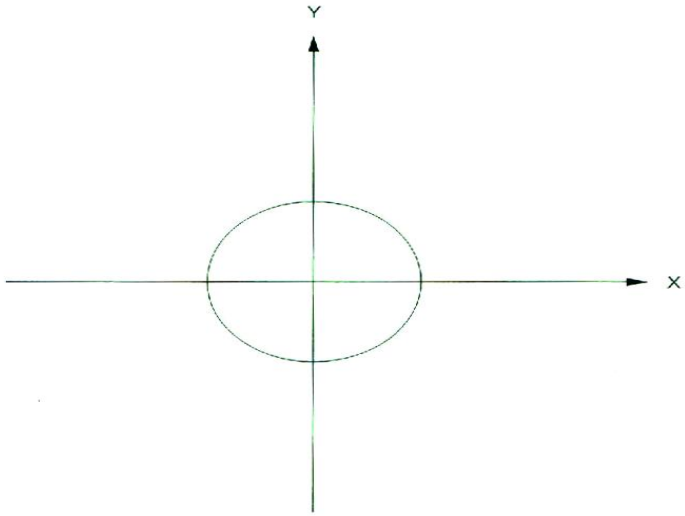
$$\text{HPBW} = \left|\theta_{\text{HPBW left}} - \theta_{\text{HPBW right}}\right|$$

ค่า HPBW ของไดโพลอุดมคติใน E-plan จะมีมุมเป็น 90 องศาซึ่งดูได้จากรูปที่ 3

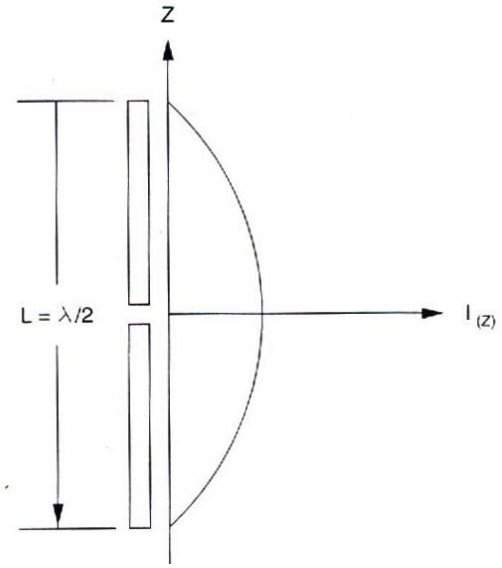
การฝึกสายอากาศไดโพลนี้มีความยาว L ซึ่งความยาวโดยทั่วไปมีค่า $\lambda/2$, λ และ$3\lambda/2$ และค่า λ คือค่าความยาวคลื่นสัญญาณ จะทำให้กระแสมีที่กระจายตามความยาวในไดโพลที่ $\lambda/2$ ซึ่งมีรูปร่างของสัญญาณไซน์ครึ่งหนึ่ง ดังแสดงรูป 5 โดยกระแสนี้จะมีค่าสูงสุดที่ ตำแหน่งกึ่งกลางและมีค่าเป็นศูนย์ที่จุดปลายสุด



รูปที่ 3 แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของไดโพลอุดมคติตามหลักทฤษฎี E-plan

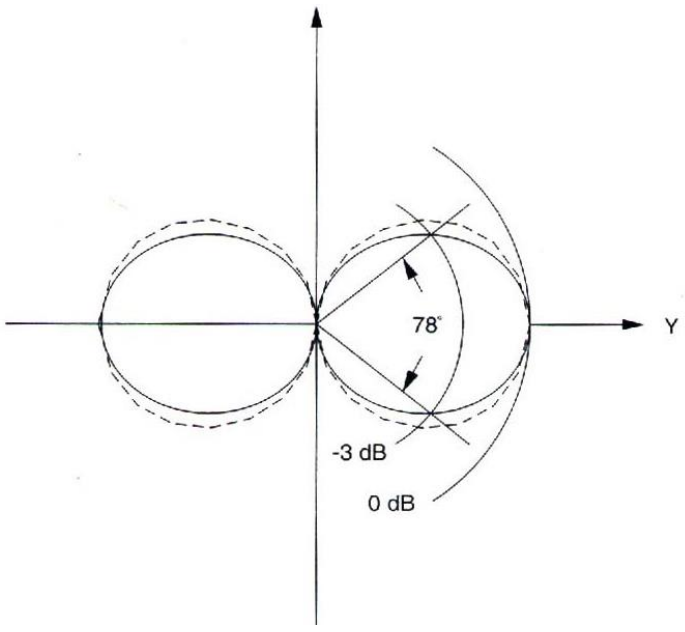


รูปที่ 4 แพทเทอร์นการแผ่คลื่นของไดโพลอุดมคติตามหลักทฤษฎี H-plan



รูปที่ 5 ที่กระจายตามความยาวกระแสในไดโพล λ /2

ในรูปที่ 6 แสดงแพทเทอร์นการแผ่คลื่น ของไดโพล λ /2 แบบ E–Plane ชนิดคู่ ของไดโพลอุดมคติ โดยไดโพล λ /2 มี HPBW 78 องศา ใน E-plane ซึ่งจะมีผลให้มุมแคบกว่าลักษณะของไดโพลอุดมคติ ส่วนการแพร่ของ H-plane สำหรับไดโพล λ /2 มีลักษณะเป็นวงกลมดังรูปที่ 4

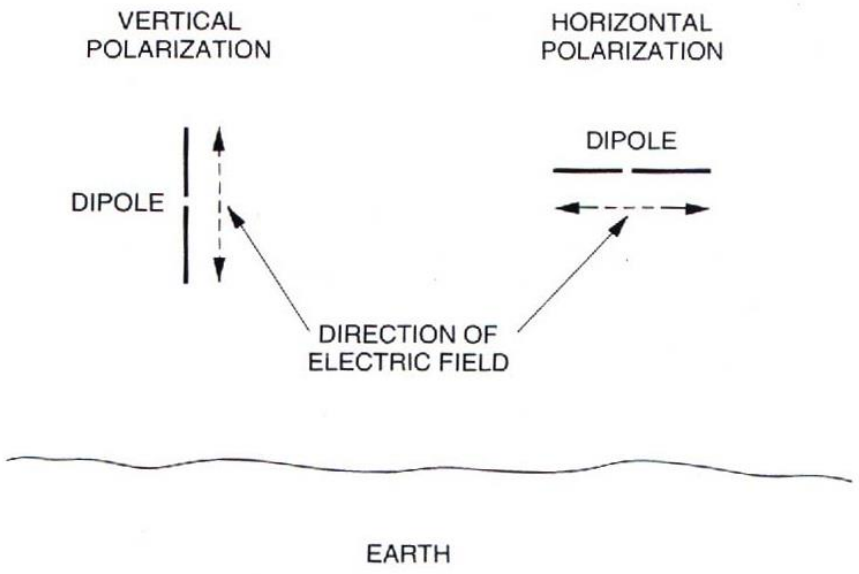


รูปที่ 6 แพทเทอร์นการแผ่คลื่น E-plane ไดโพล λ /2 (solid line) และไดโพลอุดมคติ (dotted line)

POLARIZATION ของสายอากาศ

โพลาไรเซชั่นของสายอากาศอธิบายได้.การส่งคลื่นจากสายอากาศตามทิศทางประกอบด้วยสนามไฟฟ้าและคลื่นแม่เหล็กโดยอยู่ในระยะขอบเขตความแม่นยำนี้สามารถอธิบายได้จากความเข้มสนามสูงสุดส่วนมากสายอากาศจะมีการจัดโพลาไรซ์เป็นเชิงเส้นคือในขณะรอบหนึ่งๆระยะห่างของเวกเตอร์สนามไฟฟ้ามีลักษณะเป็นเส้นต่อเนื่องในพื้นที่ว่าง คือสายอากาศจะกล่าวแยกเป็นโพลาไรซ์ทางแนวตั้งหรือโพลาไรซ์ทางแนวนอน เหล่านี้เป็นการโพลาไรซ์ที่จัดได้ในลักษณะวงกลมหรือรูปไข่และจะได้ฝึกหัดในช่วงต่อไป

โพลาไรซ์เซชั่นของสายอากาศสามารอ้างอิงได้จากรูปแบบทางเรขาคณิตโดยอยู่ในส่วนของสายอากาศแบบขดลวดที่มีลักษณะการจัดเป็น 1 องค์ประกอบหรือหลายๆองค์ประกอบมาวางขนานกัน (ไดโพลและยากิเป็นต้น) ซึ่งสนามไฟฟ้าถูกจัดโพลาไรซ์เป็นเชิงเส้นและขนานไปกับองค์ประกอบที่ต่อของสายอากาศ ส่วนสายอากาศชนิดอื่นๆการนำเรขาคณิตมาแทนโพลาไรซ์เป็นเชิงเส้นนั้นยังคงคลุมเครืออยู่เช่นสายอากาศแบบฮอร์น ลูปและสลิต



รูปที่ 7 โพลาไรเซชั่นของสายอากาศไดโพล

ลำดับต่อไปการรับสัญญาณปริมาณสูงสุดที่เป็นไปได้ของสายอากาศรับนับเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องมีโพลาไรเพื่อนำสัญญาณเข้ามาและสามารถสูญเสียไปได้เนื่องจากการปรับแต่งโพลาไรซ์ (เช่นสัญญาณที่รับได้เป็นของโพลาไรซ์ทางแนวตั้งแต่สายอากาศที่ใช้มีการจัดโพลาไรซ์ทางแนวนอน)

สรุปขั้นตอนการทดลอง

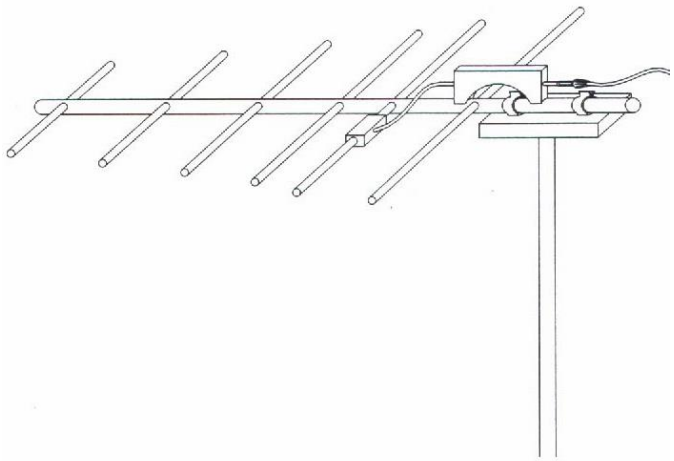
ในการทดลองจะได้ เซ็ทอั้พ ไดโพล $\lambda/2$ที่ 1GHz และวัดแพทเทอร์นการแผ่คลื่นใน E-plane ,H-plane และจะได้เข้าใจถึงหลักการโพลาไรซ์ของสายอากาศไดโพลและยากิ และสามารถคำนวณค่า HALF POWER BEAM WIDTH ของสายอากาศไดโพล $\lambda/2$ ด้วยโปรแกรม LVDAM-ANT

12.3. ขั้นตอนการทดลอง

การติดตั้งอุปกรณ์

1.ส่วนประกอบหลักๆของชุดฝึกสายอากาศและอุปกรณ์การวัดมีดังนี้มี Data Acquisition Interface / Power Supply , RF Generator , Antenna Positioner และคอมพิวเตอร์ซึ่งจะต้องจัดวางให้เหมาะสมก่อนเริ่มฝึกทดลอง (อ้างถึงส่วนที่ 4) ใน Familiarization Guide เป็นการนำเข้าสู่การจัดการวางของชุดฝึกสายอากาศและระบบการวัดซึ่งจะขาดไม่ได้เด็ดขาด

2. ทำการวางเสาสายอากาศแบบยากิ (Yagi) เข้ากับเสาแบบยึดอุปกรณ์ในแนวนอนในการติดตั้งตัวส่งสัญญาณและทำการปรับตำแหน่งสายอากาศแบบยากิ ไปในทิศทางแนวนอน (Horizontally polarized) ของตัวส่งสัญญาณ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การจัดรูปแบบสายอากาศยากิโดยมีโพลาไรซ์แนวนอน

ติดตั้งเคเบิ้ล SWA ขนาดยาว เข้ากับเอาท์พุทของ RF GENERATOR ที่ OSCILLATOR (ความถี่1GHz) และต่อปลายสายเคเบิ้ล SWA อีกด้านหนึ่งเข้ากับสายอากาศยากิ (Yagi)

3. ใช้สมการที่ให้คำนวณหาความยาวคลื่นของไดโพล $\lambda/2$ ที่ความถี่ 1GHz

*** หมายเหตุ** ความถี่ในการส่งของ RF Gen=915 MHz

$$\lambda = C/F$$

ค่า c = ความเร็วแสง

ค่า f = ความถี่การส่ง

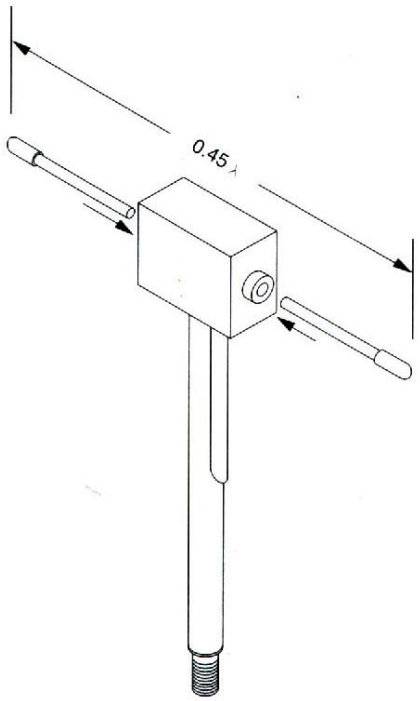
λ = ... m

จะได้ $\lambda/2$ = ... เมตร

ค่าความยาวสายอากาศจะมีค่าถูกต้องได้จะเกี่ยวข้องกับอัตราส่วนความยาวสายของตัวนำกับเส้นผ่าศูนย์กลางตัวนำ และ ผลกระทบปลายสาย (ผลกระทบของโหลดที่ปลายลวด) และอิมพิแดนซ์ที่มีตรงกับผลการคำนวณ จากการแสดงของตัวบาลันที่พิจารณาเป็นลำดับแล้ว ความยาวสายอากาศที่ได้จึงมีขนาดเล็ก ซึ่งในการคำนวณนี้ค่าความยาวที่ 0.45λ ค่อนข้างมากกว่า ความยาว 0.5λ ซึ่งถือว่ามีความยาวใกล้เคียงกัน

0.45 λ = ... เมตร

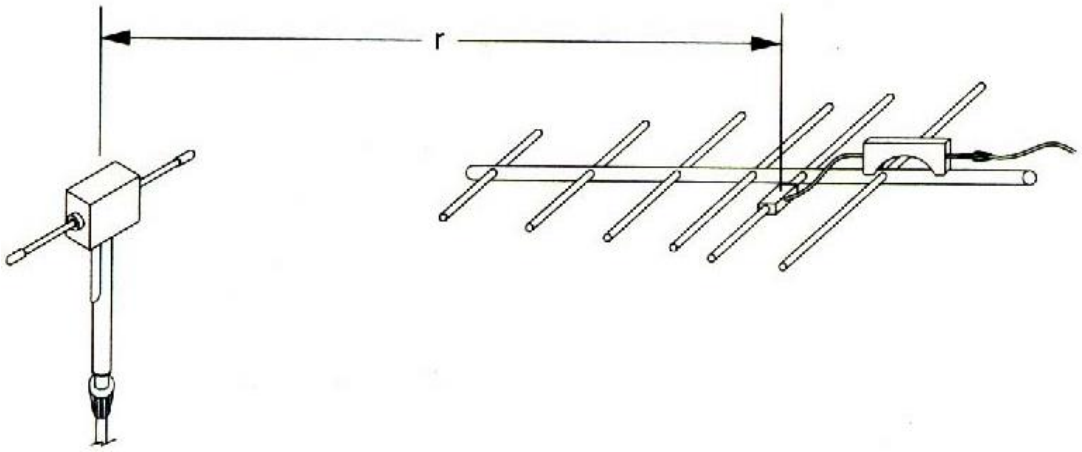
4. นำผลคำนวณที่ได้อ้างอิงนี้ทำการเลือกขนาดของสายอากาศที่เหมาะสมเป็นคู่คือชนิดไดโพล $\lambda/2$ จากนั้นทำการปรับความยาวให้ได้ผลที่คำนวณหลังสุดดังรูป 9



รูปที่ 9 ส่วนประกอบไดโพล $\lambda/2$

5. การติดตั้งสายอากาศตัวรับสัญญาณ ให้ทำการต่อสายอากาศแบบไดโพล $\lambda/2$ เข้ากับเสายึดติดอากาศแบบแนวตั้ง (Vertical Clips) และติดตั้งเสาอากาศบนตัวเลื่อน (Sliding Support) ที่

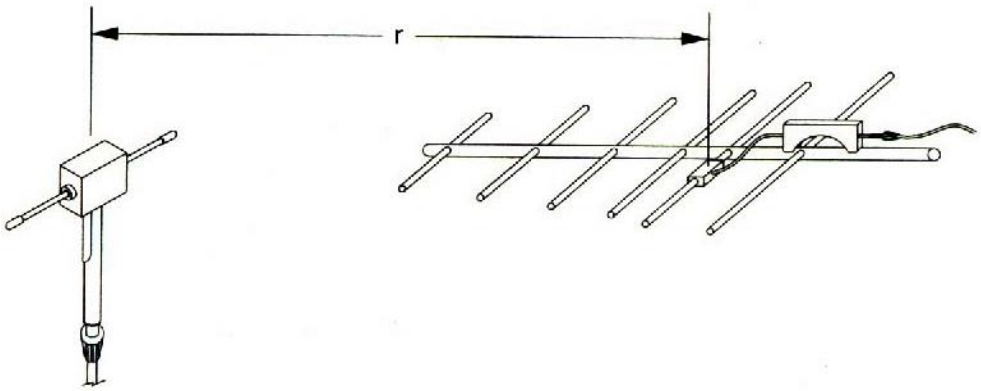
Antenna Positioner และทำการจัดวางสายอากาศตัวรับตามแนวนอน (Horizontally Polarized) และการใช้เลื่อนตัวสไลด์ (Sliding Support) ให้ตรงกับแนวกึ่งกลางของการหมุน Antenna Positioner ให้ตรวจสอบความถูกต้องดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การจัดสายอากาศรับโดยจัดโพลาไรซ์แนวนอน

ให้นักศึกษาติดตั้งตัวลดทอนสัญญาณขนาด 10dB เข้ายังอินพุต RF ที่อยู่บนจุดปลายสุดของ Antenna Positioner. จากนั้นให้ต่อปลายสาย สายเคเบิ้ล SMA ขนาดสั้นด้านหนึ่งเข้ากับสายอากาศไดโพลและปลายอีกด้านหนึ่งเข้ากับตัวลดทอน 10dB

6. พิจารณาจากรูปที่ 11 ระยะห่างระหว่างตำแหน่งของสายอากาศ เป็น r = 1 เมตร. และทำการปรับตำแหน่งความสูงให้มีขนาดเท่ากันและหันทิศทางเข้าหากัน



รูปที่ 11 ระยะห่าง r ระหว่างสายอากาศ

7. ทำการปรับตามลำดับดังนี้

7.1 ที่ RF Generator

ปรับโหมดออสซิลเลเตอร์ ความถี่ 1 GHz ที่.....1 KHz

ตำแหน่งการทำงานของRF power ความถี่ออสซิลเลเตอร์ 1 GHz ที่..... OFF

ตำแหน่งการทำงานของRF power ความถี่ออสซิลเลเตอร์10 GHz ที่.....OFF

7.2 เปิดสวิตช์กำลังให้ RF Generator และ แหล่งจ่ายไฟ

7.3 เปิดคอมพิวเตอร์และรันโปรแกรม LVDAM-ANT

แพทเทอร์นการแผ่คลื่นในการรับคลื่นและการโพลาไรซ์

1. ให้กดสวิตย์ On การทำงานของ RF POWER ที่ความถี่ 1 GHz ของ RF Generator ใช้การลดทอนที่ Software ปรับความเหมาะสมในการรับคลื่นที่แพร่เข้ามา (ดูส่วนที่ 4 ใน Familiarization Guide)

2. เริ่มต้นการรับคลื่น

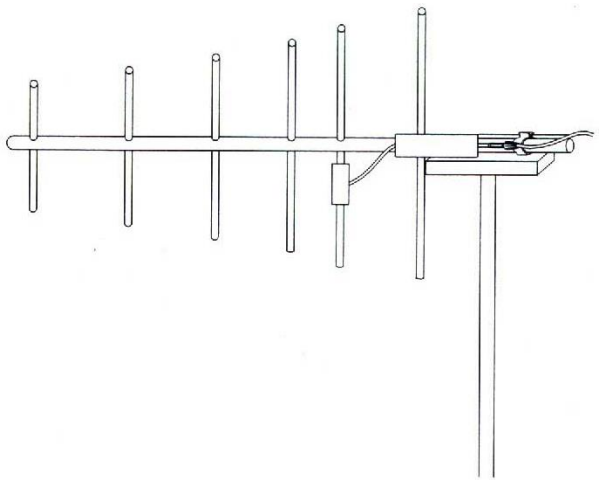
2.1 เมื่อทำการรับคลื่นได้สมบูรณ์ให้ปิด RF POWER ของ RF Generator

2.2 เก็บข้อมูลแพทเทอร์นของการแผ่คลื่นลงในระนาบ E plane ในสายอากาศที่ 1 โดยมีกล่องข้อมูลสำหรับลงรายละเอียดแพทเทอร์น

2.3 ปรับแพทเทอร์นของสายอากาศโดยให้ MSP (Maximum Signal Position) ที่ตำแหน่ง 0 องศาของไดอะแกรม

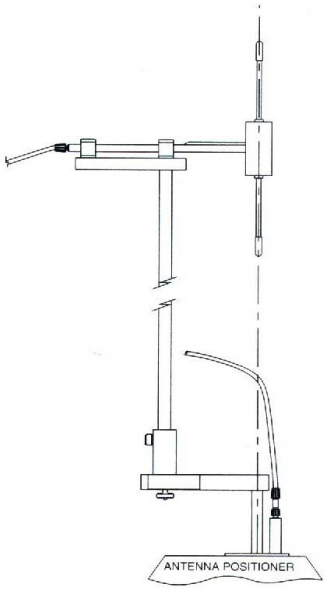
3. ให้ปรับแต่งตำแหน่งสายอากาศตัวส่งสัญญาณโดยการหมุนสายอากาศตัวส่งให้ตั้งฉากดังรูปที่ 12 และยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงการจัดวางของสายอากาศตัวรับ

หมายเหตุ จำไว้ว่าคอนเน็คเตอร์ควรต่อให้หลวมก่อนจะหมุนสายอากาศ โดยเมื่อปรับไปตำแหน่งที่ถูกต้องแล้วจึงค่อยปรับให้แน่นเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียกำลังงาน



รูปที่ 12 การหมุน ของสายอากาศการส่ง

ให้ทำการบันทึกแพทเทอร์นในระดับการลดทอนเดียวกันกับครั้งแรกที่กำหนด.และเริ่มต้นการรับคลื่นใหม่ และเก็บข้อมูลแพทเทอร์นลงในระนาบ E plane ของสายอากาศที่ 2



รูปที่ 13 การติดตั้งไดโพล

4. ให้เปลี่ยนการจัดวางสายอากาศตัวรับสัญญาณแบบไดโพลโดยการเปลี่ยนเสาที่ยึดติดสายอากาศเป็นเสาที่ยึดอุปกรณ์แบบแนวนอน (Horizontal Clip).จากนั้นติดตั้งสายอากาศไดโพล $\lambda/2$. ดังรูป 13 ให้ใช้เคเบิ้ล SMA ขนาดความยาวขนาดกลางต่อระหว่างสายอากาศไปยังตัวลดทอนที่อยู่ปลายสุด ของ Antenna Positioner

หมายเหตุ เงื่อนไขของการวางตำแหน่งสายเคเบิ้ลของการรับและอาจจะรวมในส่วนของสายเคเบิ้ลของการส่งด้วย ในการหลีกเลี่ยงการผิดเพี้ยนของการพล็อตแพทเทอร์นในการแผ่คลื่นสัญญาณ ท่านควรจะวัดระยะสูงระหว่างอุปกรณ์ detector ที่จะต่อรวมกับสายอากาศตัวรับหรืออุปกรณ์ detector ของ RF Generator กับสายอากาศตัวส่งโดยพยายามให้สัมพันธ์กับความสั้นยาวของสายเคเบิ้ลที่จะใช้ต่อร่วมระหว่างอุปกรณ์ detector กับสายอากาศเพื่อให้มั่นใจถึงความสมมาตรที่ดี พยายามตั้งเคเบิ้ลให้ในแนวเดียวกับเสาและตัว detector ให้อยู่ด้านในอย่าอ้อมเสาดังรูปที่ 14 แสดงการติดตั้งที่ถูกต้องของเคเบิ้ล สิ่งนี้จึงเป็นที่ยอมรับและเชื่อถือได้ของการแพร่แพทเทอร์น

5. ให้ใช้ระดับการลดทอนเดียวกันปฏิบัติการรับคลื่นและเก็บข้อมูลแพทเทอร์นในระนาบ H Plane ของสายอากาศ 1. และให้ปรับรูปแพทเทอร์นให้อยู่ในตำแหน่ง MSP ที่ 0 องศา

6. ให้สังเกตการแผ่คลื่นสัญญาณแพทเทอร์นทั้ง 3 แพทเทอร์น ถามว่าท่านคาดหวังผลลัพธ์ของการรับคลื่น ครั้งที่ 2 นี้หรือไม่จงอธิบาย

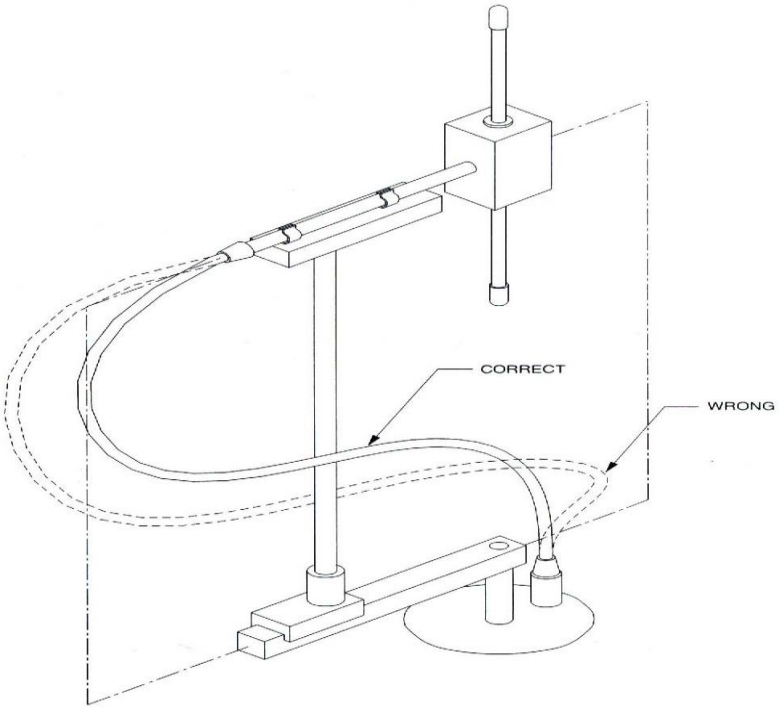
.....

.....

7. ให้พิจารณาขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 5 โดยให้มีการจัดตำแหน่งสายอากาศตัวส่งและสายอากาศตัวรับด้วยโพลาไรซ์แนวนอน (Horizontal polarization) และให้ตำแหน่งสายอากาศมีระยะห่างของ

r = 1.25 m โดยหันทิศทางเข้าหากัน

ห้ามเปลี่ยน ระดับการลดทอน และการปรับสภาพที่จัดไว้รอบๆสายอากาศ ซึ่งจะต้อง เหมือนกับการทำครั้งแรก. แพทเทอร์นการแผ่คลื่นที่ได้รับเป็นของไดโพลระนาบ E และเก็บค่านี้ไว้ในกล่องข้อมูลสายอากาศที่3 ตามทฤษฎีหากไม่คิดถึงขนาดรูปร่างที่ได้รับ กับการสูญเสียเพาเวอร์ไดอะแกรมนี้ควรมีลักษณะรูปร่าง เหมือนครั้งแรก หากไม่เหมือนต้องพยายามหาสิ่งที่มีผลการสะท้อนเกิดขึ้นและเป็นไปได้ต้องป้องกันสิ่งเหล่านี้ในครั้งต่อๆ ไปและแพทเทอร์นเก่าๆ ควรเก็บไว้ในกล่องข้อมูลสายอากาศ 3



รูปที่ 14 ความกว้างลำคลื่นที่กำลังครึ่งหนึ่ง (HALF POWER BEAMWIDTH)

8. ให้คลิ๊กที่ปุ่ม (Cursors button) เคอร์เซอร์บนเมนู Bar จะปรากฏ เคอร์เซอร์จำนวน 2 เคอร์เซอร์ ซึ่งแต่ละเคอร์เซอร์จะอยู่ที่ตำแหน่ง 0องศา ซึ่งค่าตัวเลขจะถูกแสดงด้านขวามือของหน้าจอ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเคอร์เซอร์ เป็นการแสดงระดับกำลังทั่ง 2 ระดับ (มีหน่วยเป็น dB) โดยที่

ค่าสูงสุดของบีมหลัก (มีหน่วย dB) และที่ปุ่มด้านขวาของ window จะแสดงทิศทางของ Cursor และความแตกต่างระหว่างทิศทาง (มีหน่วยเป็น degree) ให้เลือกเคอร์เซอร์ ที่เป็นสีเขียว เสร็จแล้วให้เคลื่อนเคอร์เซอร์ไปรอบๆ window และทำการเปลี่ยนเป็นเคอร์เซอร์ที่สอง จะมีความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดของแพทเทอร์น และทิศทางของแพทเทอร์น

9. ใช้เคอร์เซอร์ทั้ง 2 เคอร์เซอร์ หามุมที่ระดับเพาเวอร์ของบีมหลักที่ลดลงไปครึ่งหนึ่งบนแพทเทอร์น ระนาบ E Plane ของข้อมูลสายอากาศ ที่ 1

หมายเหตุ จงจำไว้ว่าเมื่อกำลังลดลงไปครึ่งหนึ่งคือมีค่าเท่ากับการลดทอนที่ 3 dB : 10 log0.5= -3dB

หมายเหตุ เมื่อมีการเลื่อนเคอร์เซอร์ค่ากำลัง (dB) จะลดลงตามการเลื่อนให้นักศึกษาทำการเลื่อนเคอร์เซอร์สีน้ำเงินไปที่ตำแหน่ง 3dB หรือ 10 log 0.5 = - 3dB ทางด้านซ้ายมือของแพทเทอร์น E Plane ซึ่ง ณ ตำแหน่งที่ -3 dB จะได้ค่ามุมของ $\theta_{HPBW\ Left}$ และเมื่อเลื่อนเคอร์เซอร์สีเขียวไปที่ตำแหน่ง -3dB ด้านขวามือของแพทเทอร์น E Planeซึ่ง ณ ตำแหน่งที่ -3 dB จะได้ค่ามุมของ $\theta_{HPBW\ Right}$และให้แทนค่ามุม $\theta_{HPBW\ Left}$ และ $\theta_{HPBW\ Right}$ ลงในสมการข้างล่างนี้ใช้สมการที่มีคำนวณ HPBW ของ E-planeของสายอากาศไดโพล $\lambda/2$

บันทึก หากจุดทางซ้ายและขวาของHPBW อยู่บนตำแหน่งแต่ละด้านของมุม 0 องศาท่านควรบวก 360 องศาเข้าไปเป็น HPBW RIGHT ในสมการดัง

$$HPBW = \left| \varnothing_{HPBWleft} - \varnothing_{HPBWright} \right|$$

$HPBW_E$ = ... องศา

10. ทำซ้ำข้อ 9 ด้วยแพทเทอร์นการแผ่คลื่นของกล่องข้อมูลที่3

$HPBW_E$ = ... องศา

11. ปิดเคอร์เซอร์ที่เลือก (กลับสู่การแสดงผลเริ่มต้น) เปรียบเทียบผลค่าคำตอบของค่าที่ให้จาก LVDAM-ANT (ท่านจะหาค่า HPBW ของแต่ละสายอากาศในคอลัมน์ที่ 3 ของการแสดงผลหลักนี้) หากผลไม่ตรงกันกับมุมที่ได้มา ให้ทำซ้ำตามขั้นปฏิบัติใหม่ และคำนวณค่าใหม่

หมายเหตุ ตำแหน่งกำลังที่ครึ่งหนึ่งประมาณได้จาก LVDAM-ANT ซึ่งเป็นค่าจริงที่จุด-3dB. โดยให้ทำการเลือกเคอร์เซอร์จากโปรแกรมไปตำแหน่งแพทเทอร์นที่ต้องการหาค่าจากนั้น คลิ๊ก (Option) ออพชั่น Set Cursor at -3dB ตำแหน่งเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปยังตำแหน่งนั้นโดยอัตโนมัติ และในการฝึกหัดครั้งต่อ ๆ ไปท่านสามารถใช้คำสั่งดังกล่าวหาค่านี้ได้อย่างรวดเร็ว โดยเป็นค่าประมาณของ half-power beamwidth และสามารถปรับให้เป็นค่าที่แม่นยำขึ้นได้อีกหากจำเป็น

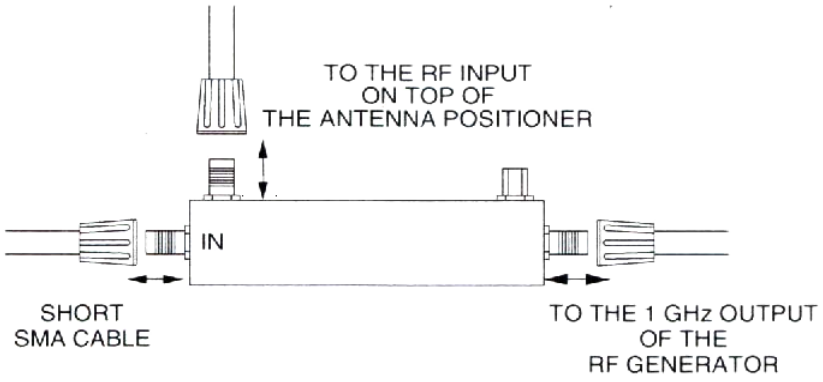
12. เก็บข้อมูลสายอากาศ 1 และ 3 ด้วยการพิมพ์ผลที่ได้ ผลการพิมพ์จะแสดงแพทเทอร์นการแผ่คลื่นของข้อมูลทั้งสองนี้จากที่แสดงผลหลัก

การทดลองจากอุปกรณ์เพิ่มเติม

การทดลองต่อไปจะใช้ตัว directional Coupler ที่ความถี่ 1GHz ร่วมการทดลอง

หมายเหตุ แต่ก่อนประสิทธิภาพของไดโพล $\lambda/2$ ได้พัฒนาโดยความยาวของสายอากาศที่สามารถเลื่อนให้สั้นลงได้แต่ในการทดลองนี้ทำด้วยการจัดความต้านทานสายให้แมทช์กับสายส่ง การใช้ SWR (Standing-Wave Ratio) จะทำให้ จัดการแมทช์ความต้านทานระหว่างสายอากาศไดโพลและสายส่งได้ ซึ่งสามารถใช้ได้กับความยาวที่เพิ่มเป็น 0.5 λ และ 0.45 λ

13. ใช้สายเคเบิ้ล SMA ขนาดกลาง ต่อระหว่างเอาต์พุตที่สองของตัว directional Coupler กับตัวลดทอน 10dB โดยตัวลดทอนนี้ยังคงอยู่ด้านอินพุต RF บนสุดของ Antenna Positioner ทำการต่อเอาต์พุตอันแรกเข้ายังเอาต์พุตของ RF Generator โดยใช้สายเคเบิ้ล SMA สุดท้ายทำการ ต่อสายเคเบิ้ล SMA สั้นเป็นอินพุตของสายเอง รูปที่ 15 แสดงรูปที่ถูกต้องการต่อ

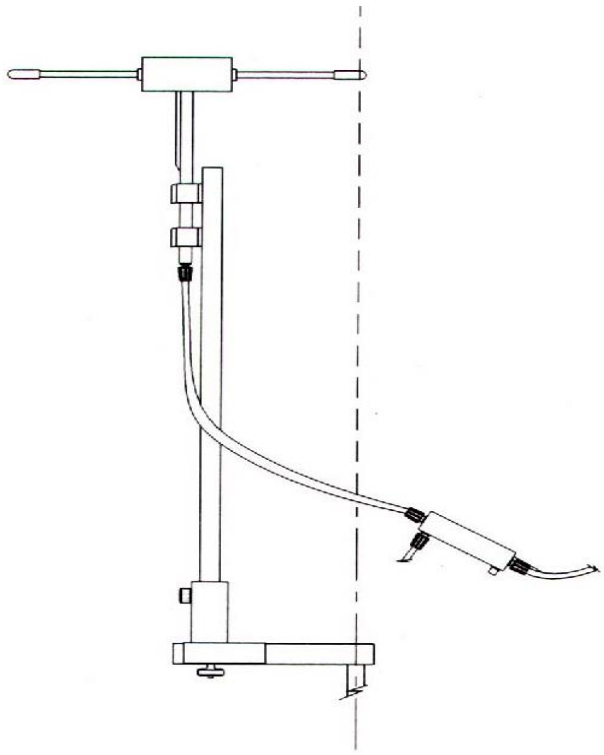


รูปที่ 15 การต่อตัวคับเปิ้ลทิศทาง

14. กำหนดค่าความถี่ 1GHz ของ RF Power และเปิดให้ทำงาน.ควบคุมการลดทอนให้อยู่ที่ 10 dBและบันทึกค่าสัญญาณที่รับได้

P_1 = _____dB

15. ปรับความยาวของไดโพลเป็น 0.5λ แล้วยึดเข้ากับเสาสายอากาศแบบแนวตั้ง (Vertical clips) และต่อไดโพล $\lambda/2$ ที่ปลายสายของเคเบิ้ลสั้น ดังรูปที่ 16 แสดงการติดตั้ง



รูปที่ 16 แสดงการต่อสายอากาศเข้ากับตัวคับเปิ้ลทิศทาง

หมายเหตุ สายอากาศที่ติดตั้งอยู่กับเสาคงที่แล้วต้องไม่มีสิ่งใดๆ ที่สามารถทำให้เกิดการสะท้อนกลับซึ่งสามารถเกิดได้ทางซ้ายของโต๊ะขณะทำการวัด

16. บันทึกระดับสัญญาณใหม่ขณะไม่มีการปรับตัวลดทอน

P_2 =_____dB

17. ใช้สมการที่ให้คำนวณ SWR ของสายอากาศ

$$X_{dB} = 10\log P_1 - 10\log P_2 = P_1(dB) - P_2(dB)$$

X = _____dB

จากที่ได้รู้ $X = -20\log|\Gamma|$

ท่านสามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แรงดันสะท้อนกลับ

$$\Gamma = 10^{-X/20} = ...$$

ดังนั้นจะได้

$$SWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma} = _____$$

18. ปรับความยาวสายไดโพลเป็น 0.45 และใช้ระดับการลดทอนเดียวกันทำการบันทึกระดับสัญญาณที่ได้

P_2 =_____dB

หาค่า SWR ของสายอากาศ

X = _____

Γ =_____

SWR = _____

19. จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าการแมทช์ที่สมบูรณ์อยู่ที่ SWR =1 ซึ่งสายอากาศไดโพลจะให้การแมทช์กับสายส่ง 50 โอห์ม

20. ทำการบันทึกให้แน่นอนถึงแพทเทอร์นการแผ่คลื่นเพื่อนำไปใช้ในโอกาสต่อไปเมื่อออกจากโปรแกรม LVDAM-ANT จากนั้นปิดสวิตช์เพาเวอร์ทั้งคอมพิวเตอร์และถอดชิ้นส่วนต่างๆเก็บลงในกล่องชุดฝึก

12.4. สรุปผลการทดลอง

การทดลองทำให้ท่านสามารถคำนวณความยาวสายอากาศไดโพลโดยใช้ความถี่ของสัญญาณการส่งท่านรู้ถึงการโพลาไรซ์ทั้งแนวตั้งและแนวนอนของสายอากาศยากิ (Yagi) และไดโพล (Dipole) และท่านสามารถพล็อตแพทเทอร์นการแผ่คลื่นไดโพลแบบ λ/2 ทั้งระนาบ E และระนาบ H และได้ทราบการปฏิบัติทางรูปร่างของแพทเทอร์สายกาศจากสัญญาณทางตรงโดยไม่คิดผลกระทบ.สุดท้ายได้เรียนรู้การใช้แพทเทอร์นกำลังของสายอากาศเพื่อประมาณค่าช่วงกว้างลำคลื่นที่กำลังครึ่งหนึ่ง (HPBW)

12.5. คำถามท้ายการทดลอง

1. จุดประสงค์ของสายอากาศคืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

2. ไอโซทรอบปิค ซอร์ส คืออะไรและใช้ประโยชน์อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

3. แพทเทอร์นการแผ่คลื่นคืออะไรให้อธิบายความแตกต่างระหว่างแพทเทอร์การแพร่ของการรับกับการส่งของสายอากาศ

.....

.....

.....

.....

.....

4. อธิบายสายอากาศไดโพล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. โพลาไร์เซชั่นของสายอากาศหมายถึงอะไร สายอากาศไดโพลมีถูกจัดโพลาไรซ์อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....