

ระบบการวัดคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศขนาดเล็ก

Measurement of the small antenna radiation system



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหม.....
เลขทะเบียน.....34025.....
วัน, เดือน, ปี- 1 ต.ค. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดๆ หรือด้วยวิธีการใดๆ หากมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบการวัดคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศขนาดเล็ก

Measurement of the small antenna radiation system

ชื่อนักศึกษา นายชูศักดิ์ ศรีรัตนกุล 40012009

นายสารัมภ์ โกวิทกุลไกร 40012034

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สถาพร พรหมวงศ์

อาจารย์พิชญ์ สุพรรณกุล

ภาควิชา เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา 2541

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้
ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์


ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรหมวงศ์)
กรรมการ
()
กรรมการ
()
กรรมการ
()
กรรมการ
()

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการวัดคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศขนาดเล็ก

โดย นายชูศักดิ์ ศรีรัตนกุล รหัส 40012009
นายสารัมภ์ โกวิทกุลไกร รหัส 40012034
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สถาพร พรหมวงศ์
อาจารย์พิชญ สุพรรณกุล
ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอ ระบบการวัดคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศขนาดเล็ก ซึ่งได้ทำการสร้างอุปกรณ์สำหรับการทดสอบสายอากาศขนาดเล็ก ที่มีย่านความถี่สูงโดยใช้ คอมพิวเตอร์ควบคุมการหมุนของมุมสายอากาศ อุปกรณ์ทดสอบสายอากาศนี้สามารถแก้ไขในเรื่อง ความแม่นยำในการวัดผลความผิดพลาดเกี่ยวกับการหมุนของมุม ลดความเสี่ยงในการใช้คนทดสอบ สายอากาศ เนื่องจากความถี่สูง นอกจากนี้ยังแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์ และสามารถพิมพ์ข้อมูลออก ทางเครื่องพิมพ์ได้ด้วย ชุดอุปกรณ์ดังกล่าวประกอบด้วย การ์ดอินเตอร์เฟส ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อ ระหว่าง เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายกับเครื่องคอมพิวเตอร์โปรแกรม ใช้ทำหน้าที่ในการควบคุมเครื่อง วิเคราะห์โครงข่าย และ แท่นหมุนสายอากาศ, เครื่องวิเคราะห์โครงข่าย ใช้ทำหน้าที่ในการวัดคุณสมบัติ ของสายอากาศ, เครื่องควบคุมการหมุน ทำหน้าที่ในการควบคุมการหมุนของ แท่นหมุน, แท่นหมุน ใช้ ทำหน้าที่ในการวางงานสายอากาศ และหมุนซึ่งไม่สามารถกระทำได้ด้วยคนเพราะอาจได้ผลการวัด ออกมาไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ยังได้แสดงการวัด และการวิเคราะห์ไว้ในปริญญานิพนธ์นี้ครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Measurement of the small antenna radiation system

BY Mr. Choosak Srirattanagool 40012009
 Mr. Sarum Kowitkoolkrai 40012034
ADVISER Arjan Sathaporn Promwong
 Arjan Pichaya Supanakoon
YEAR 1998

ABSTRACT

This paper presents the measurement of the small antenna radiation system which create instrument for testing of the small antenna which used for high frequency by computer. This instrument is used to control rotation of antenna that the result is rather correct. Moreover, it is safe to test the high frequency antenna, the result can be shown on the computer and printed through the printer. The instruments are included a interface card used to connect between a network analyzer and a computer, a program used to control a network analyzer and a turn table, a network analyzer used to measure antenna characteristic, a turn table driver used to control rotation of turn table and a turn table used to place the antenna and rotate which it can't measure by human because it is dangerous for human. This paper is completely show the result and analysis.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับความช่วยเหลือในการให้คำแนะนำและข้อมูลอย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์คือ อาจารย์สถาพร พรหมวงศ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและการสนับสนุนในการวิจัยมาด้วยดีตลอด อาจารย์พิชญ์ สุพรรณกุล, อาจารย์มนต์ชัย แซ่ม้อย และคุณพนารัตน์ ระวีวรรณ ที่ได้ช่วยเหลือในการให้คำปรึกษาต่าง ๆ จึงได้ขอขอบคุณไว้ ณ. ที่นี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ช่วยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุน ในด้านทุนทรัพย์ระหว่างทำโครงการมาโดยตลอด ขอขอบคุณรุ่นพี่ทุกคน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการชิ้นนี้



นายชูศักดิ์ ศรีรัตนกุล

นายสารัมภ์ โกวิทกุลไกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	V
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขั้นตอนการทำงานทั้งหมดประกอบด้วย	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ	2
1.5 รายละเอียดและขั้นตอนการทำปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ขอบข่ายของทฤษฎี	4
2.2 การอ้างอิงมาตรฐาน	5
2.3 การวัดรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ	5
2.3.1 กล่าวโดยทั่วไป	5
2.3.2 การคัทแพทเทิร์น	6
2.3.3 ลักษณะระยะของสายอากาศที่มีพารามิเตอร์	6
2.4 การออกแบบระยะสายอากาศ	6
2.4.1 กล่าวโดยทั่วไป	7
2.4.2 บรรทัดฐานของการออกแบบระยะของสายอากาศ	7
2.4.2.1 การพิจารณาการออกแบบระยะของสาย	7
อากาศ	
2.4.2.2 ผลจากมิกซ์วลคัปปลิง	7

2.4.2.3 ผลจากส่วนแหลมของขนาดด้านขวาง	8
ต่ออะเพอร์เจอร์	
2.4.2.4 ผลจากส่วนแหลมของขนาดด้านขวาง	8
ต่ออะเพอร์เจอร์	
2.4.2.5 ผลกระทบจากค่าเฟสที่เปลี่ยนแปลง ต่อ	8
อะเพอร์เจอร์	
2.4.3 การออกแบบระยะอิเลิเวชัน	9
2.4.3.1 ระยะพื้นราบ	9
2.4.3.2 ระยะพื้นผิวที่ไม่เรียบ	10
2.4.3.3 การประเมินค่าความผิดพลาดเนื่องจาก	10
การสะท้อน	
2.4.3.4 การใช้การหักเหและวิธีคลื่นตามยาวเพื่อ	11
เปลี่ยนแปลงพลังงานที่สะท้อน	
2.4.4 การออกแบบระยะสะท้อน	13
2.4.5 ระยะแบบต่าง ๆ	16
2.4.5.1 ระยะสแกนที่	16
2.4.5.2 ระยะคอมแพค	16
2.4.5.3 ระยะอิมเมจเพลน	18
2.4.5.4 อนเอชอยส์แชมเบอร์	18
2.5 เครื่องมือต่าง ๆที่ใช้ในการวัดระยะของสายอากาศ	19
2.5.1 กล่าวโดยทั่วไป	19
2.5.2 สายอากาศต้นกำเนิด	20
2.5.3 ระบบส่ง	21
2.5.4 ระบบการวัดสัญญาณ	23
2.5.5 ระยะปรับตำแหน่ง	27
2.5.5.1 ตัวปรับตำแหน่งสายอากาศ	27
2.5.5.2 ความผิดพลาดของตัวปรับตำแหน่ง	28
สายอากาศ	
2.5.6 เครื่องบันทึกแพทเทิร์นของสายอากาศ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 การใช้คอมพิวเตอร์ในการรับข้อมูล	33
2.6 การหาย่านของสายอากาศ	36
2.6.1 กล่าวโดยทั่วไป	36
2.6.2 การใช้โพรับวัดสนามไฟฟ้าระนาบทดสอบ	36
2.6.3 การวัดสนามที่เกิดขึ้นใกล้แกนระยะอิลิวชั่น	40
2.6.4 การวัดสนามที่เกิดขึ้นใกล้แกนบนระยะสะท้อนจากพื้นดิน	40
บทที่ 3 การออกแบบ	
3.1 การเชื่อมต่อการ์ด HP-IB	43
3.1.1 คำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมของการ์ด HP 82341C	43
3.1.2 การเซตอัพตำแหน่งหน่วยความจำ	44
3.2 การเขียนโปรแกรม	45
3.2.1 รายละเอียดการเริ่มต้นโปรแกรมไฟล์ formatio.c	45
3.2.2 รายละเอียดการเริ่มต้นโปรแกรมไฟล์ test.c	49
3.3 การสร้างเครื่อง TURN TABLE DRIVER	54
บทที่ 4 การออกแบบและผลการทดลอง	
4.1 การวัดคุณสมบัติของสายอากาศขนาดเล็ก	57
4.1.1 ขั้นตอนการทดลอง	58
4.2 บล็อกไดอะแกรมในการต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	58
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	67
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
- ซอสโค้ด (source code)	
- โครงสร้างของ turn table	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพ	หน้า
รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการทำปริญญานิพนธ์	2
รูปที่ 2.1 ระบบโคออดิเนตของสายอากาศมาตรฐาน	5
รูปที่ 2.2 การวัดแพทเทิร์นของสายอากาศ	9
รูปที่ 2.3 ระยะอิลิวท	10
รูปที่ 2.4 ลักษณะของแพทเทิร์นที่อาจเกิดขึ้น	11
รูปที่ 2.5 แสดงการวางสายอากาศส่งและสายอากาศรับ	12
รูปที่ 2.6 ลักษณะของแผ่นสะท้อนแบบพื้นปลา	13
รูปที่ 2.7 แสดงการเกิดคลื่นสะท้อนที่เกิดที่สายอากาศรับ	13
รูปที่ 2.8 ระยะของการสะท้อนที่เกิดจากมุมบรัสเตอร์	15
รูปที่ 2.9 ระยะสแลนท์	17
รูปที่ 2.10 ระยะการทดสอบสายอากาศแบบกะทัดรัด	18
รูปที่ 2.11 แสดงห้องทดสอบแบบสี่เหลี่ยมและแบบปิรามิด	20
รูปที่ 2.12 ระบบสำหรับการทดสอบสายอากาศ	22
รูปที่ 2.13 ระบบภาครับแบบเฮทโรไดน์แบบพื้นฐานใช้ดับเบิลคอนเวอร์ชัน และเฟสล็อก	25
รูปที่ 2.14 ระบบภาครับแบบคูอัลเซลเนลฮอลรดาย์นสำหรับเครื่องวัดเฟส	26
รูปที่ 2.15 แกนหมุนทั้งสองแกนของตัวปรับตำแหน่งของสายอากาศใช้โคออดิ เนตทรงกลม	27
รูปที่ 2.16 รูปแบบของตัวปรับตำแหน่งโดยสายอากาศโดยหาที่หมุนในแนว นอน	28
รูปที่ 2.17 แสดงการปรับแบบอะซิมูทบนมุมยกขึ้น และแบบปรับมุมบนมุม ยกอะซิมูท	30
รูปที่ 2.18 แสดงการปรับมุมแบบทาวเวอร์	30
รูปที่ 2.19 แสดงแพทเทิร์นสายอากาศแบบโพลาร์และแบบเรคแทนกูลาร์	34
รูปที่ 2.20 แสดงผลจากการวัดแพทเทิร์นแบบโพลาในสายอากาศ	35
รูปที่ 2.21 ผลจากการวัดซึ่งได้จากคอมพิวเตอร์	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.22 แสดงการติดตั้งโพรบ	38
รูปที่ 2.23 แพทเทิร์นแสดงเกี่ยวกับระยะทางการรบกวนจากคลื่นสะท้อน	39
รูปที่ 2.24 แสดงอัตราส่วนการสะท้อนระหว่างคลื่นตรงและคลื่นสะท้อน	41
รูปที่ 3.1 แสดงรูปการ์ด HP 82341C	43
รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งการเชื่อมต่อมาตรฐาน	44
รูปที่ 3.3 แสดงโพซารด์ของไฟล์ formatio.c	46
รูปที่ 3.4 แสดงโพซารด์ของไฟล์ test.c	48
รูปที่ 3.5 แสดงวงจร TURN TABLE DRIVER	55
รูปที่ 3.6 แสดงรายวงจรของเครื่อง TURN TABLE DRIVER	56
รูปที่ 4.1 แสดงเครื่อง NETWORK ANALYZER รุ่น 8510 C	57
รูปที่ 4.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมภาครับของการวัดการแพร่กระจาย คลื่นของสายอากาศ	59
รูปที่ 4.32 แสดงบล็อกไดอะแกรมภาคส่งของการวัดการแพร่กระจาย คลื่นของสายอากาศ	59
รูปที่ 4.4 แสดงการเชื่อมต่อสายเคเบิลของเครื่อง NETWORK ANALYZER และเครื่อง PARAMETER TEST SET	60
รูปที่ 4.5 แสดงการต่อการ์ด HP-IP กับเครื่องคอมพิวเตอร์	60
รูปที่ 4.6 แสดงสายอากาศปากแตรที่ถูกเชื่อมกับสายเวฟไกด์	61
รูปที่ 4.7 แสดงการต่อเครื่องมือเพื่อทดลองจริง	61
รูปที่ 4.8 แสดงผลการทดลองเป็นกราฟวงกลม	62
รูปที่ 4.9 แสดงผลการทดลองเป็นกราฟเส้นตรง	63
รูปที่ 4.10 แสดงกราฟเส้นตรงโดยใช้โปรแกรม EXCEL ที่ยังไม่ได้ normalize	63

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 การเซตอัปเดตตำแหน่งของคาร์ด	45
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลอง	63



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันสายอากาศความถี่สูงนั้นเข้ามามีบทบาท ในการพัฒนาการติดต่อสื่อสารคมนาคม อย่างมาก ทั้งสะดวกและรวดเร็ว โดยที่เราไม่ต้องเดินทาง ซึ่งส่วนประกอบของอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สายที่จะขาดไม่ได้เลยก็คือ สายอากาศ ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องรู้ถึงคุณสมบัติของสายอากาศ ก่อนที่เราจะเอาไปใช้งาน ว่าสายอากาศที่เราสร้างขึ้นมานั้นตอบสนองต่อความถี่ในย่านใด และในทิศทางใด ส่วนที่จะเป็นตัวบอกให้ทราบถึงคุณสมบัติ ของมันก็คือ การวัดแพทเทิร์นของสายอากาศเส้นนั้น แต่เนื่องจากเรามีทรัพยากรทางด้านความถี่ ข้อนี้น่าจะจำกัด ดังนั้น สายอากาศที่เราสร้างขึ้นมามีความถี่ที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้การวัดคุณสมบัติของสายอากาศนั้นยากขึ้น อีกทั้งเป็นอันตรายต่อมนุษย์เมื่อเราวัดในย่านความถี่สูง ๆ และมีกำลังส่งมาก ๆ อุปกรณ์ที่ใช้วัดจึงค่อนข้างจะหายาก

ในการศึกษาการนำไปใช้ของโครงการนี้เรา เราจะเน้นไปที่สายอากาศขนาดเล็กซึ่งเราจะได้รับค่าที่ได้ผ่านเครื่องวัด network analyzer 8510C ซึ่งสามารถวัดสายอากาศได้ในย่านความถี่ตั้งแต่ 45 MHz-20 GHz โดยเราจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์กำหนดความถี่ที่เราจะทำการวัด จากนั้นจะให้คอมพิวเตอร์ส่งคำสั่งไปยังเครื่อง network analyzer และแทนสายอากาศ จากนั้นเราจะนำมาแสดงผลที่คอมพิวเตอร์

1.1 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

- เพื่อศึกษาวิธีการวัดและทดสอบสายอากาศขนาดเล็ก
- เพื่อสามารถวัดและทำการทดสอบคุณสมบัติพร้อมทั้งสามารถเก็บข้อมูลเพื่อที่จะสะดวกในการนำมาแสดงผล

1.2 ขั้นตอนการทำงานทั้งหมดประกอบด้วย

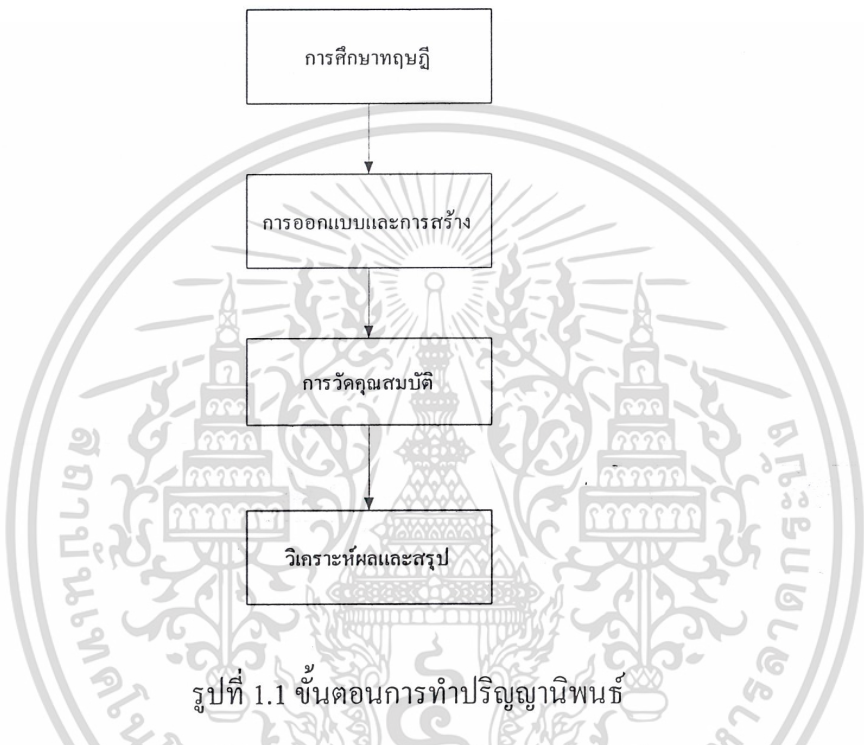
แทนหมุนจะหมุนทีละองศา ในขณะที่เสาที่ทำการทดสอบส่งค่าที่รับมาได้มาให้แก่เครื่อง network analyzer ซึ่งเครื่อง network analyzer จะทำการเก็บค่าข้อมูลที่รับได้ลงไปไว้ในไฟล์ที่กำหนดไว้ จนครบ 360 ค่า (สแต็ปละ 1 องศา) เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการอ่านค่าข้อมูลทั้ง 360 ค่าที่เก็บไว้ในไฟล์ออกมาเพื่อทำการพล็อตกราฟในลักษณะที่ต้องการ 2 แบบ ได้แก่

- แบบกราฟวงกลม
- แบบกราฟเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

- ทำแทนสำหรับหมุนสายอากาศ โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมให้หมุนไปที่ละสแต๊ป
- ทำการวัดและบันทึกข้อมูลโดยผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์
- แสดงผลโดยคอมพิวเตอร์ โดยแสดงผลเป็นกราฟเส้นตรง และกราฟวงกลม



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการทำปริญญานิพนธ์

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

- สามารถใช้เครื่อง network analyzer 8510C เพื่อวัดคุณสมบัติของสายอากาศขนาดเล็ก
- สามารถใช้ชุดคำสั่งของเครื่อง network analyzer 8510C เพื่อสั่งให้เครื่องทำงานตามคำสั่ง

1.5 รายละเอียดและขั้นตอนการทำปริญญานิพนธ์

ในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ได้มีการศึกษาวางแผน และทำงานตามขั้นตอนการทำงาน ดังรูปที่ 1.1 การศึกษาทฤษฎี จะอยู่ในบทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่าง ๆ ที่ควรรู้ และใช้ประกอบในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ซึ่งจะประกอบไปด้วย ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับวิศวกรรมสายอากาศการออกแบบและการสร้าง จะอยู่ในบทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบ การวัดคุณสมบัติ จะอยู่ในบทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการ

และการสร้าง จะอยู่ในบทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบ การวัดคุณสมบัติ จะอยู่ในบทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการวัด และผลการวัดคุณสมบัติของสายอากาศวิเคราะห์และสรุป จะอยู่ในบทที่ 5 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการวัด และสรุปของผลการวัดคุณสมบัติของสายอากาศขนาดเล็ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา³และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ขอบข่ายของทฤษฎี

ในมาตรฐานกล่าวว่า สายอากาศที่จะนำมาทดสอบนั้นเป็นอุปกรณ์ประเภทพาสซีฟ, ลิเนียร์ และรีซีปรีคอล ดังนั้นการแพร่กระจายของสายอากาศที่วัดได้นั้นจะมีคุณสมบัติเหมือนกันหมดด้านรับและด้านส่ง ซึ่งในการทดสอบนี้สามารถนำมาใช้กับอุปกรณ์ที่ไม่ลิเนียร์และไม่เป็นรีซีปรีคอล ซึ่งในพวคนี้อาจมีคุณสมบัติของระบบสายอากาศทางด้านรับและด้านส่งจะแตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการทดสอบจะต้องกำหนดให้แน่นอนว่าถูกออกแบบมาว่าจะใช้ในรูปแบบใด

คุณสมบัติพื้นฐานของสายอากาศคือรูปแบบของการแพร่กระจายคลื่น ซึ่งการวัดรูปแบบของการแพร่กระจายคลื่นกับขนาดของคลื่น และการออกแบบระยะทางของสายอากาศหรือการทดสอบสายอากาศจะถูกอธิบายต่อไป

ลักษณะสภาพแวดล้อมที่สายอากาศทำการติดตั้งอยู่จะทำให้รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นต่างกันไป ในทิศทางการแพร่กระจายคลื่น จะถูกแสดงโดยขนาด, เฟส และโพลาไรเซชัน

ข้อมูลของความสัมพันธ์อาจจะถูกเปลี่ยนไปเป็นค่าความเข้มสัมบูรณ์ผ่านข้อมูลที่ได้รับมาจากการวัดแกนของสายอากาศ การตัดดินค่าเกณฑ์และไดเรกทิวิตี

พลังงานที่ถ่ายมาจากเครื่องกำเนิดไปยังสายอากาศจะถูกควบคุมโดยค่าอิมพีแดนซ์ ซึ่งค่าอิมพีแดนซ์ นี้จะถูกใช้ในวงจรจำกัดค่าแบนวิดธ์ของสายอากาศ

สายอากาศแบบที่วางบนพื้นเพื่อรับสัญญาณ ในกรณีนี้พื้นดินจะถูกพิจารณาเป็นส่วนหนึ่งของสายอากาศด้วย

สายอากาศและวงจรคุณสมบัติเฉพาะทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดสัญญาณด้านส่งอาจทำให้เกิดผลต่อ พลังงานโดยรวมไปถึงพลังงานเฉลี่ย หรือพลังงานสูงสุด ซึ่งเป็นความสามารถทางการแพร่กระจายกระบวนการทดสอบ

ข้อพิจารณาอีกข้อหนึ่งของสายอากาศ คือ การแพร่กระจายคลื่นซึ่งเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าคลื่นความถี่ไมโครเวฟถ้ามีความเข้มมาก ๆ จะทำให้เป็นอันตรายต่อนื้อเยื่อทางชีวภาพได้ ซึ่งเรากำหนดค่าความเข้มไว้ที่ระดับหนึ่ง

คุณสมบัติทางโครงสร้างหรือกลไก กระบวนการทดสอบนี้เราจะพยายามสร้างเทคนิคในการวัดต่าง ๆ ที่ใช้ในทางปฏิบัติทั้งนี้จะทำให้เกิดความสะดวกในการทำการทดสอบ ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

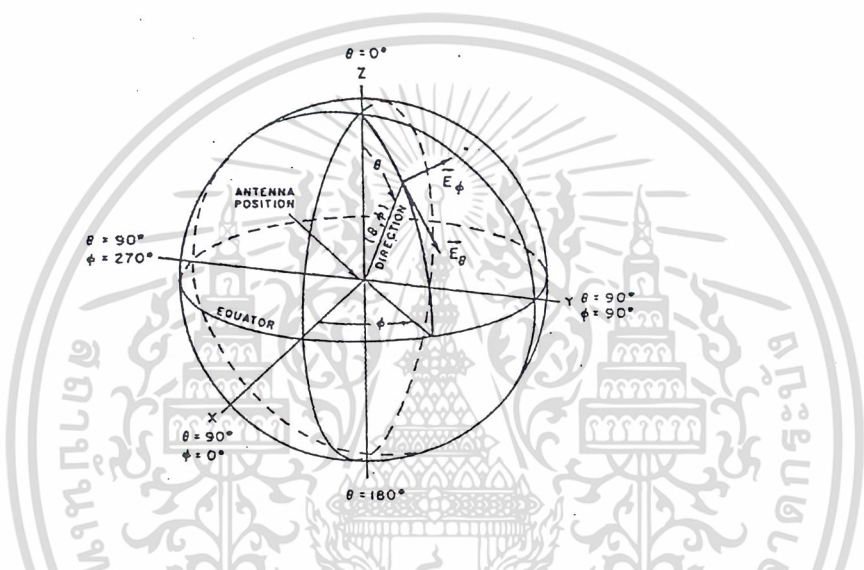
2.2การอ้างอิงมาตรฐาน

จะอ้างอิงมาตรฐาน

- IEEE 488.2

2.3 การวัดรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ

2.3.1 ทัวไปเรามักจะสมมุติให้การแพร่กระจายเป็นรูปทรงกลมและใช้ระบบโคออดิเนต โดยที่ระบบโคออดิเนตจะถูกกำหนดในรูปแบบของการวัดสายอากาศที่แตกต่างกันออกไป



รูปที่ 2.1 ระบบ โคออดิเนตของสายอากาศมาตรฐาน

ระบบโคออดิเนตของสายอากาศจะถูกกำหนดตามเครื่องมือกล (mechanical) ของสายอากาศ ซึ่งมาตรฐานของการใช้ ระบบโคออดิเนตของการวัดสายอากาศแสดงใน รูปที่ 2.1 โดยรูปแบบในการแพร่กระจายนี้จะต้องแสดงทั้งขนาด, เฟส, โพลาริเซชันและเกณฑ์ของบริเวณสายอากาศ คุณสมบัติในการแพร่กระจายเป็นการกำหนดรูปแบบของการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศและเนื่องจากค่ารัศมีจากสายอากาศในการทดสอบมีค่าคงที่นั่นคือค่าโคออดิเนตจะเปลี่ยนแปลงไปตามทิศทางการแพร่กระจาย โดยปกติแล้วความถี่เป็น ตัวพารามิเตอร์ในการวัดการแพร่กระจายคลื่นที่ความถี่ใด ความถี่หนึ่ง หากว่าความถี่นั้นเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ ซึ่งการทำแบบนี้เรียกว่า “ สวป ความถี่ หรือ การกวาดความถี่ ” (swept frequency) ในการวัดนั้นไม่จำเป็นต้องสมบูรณ์เพราะเราใช้เทคนิคการแซมปลิง (sampling) ดังรูปที่1.2 ถ้าเพิ่มมุมไปเรื่อย ๆ ในทิศ ϕ และทำการวัดรูปแบบการกระจายคลื่นออกมาเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องเพิ่มมุม θ ที่ละน้อยมาก ๆ จึงจะได้รูปแบบที่สมบูรณ์ และผลของการวัดการแพร่กระจายคลื่น สำหรับเพิ่มมุม θ นั้นจะเป็นการแพร่กระจายคลื่นอันหนึ่ง

ในการวัดรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นนี้หากมีสิ่งกีดขวางจะทำให้ผลที่ได้จากการวัดนั้นแตกต่างไปจากการวัดโดยที่ไม่มีสิ่งกีดขวางเราจำเป็นต้องวัดการแพร่กระจายคลื่นที่มีผลกระทบมาจากสิ่งกีดขวางใกล้ ๆ เหล่านี้ด้วย

2.3.2 การคัทแพทเทิร์น (pattern cut) การวัดรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นที่ทำการทดสอบโดยวิธีทางตรงคือใช้สายอากาศตัวต้นกำเนิดวางไว้ในจุดที่เราสามารถเลื่อนสายอากาศที่ทำการทดสอบไปรอบ ๆ ตามทิศทาง θ และ ϕ (ดังรูปที่ 1.2) ถ้าเราให้ θ คงที่แล้วเปลี่ยนค่า ϕ ไปเรื่อย ๆ เราเรียกค่า θ ว่า โคนิคอล คัท (conical cut) หรือ ϕ คัท (cut) แต่ในทางตรงกันข้ามหากเราให้ ϕ คงที่และ θ เปลี่ยนไปเรื่อย ๆ เราเรียกมุม ϕ ว่า เกรท เซอร์เคิลคัท (great circle cut) ด้วยเราสามารถทำการวางสายอากาศในจุดที่เป็นทิศทางแบบ ขดวงรี (spiral) ในกรณีนี้ค่า θ และ ϕ จะเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ ค่าที่ได้จะเรียกว่า สไปรอล คัท (spiral cut) เมื่อเราใช้วิธีนี้ค่า θ ต้องเปลี่ยนอย่างช้า ๆ ตามค่ามุม ϕ

2.3.3 รูปลักษณะระยะของสายอากาศมีพารามิเตอร์ของระยะทาง 2 แบบที่ใช้สำหรับ θ และ ϕ

1. แบบไลน์ออฟไฟด์ คงที่ (fix line of sight) ซึ่งวิธีนี้สายอากาศที่ทำการทดสอบจุดของระบบไดโอดคินดของมัน มันจะถูกหมุนรอบแกนที่เหมาะสม (ถ้าสายอากาศที่ทำการทดสอบเป็นแบบรับสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศต้นกำเนิดที่วางจุดที่เหมาะสมจะถูกบันทึกไว้)

2. แบบไลน์ออฟไฟด์ เคลื่อนที่ (movable line of sight) ในกรณีนี้สายต้นกำเนิดจะถูกเคลื่อนย้ายไปเป็นวงกลมรอบ ๆ สายอากาศที่ทำการทดสอบ สายอากาศที่ทำการทดสอบนี้จะหมุนตามสายอากาศต้นกำเนิดและคอยรับสัญญาณมาเรื่อย ๆ ถ้าสายรับ และส่งเป็นอุปกรณ์แบบรีซีโปรคอล เราสามารถเปลี่ยนเป็นแบบส่ง และรับสลับกันได้ แต่ส่วนใหญ่สายอากาศที่ทดสอบจะเป็นแบบรับ

2.4 การออกแบบระยะสายอากาศ

2.4.1 หัวไประยะการแพร่สายอากาศ (antenna range) ได้ถูกพัฒนาในการวัดรูปแบบการแพร่กระจายโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม ระยะของสายอากาศประกอบด้วยเครื่องมือและตัวกลางที่เหมาะสม เราจะมีเทคนิคการเอ็มฟาสิส เพื่อรักษขนาดของคลื่น การวัดเฟส, โพลาริเซชัน และเกนซ์ ซึ่งจะต้องมีมาตรฐานสำหรับการวัดระยะสายอากาศมากมาย คือการใช้วิธีการประเมินผลซึ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีแบบระยะเร้นดัม (random range) และแบบระยะการแตกกระจาย (scattering) ระยะเร้นดัมจะถูกอธิบายในบทต่อไป ส่วนระยะเร้นดัมจะถูกอธิบายในบทนี้

สนามของการตกกระทบในอุดมคติสำหรับการวัดรูปลักษณะของการแพร่กระจายในการทดสอบเสาอากาศเป็นคลื่นที่มีรูปแบบแน่นอนซึ่งในทางปฏิบัติจะมีค่าใกล้เคียงกับสนาม ระยะทางเสาอากาศมี 2 แบบได้แก่

- 1) ระยะฟรีสเปซ (free space range) ใช้ในการวัดแบบที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง และการรบกวนใด ๆ
- 2) ระยะสะท้อน (reflection range) เป็นการสร้างค่าที่ใกล้เคียงคลื่นระนาบ

(plane wave) ในการหาระยะฟรีสเปซจะพิจารณาค่าต่าง ๆ ได้แก่ ระยะสแลนจ์ (slant range) ระยะคอมแพค (compact range) ระยะอีลิเวชัน (elevation range) และมี anechoic chambers ระยะอีลิเวชัน (elevation range) จะทำให้สายอากาศต้นกำเนิดที่อยู่บนตึกสูง ๆ เมื่อเทียบกับสภาพแวดล้อมใกล้เคียง ๆ แล้ว ซึ่งเราจะไม่มีการคิดผลที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียงซึ่งต้องพิจารณาในเรื่องของ การควบคุมไซด์โลบ (side lobe) ของสายอากาศต้นกำเนิดไม่ให้เกิดมีการรบกวน, เคลื่อนแรงส่งของไลน์ออฟไฟด์, การดูดกลืนพลังงานที่พื้นผิวหรือสิ่งกีดขวางที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายออกไปได้, เทคนิคการประมวลผลสัญญาณ อาทิ เช่นการมอดูเลชัน ระยะทางสะท้อนจากพื้น ในการออกแบบที่เหมาะสมค่าที่ได้จากสะท้อนจะมีค่าน้อย ๆ เราอาจจะลดค่าการรบกวนได้โดยการลดความสูงของสายอากาศ

2.4.2 บรรทัดฐานของการออกแบบระยะของสายอากาศ

2.4.2.1 ทั่วไปการสร้างบรรทัดฐานของระยะเสาอากาศต้องพิจารณาเรื่องต่างๆ เช่น การคับปลิง ระหว่างเสาอากาศต้นกำเนิด กับเสาอากาศที่ทำการทดสอบ, ส่วนแหลมของขนาดทางด้านกว้างและทางด้านยาว, ค่าเฟสที่เปลี่ยนแปลง, การรบกวนจากการแพร่กระจาย จากเสาอากาศต้นกำเนิดที่ผิดพลาด

2.4.2.2 ผลจากมิวชวลคับปลิงระหว่างสายอากาศต้นกำเนิดกับสายอากาศที่ทำการทดสอบสนาม ส่วนแพร่กระจายคลื่น (radiation part) ส่วนตอบสนอง (reactive part) สำหรับ ส่วนการแพร่กระจายคลื่น (radiation part) จะลดลงเป็นอัตราตามระยะทางแพร่กระจายส่วนตอบสนอง (reactive part) จะลดลงเป็นอัตราส่วนค่ากำลังสองของระยะทางปกติระยะระหว่างเสาสองต้นจะมีค่ามาก ๆ จนเราสามารถไม่ต้องคิดค่าของส่วนตอบสนองได้ แต่ในทางปฏิบัติอาจไม่เป็นเช่นนั้นทำให้เสาอากาศที่ทำการทดสอบเกิดการคับปลิง กับสนามตอบสนองทำให้เกิดค่าผิดพลาด แต่ในกรณีนี้ที่ค่าระยะห่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่ามากกว่า 10 เท่าของความยาวคลื่นเราก็ไม่ต้องสนใจค่าผิดพลาด ถ้าพิจารณาสายไดโพลที่ระยะห่างเท่ากับ 10 เท่าของความยาวคลื่น ระดับสนามอินดักทีฟ จะมีค่าต่ำกว่าจากการแพร่กระจาย 36 dB

2.4.2.3 ผลจากส่วนแหลมของขนาดทางด้านขวาง ต่อ อะพอร์เจอร์ (aperture) ที่ทำการทดสอบสามารถทำให้เกิดค่าผิดพลาดในการวัดได้

2.4.2.4 ผลจากส่วนแหลมของขนาดทางด้านยาว ต่อ สายอากาศที่ทำการทดสอบเพื่อต้องการให้การวัดมีความแม่นยำ ค่าของสนามต้องมีค่าที่คงมากเพียงพอในระยะของแกน L คือค่ามากที่สุดของมิติในแกน Ro คือค่าของระยะห่างเสาต้นกำเนิดและศูนย์กลาง

ρ_p คือ ค่าอัตราส่วนความหนาแน่นพลังงานด้านหน้า ต่อด้านหลัง

พิจารณาจากสูตร

$$10\log \rho_p = 20\log [(R_o + L/2)/(R_o - L/2)] \qquad \text{dB} \qquad (2.1)$$

โดยที่ $R_o < 10L$

$$\phi = \pi / 8 \qquad (2.2)$$

2.4.2.5 ผลกระทบจากค่าเฟสที่เปลี่ยนแปลงต่อ อะพอร์เจอร์ที่ทำการทดสอบในทางปฏิบัติค่าเฟสเปลี่ยนแปลงไปเป็นฟังก์ชันระยะห่างเสาทั้ง 2 ที่ทำการทดสอบ จากสูตร

$$\Delta \phi \cong \pi D^2 / 4 \lambda R \qquad (2.3)$$

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของจานสายอากาศ

R = ระยะทางระหว่างเสาต้นกำเนิดกับเสาต้นที่ทำการทดสอบ

ค่าโดยทั่วไปที่ใช้กันคือ $R = 2D^2 / \lambda$ เพื่อให้ $\phi = \pi / 8$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

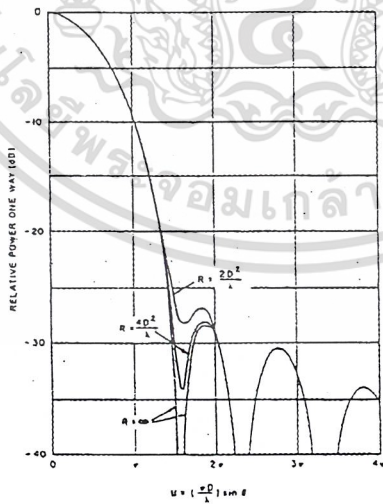
ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของเฟสคือ จะมีค่านัล (NULL) ในแพทเทิร์น และขนาดของ ไซค์โลบ จะเปลี่ยนแปลงไป โดยจากรูปที่ 1.2

2.4.3 การออกแบบระยะอีลิเวชัน (elevation range)

ระยะอีลิเวชันพื้นราบ (elevated range over flat surfaces) จากสมการที่ผ่านมาคือ $R = KD^2 / \lambda$ โดยให้ค่า K เป็นค่าคงที่เจาะจงใด ๆ ที่เลือกมาขณะทำการทดสอบการวัด (รูปที่ 2.2) ถ้าระยะถูกออกแบบไว้สำหรับพื้นราบ ดังรูปที่ 2.3 จะต้องพยายามลดค่าที่ได้จากการสะท้อนมุมจุ่มงหมายพื้นฐานในการออกแบบระยะอีลิเวชัน ก็คือ ที่ผิวของระยะทางที่คลื่นเดินทางมานั้น ไม่ควรที่จะรับพลังงานจากสายอากาศต้นกำเนิดที่ส่งมา หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ ที่ฐานของสายอากาศที่กำลังทำการทดสอบจะต้องรับค่านัล (NULL) แรกของรูปแบบของการแพร่กระจายคลื่น โดยพิจารณาสูตร

$$d \geq 1.5D^2 / H_r \tag{2.4}$$

- d คือ เฟสของสายอากาศต้นกำเนิด
- H_r คือ ความสูงสายอากาศที่กำลังทำการทดสอบ
- D คือ เฟสของสายอากาศที่กำลังทำการทดสอบ
- K คือ ค่าเจาะจงใด ๆ

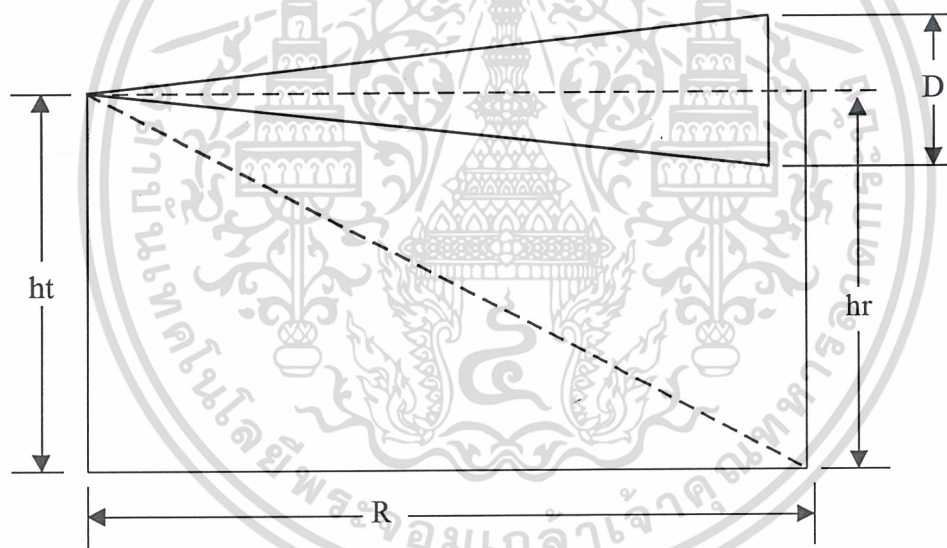


รูปที่ 2.2 การวัดแพทเทิร์นของสายอากาศด้วยการแซมปลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเปรียบเทียบของค่ามาตรฐานของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายอากาศต้นกำเนิดจะแสดงความสูงของสายอากาศที่ทำการทดสอบจะต้องมีค่า $H_r \geq 4D$ สายอากาศต้นกำเนิดควรจะยกให้อยู่ในระดับเดียวกันกับสายที่ทำการทดสอบ

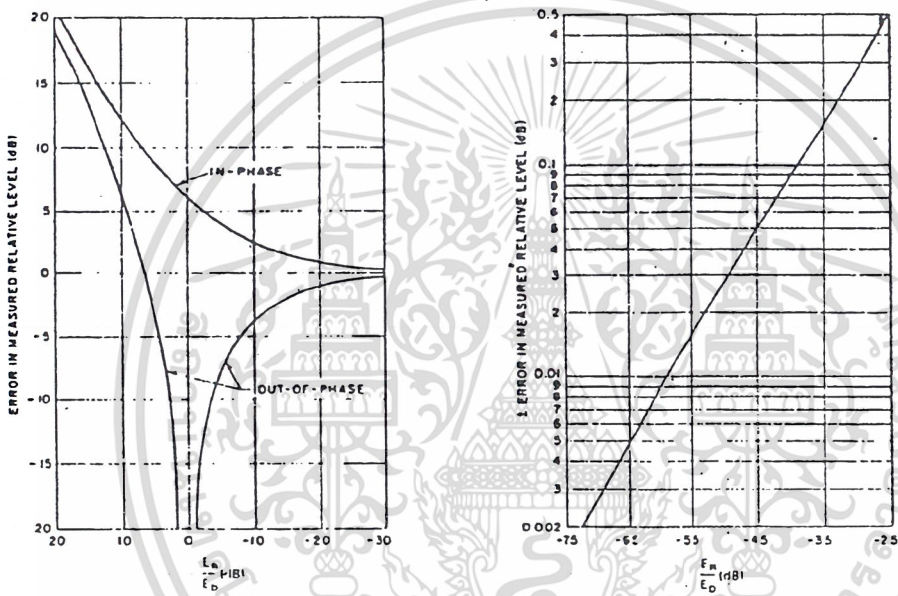
2.4.3.2 ระยะบนพื้นผิวที่ไม่เรียบ (irregular surface) บ่อยครั้งที่ ระยะอีลิเวชัน จะถูกออกแบบสำหรับพื้นผิวที่ไม่เรียบ เช่น บนภูเขา ระหว่างหน้าผา ที่สูงชัน ระยะระหว่างพวกนี้จุดที่เกิดการสะท้อนไปยังสายอากาศที่ทำการทดสอบจะไม่แน่นอน ในการออกแบบระยะอีลิเวชันเราต้องทำการสร้างแผนที่สำหรับสังเกตความเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของพื้นที่เสียก่อนโดยแผนที่ที่สร้างขึ้นนี้ต้องเปรียบเทียบความสูงกับระดับน้ำทะเล จากข้อมูลที่ได้จากแผนที่การสำรวจของประเทศ เราจะได้รายละเอียดการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของพื้นที่โดยเปรียบเทียบความสูงระดับน้ำทะเลทุก ๆ 20 ฟุต ซึ่งเพียงพอต่อการปฏิบัติของคลื่นที่มีความถี่ที่สูงๆ อย่าง UHF



รูปที่ 2.3 ระยะอีลิเวท (elevated)

2.4.3.3 การประเมินค่าความผิดพลาดเนื่องจากการสะท้อน (estimation of errors due to reflection) เพื่อแสดงผลของการสะท้อนบนการวัดรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศที่ทำการทดสอบ ซึ่งต้องพิจารณาเรื่องต่อไปนี้ ถ้าให้ค่าระดับของโซลโลปของสายอากาศต้นกำเนิดและสายอากาศที่ทำการทดสอบมีค่าต่ำกว่าค่าสูงสุด 25 dB และมีการลดทอนที่พื้นผิวที่คลื่นสะท้อน 10 dB แล้วสัญญาณที่ได้ในกรณีนี้จะมีค่าต่ำกว่าสัญญาณที่ได้จากคลื่นทางตรงอยู่ 60 dB ในกรณีที่โลปหลักหรือเมนโลปของสายอากาศที่ทำการทดสอบทางตรงไปยังสายอากาศต้นกำเนิด ค่าของความผิดพลาดที่เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปได้ในรูปแบบของสายอากาศที่ทำการทดสอบเนื่องจากสัญญาณสะท้อนจะถูกแสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งรูปที่ 2.4 นี้จะเป็นการแสดงค่าที่วัดได้ที่จุดสูงสุดของ บีม จะมีค่าผิดพลาดน้อยกว่า 0.01 dB แต่อย่างไรก็ตามถ้าจุดสูงสุด ของโลปหลักของสายอากาศที่ทำการทดสอบได้ชี้ตรงไปยังพื้นผิวและไซด์โลปขนาด -25 dB ชี้ไปยังสายอากาศต้นกำเนิด ระดับสัญญาณที่ได้จะมีค่าสูงกว่าระดับสัญญาณทางตรงอยู่ 10 dB และมีความผิดพลาดในการวัด -3.3 ถึง 2.4 dB ตัวอย่าง นี้แสดงให้เห็นว่าเราไม่ควรจะชี้บีมหลักไปยังพื้นผิว ขณะที่ทำการวัดไซด์โลปอยู่



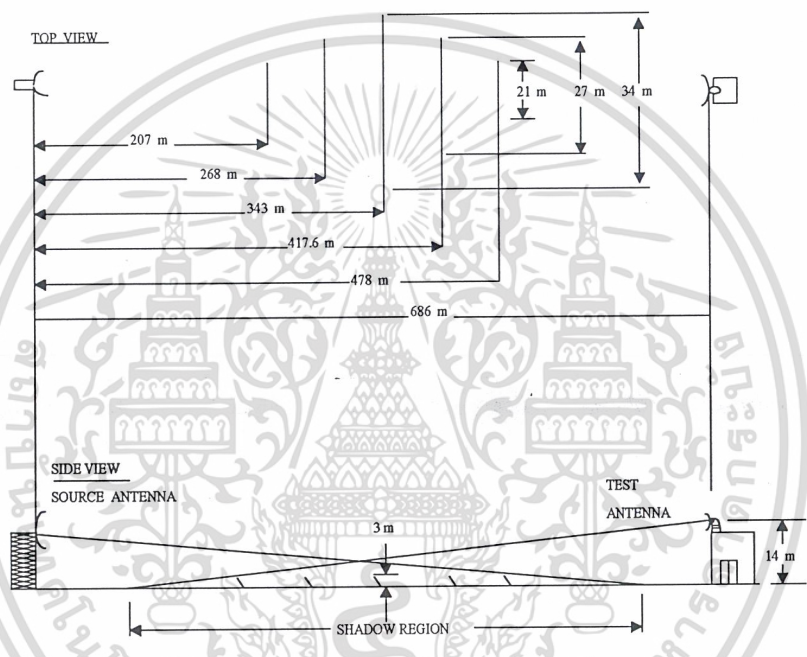
รูปที่ 2.4 ลักษณะของแพทเทิร์นที่อาจเกิดขึ้น

2.4.3.4 การใช้การหักเหและวิธีคลื่นตามยาวเพื่อเปลี่ยนแปลงพลังงานที่สะท้อน (use of diffraction fences and longitudinal ramps to redirect reflected energy) เมื่อสายอากาศที่ทำการทดสอบต้องการค่าที่ทำการผิดพลาดน้อยๆ หรือต้องการลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากสัญญาณที่สะท้อนมี 2 วิธีที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปคือ

1. วิธีการหักเห (diffraction fences)
2. วิธีคลื่นตามยาว (longitudinal ramps)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีหักเห (diffraction fences) เป็นการกั้นด้วยโลหะที่จะถูกตั้งอยู่ระหว่างทางที่ต้องการจะเปลี่ยนแปลงพลังงานการสะท้อนและพลังงานจะจางหายไปในพื้นที่สะท้อนที่กั้น ซึ่งแผ่นสะท้อนที่กั้น (diffraction fences) นี้เราสามารถที่จะใช้กรอบไม้ที่คลุมด้วยตัวนำธรรมดาที่มีขนาดประมาณ 0.1 เท่าของความยาวคลื่น หรือน้อยกว่า ผลของการหักเหเราสามารถที่จะประมาณค่าได้จากทฤษฎีการหักเหคลื่นระนาบของเฟรสเนล (theory of fresnel diffraction by a half wave) แผ่นสะท้อนที่กั้นควรจะต้องอยู่ในที่ที่ไม่โดนโลปหลักของสายอากาศต้นกำเนิด ดังนั้นเราจึงควรที่จะใช้แผ่นสะท้อนที่กั้นหลาย ๆ แผ่น ซึ่งจะทำให้แผ่นสะท้อนที่กั้นหลาย ๆ ชั้นนี้มีความสูงที่ต่ำกว่าแผ่นสะท้อนที่กั้นที่ใช้เพียงชั้นเดียว

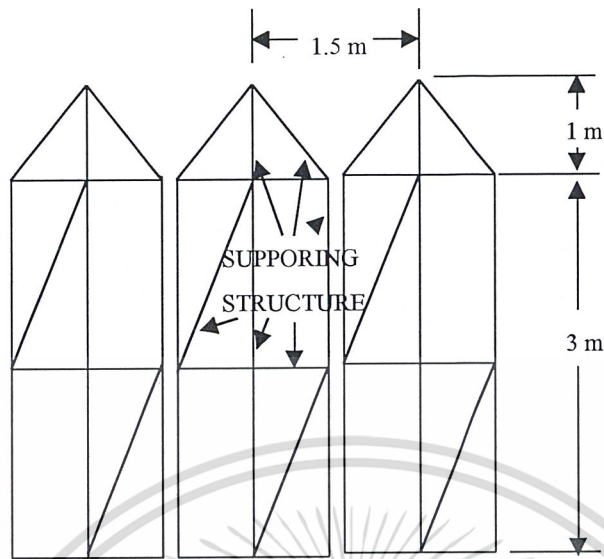


รูปที่ 2.5 แสดงการวางสายอากาศส่งและ สายอากาศรับ

การลดค่าความผิดพลาดเพิ่มเติมจากเดิมอีกสามารถทำได้โดยติดตั้งช่องปรับความถี่หรือฟีนปลาบนจุดบนสุดของที่แผ่นสะท้อนดังรูปที่ 2.6 ซึ่งช่องปรับความถี่นี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่าแต่จะมีความไวต่อความถี่สูง และในกรณีที่ใช้กันหลาย ๆ ตัวอาจจะต้องมีการเอียงที่แผ่นสะท้อนลง

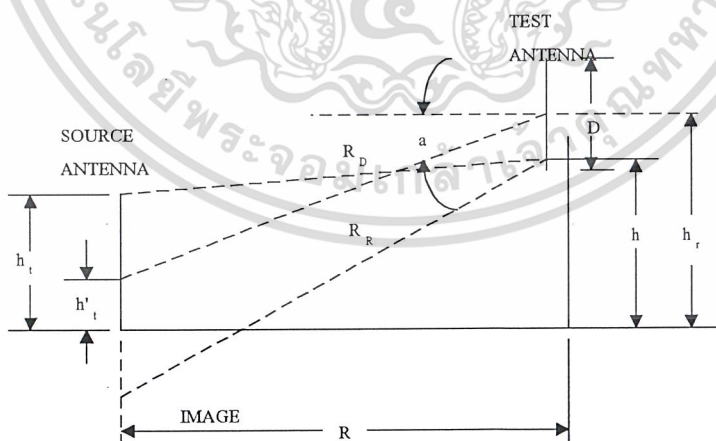
วิธีคลื่นตามยาว (longitudinal ramps) มีลักษณะรูปร่างเป็นแบบลิ้มวางอยู่บนพื้นและยอดแหลมของมันจะขนานกับระยะของแกน ซึ่งมันจะให้พลังงานที่ตกกระทบนั้นแตกกระจายออกจากสายอากาศที่ทำการทดสอบ วิธีนี้สามารถลดค่าความผิดพลาดได้ที่สายที่ทำการทดสอบ แต่วิธีนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบแผ่นสะท้อนที่เราใช้กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ลักษณะของแผ่นสะท้อนแบบพื้นปลา

2.4.4 การออกแบบระยะสะท้อน (design of ground reflection ranges) สำหรับระยะสะท้อนแล้วค่าขนาดของเมนโกลบ ที่ยอดของสนามที่พุ่งไปยังสายอากาศที่ทำการทดสอบในด้านแนวนอนจะเหมือนกันกับระยะอีลิเวชัน และมาตรฐานของสายอากาศต้นกำเนิดจะถูกนำมาใช้ในทิศทางตั้งฉากสัญญาณที่สะท้อนมาจากพื้นผิวระหว่างสายอากาศที่รวมสัญญาณมาทางตรงมาด้วยจะเกิดเป็นรูปแบบที่มีการรบกวน ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงการเกิดคลื่นสะท้อนที่เกิดที่สายอากาศรับ

โดยการปรับความสูงของสายอากาศต้นกำเนิด โพลแรกของการรบกวนจะสามารถมีจุดสูงสุดที่ศูนย์กลางของสายอากาศที่ทำการทดสอบ พิจารณาสูตร

$$H_t \cong \lambda R / 4H_r \tag{2.5}$$

H_r คือ ความสูงของสายอากาศที่ทำการทดสอบ

H_t คือ ความสูงของสายอากาศต้นกำเนิด

จากรูปจะเห็นได้ว่า สนามอากาศที่สายอากาศที่ทำการทดสอบได้รับนั้นขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การสะท้อน (reflection coefficient) ดังนั้นเราต้องพยายามทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนมีค่าใกล้เคียง 1 ขนาดทางด้านตั้งฉากจะได้มาโดยพิจารณาจากค่าความสูงของสายอากาศที่ทำการทดสอบความสูงของสายอากาศที่ทำการทดสอบจะมีค่าดังนี้

$$H_r \geq 3.3D \tag{2.6}$$

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของสายอากาศที่ทำการทดสอบ ซึ่งปกติแล้วให้ใช้ $H_r \geq 4D$ แต่ในทางปฏิบัติจะไม่ใช้ค่านี้เสมอไป เช่นในกรณีที่ต้องใช้สายอากาศที่ทำการทดสอบที่มีค่าความสูงเท่ากับ $2D$ ซึ่งขนาดจะมีค่าเท่ากับ 1 dB ซึ่งในกรณีที่กล่าวมานี้อาจจะทำให้มีความแม่นยำน้อยลงแต่จะทำให้เราสามารถนำไปใช้ได้ที่น่าพึงพอใจเราสามารถสมมุติให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนมีค่าใกล้เคียง 1 แต่เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนจริง ๆ มีค่าไม่ใกล้เคียง 1 ดังนั้นที่จุดสะท้อนจึงไม่จำเป็นที่จะต้องอยู่ตรงกลาง (สังเกตรูปที่ 2.7) ซึ่งทำให้เส้นที่ลากไปไม่ไปตัดค่า image แต่จะไปตัดค่า H_t' แทน ดังนั้นที่ระยะทางใด ๆ ที่มีค่ามากกว่า $2D^2 / \lambda$ จะสามารถพิจารณาค่า H_t' ได้จากสูตร

$$H_t' \cong ((1 - |\Gamma|)/(1 + |\Gamma|)) \tag{2.7}$$

Γ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน

สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่จะต้องพิจารณาคือความเรียบของพื้นดินที่สะท้อนคลื่นขึ้นมามีค่าสมการของ Raleigh ขึ้นมาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Delta H \leq \frac{\lambda}{M} \sin \Psi \tag{2.8}$$

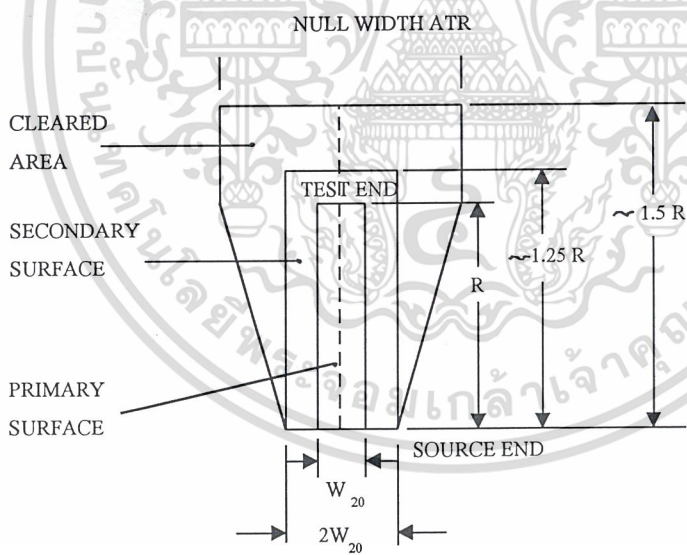
ΔH คือ ค่ารูทมีนสแควร์ (root mean square) ของการเบี่ยงเบนของพื้นดินที่เดินทางผ่าน

λ คือ ค่าของความยาวคลื่น

Ψ คือ มุมตกกระทบที่เทียบกับแกนนอน

M คือ ค่าแฟคเตอร์ของความเรียบ

ค่า M ที่ใช้กันอยู่ จะมีค่าตั้งแต่ 8 ถึง 32 ซึ่งค่า M นี้จะมีค่าที่ขึ้นอยู่กับความเรียบของพื้นผิว ค่า Ψ จากสมการควรจะมีค่าน้อย ๆ เพื่อป้องกันการเกิด มุมบรูสเตอร์ (brewster angle) ซึ่งค่ามุม นี้จะมีค่าใกล้เคียง 14 องศา (เทียบกับแนวนอน) ถ้าหากค่าของ Ψ มีค่าใกล้เคียงกับค่ามุม บรูสเตอร์ เมื่อใดจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน มีค่าลดลง ค่ามุมบรูสเตอร์ นี้จะมีค่าขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในการสร้างพื้นผิวที่คลื่นเดินทางผ่าน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าพื้นผิวดินเป็น น้ำ ค่ามุม บรูสเตอร์ ก็จะมีค่าเท่ากับ 4 องศา ซึ่งระยะของการสะท้อนจะถูกแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ระยะของการสะท้อนที่เกิดจากมุมบรูสเตอร์ (brewster angle)

จากรูปที่ 2.8 เราสามารถสังเกตว่าระยะทางสามารถถูกแบ่งเป็น 3 พื้นที่ด้วยกันดังนี้

- พื้นที่ปฐมภูมิ (primary area) จะเป็นพื้นที่ที่เป็นสี่เหลี่ยมตั้งอยู่ระหว่างสายอากาศต้นกำเนิดและสายอากาศที่ทำการทดสอบ
- พื้นที่ทุติยภูมิ (secondary area) จะเป็นพื้นที่ที่ยึดติดออกไปจาก พื้นที่ปฐมภูมิ
- พื้นที่เคลียร์ (clear area) จะเป็นพื้นที่ ๆ ถัดออกไป จากพื้นที่ทุติยภูมิ

ในการออกแบบจริงๆ เราไม่ควรที่จะให้มีการเปลี่ยนแปลงระดับของพื้นที่อย่างฉับพลัน เราควรที่จะให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ จากพื้นที่ปฐมภูมิ ไปเป็นพื้นที่ทุติยภูมิและพื้นที่เคลียร์ ควรที่จะอยู่ในบริเวณที่ไม่มีสิ่งกีดขวางในระยะทางการสะท้อน สายอากาศที่ทำการทดสอบจะอยู่บนตึกสูง ๆ ที่ไม่ใช่ตัวนำซึ่งความสูงของตึกจะเพียงพอที่จะทำให้สายอากาศต้นกำเนิด สามารถติดตั้งภายในระยะห่างไม่กี่เท่าของความยาวคลื่น และสายอากาศที่ทำการทดสอบจะอยู่ในศูนย์กลางของโพลการบวกลบในโพลแรก ระยะทางแบบนี้จะถูกกล่าวโดยละเอียดอีกทีในตอนต่อไป ระยะทางสะท้อนสามารถนำไปใช้กับความถี่ต่ำ ๆ โดยเฉพาะกับคลื่นย่านความถี่ VHF แต่อย่างไรก็ตามระยะทางสะท้อนจะถูกออกแบบให้สามารถใช้สำหรับคลื่นที่มีความถี่ประมาณ 35 GHz

2.4.5 ระยะแบบต่าง ๆ

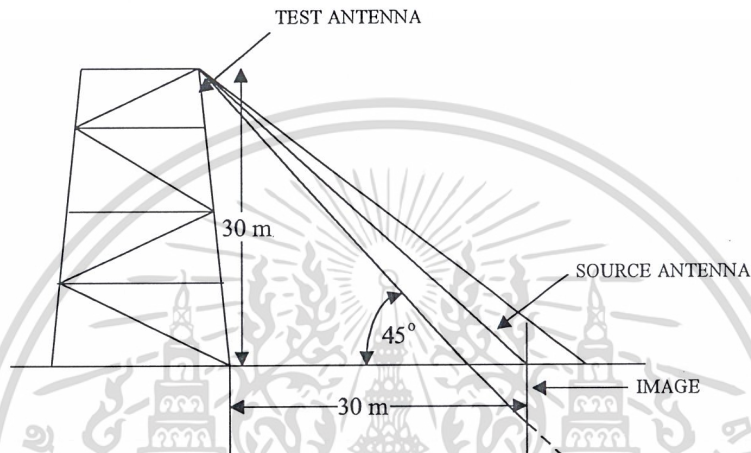
2.4.5.1 ระยะสแลนจ์ (slant range) ระยะทางแบบนี้ถูกออกแบบมากับสายอากาศต้นกำเนิดที่อยู่ใกล้พื้นและสายอากาศที่ทำการทดสอบที่อยู่บนตึกสูง ๆ ที่ไม่ใช่ตัวนำ จากรูปที่ 2.9 จะเห็นได้ว่า สายอากาศต้นกำเนิดจะถูกตั้งและหันหน้าไปในทางทิศใดทิศหนึ่งๆ เพื่อที่รูปแบบของการแพร่กระจายคลื่นแบบฟรีสเปซนั้นมีจุดสูงสุดซึ่งไปยังจุดกึ่งกลางของบริเวณที่เราทดสอบและจุดนัล (NULL) จะชี้ไปยังจุดที่สะท้อนบนพื้นดิน ซึ่งการทำแบบนี้จะทำให้สัญญาณที่สะท้อนนั้นมีค่าการสลับรูปแบบของระยะสแลนจ์ลดลง ระยะสแลนจ์จะถูกแบ่งไว้เหมือนระยะสะท้อน ระยะสแลนจ์ จะถูกออกแบบมาไว้สำหรับตึกสูง ๆ ที่สามารถมีการเปลี่ยนแปลงความสูงได้เพื่อว่าระยะทางระหว่างสายอากาศต้นกำเนิดและสายอากาศที่ทำการทดสอบจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ สังเกตในรูปที่ 2.9 การออกแบบระยะสแลนจ์ทั่ว ๆ ไป จะมีความต้องการพื้นที่ในระยะห่างน้อยกว่าการออกแบบระยะอีลิเวชัน

2.4.5.2 ระยะคอมแพค (compact range) ระยะแบบนี้จะมีอะพอร์เจอร์ของเส้นของสายอากาศมุ่งไปยังสายอากาศที่ทำการทดสอบ โดยการสะท้อนกับแผ่นสะท้อน (สังเกตรูปที่ 1.10) ยกตัวอย่างเช่นสายอากาศพาราโบลาอยด์ (parabolic antenna) ซึ่งสามารถนำมาใช้รับพลังงานได้ ในมิติแบบเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ของตัวรีเฟลคเตอร์ (reflector) จะต้องถูกเลือกอย่างน้อย 3 ครั้งเพื่อให้สายอากาศที่ทำการทดสอบได้รับคลื่นที่ใกล้เคียงกับคลื่นระนาบ จากรูปตัวพีด (feed) จะถูกใช้เพื่อป้องกันการรบกวนของอะเพอร์เจอร์และลดพลังงานการหักเหจากโครงสร้างของตัวพีด เพื่อที่จะทำการลดผลกระทบจากการหักเหและลดการแพร่กระจายพลังงานจากตัวพีด ส่วนตัวรีเฟลคเตอร์จะถูกออกแบบให้มีความยาวไปที่จุด โฟกัสอย่างเพียงพอเพื่อให้ตัวพีดสามารถตั้งอยู่ได้ตัวสายอากาศที่ทำการทดสอบ



รูปที่ 2.9 ระยะสแลนท์ (slant)

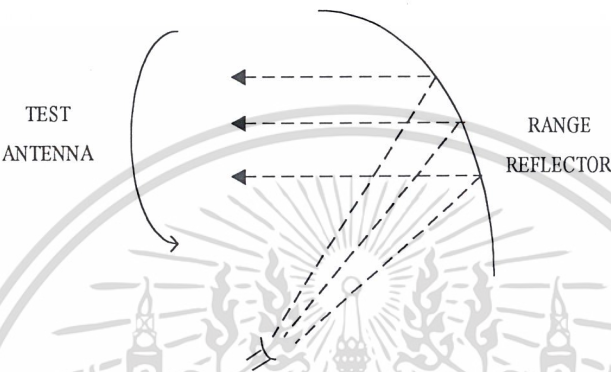
จากรูปที่ 2.10 ขั้นตอนต่อไปคือการใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพในการดูคลื่นได้ดี ๆ เพื่อที่จะนำมาติดตั้งระหว่างตัวพีด และตัวสายอากาศที่ทำการทดสอบเพื่อทำการดูคลื่นคลื่นที่ไม่ต้องการ การใช้ตัวรีเฟลคเตอร์ที่มีความยาวไปที่จุดโฟกัสจะมีข้อได้เปรียบกล่าวคือจะมีการดีโพลาไรเซชัน (depolarization) นอกจากนี้การหักเหจากขอบของตัวรีเฟลคเตอร์จะสามารถทำให้ลดลงด้วยการออกแบบตัวรีเฟลคเตอร์ให้มีขอบเขตเป็นแบบพื้นปลาเพื่อที่จะให้ได้ ผลลัพธ์ที่ดีตัวรีเฟลคเตอร์ควรที่จะสร้างด้วยความแม่นยำที่สูงพอ เพราะการเบี่ยงเบนเพียงเล็กน้อยอาจจะเป็นตัวแปรสำคัญในด้านของขนาดและเฟส ของสนามที่ตกกระทบและที่สำคัญเราควรที่จะดูพื้นที่ของตัวรีเฟลคเตอร์ด้วยระยะคอมแพคต์เราสามารถประเมินได้ในแบบเดียวกันกับระยะในช่วงเริ่มแรกโดยใช้เทคนิค ฟีลโพลบิง (field probing techniques)

2.4.5.3 ระยะอิมเมจเพลน (image plane range) จะประกอบไปด้วยพื้นที่ระนาบล้อมรอบด้วยวัสดุที่กั้นพลังงาน หรือมีพื้นปลาที่ขอบ เพื่อที่จะช่วยลดผลกระทบจากเรื่องขนาดที่จำกัด สายอากาศที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดสอบจะถูกตัดแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นอิมเมจ (image) และส่วนที่เหนือระนาบอิมเมจ ซึ่งจะถูกตั้งอยู่บนพื้นระนาบ

ระนาบอิมเมจของสายอากาศคือระนาบจินตนาการที่เส้นแทนเงิน (tangential line) มีค่าของสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ รูปแบบของการแพร่กระจายของผลลัพธ์ของรูปแบบในครั้งหนึ่งที่อยู่เหนือพื้นระนาบจะมีค่าเท่ากับสายอากาศทั้งหมดในสภาพฟรีสเปส (กรณีนี้จะไม่เป็นจริงในกรณีสำหรับอินพุท



รูปที่ 2.10 ระยะการทดสอบสายอากาศแบบกะทัดรัด (compact antenna test range or CATR)

อิมพีแดนซ์) รูปแบบของการแพร่กระจายคลื่นเหนือพื้นระนาบจะถูกวัดด้วย การทำให้สายอากาศต้นที่กำเนิดเคลื่อนที่ไปเรื่อยๆ

2.4.5.4 อเนกชอยส์แชมเบอร์ (anechoic chambers) มี 2 แบบ ได้แก่แบบสี่เหลี่ยม (rectangular) และแบบแหลม (taper)

1.) แบบสี่เหลี่ยม แบบนี้ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในสภาวะฟรีสเปส วัสดุที่ใช้จะมีคุณภาพในการดูดซับพลังงานสูงเพื่อที่จะลดค่าของผลการสะท้อน ถึงแม้ว่า พื้นเพดาน และผนังด้านข้างจะถูกหุ้มไว้ด้วยวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับ แต่การสะท้อนก็สามารที่จะเกิดขึ้นได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีมุมตกกระทบขนาดใหญ่ ดังนั้นเราจึงควรที่จะจำกัดมุมของการตกกระทบให้มีขนาดไม่เกินจากค่าที่เรากำหนดไว้และส่วนมากที่เราใช้เราจะกำหนดค่ามุมของการตกกระทบให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 องศา ถึง 70 องศา สำหรับอเนกชอยส์แชมเบอร์แบบสี่เหลี่ยม นี้เราสามารถพิจารณาสูตรค่าความกว้างหรือความสูงได้ดังนี้

$$W \geq R/2.75 \tag{2.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R คือ ค่าระยะห่างของสายอากาศที่ทำการทดสอบและสายอากาศที่เป็นตัวต้นกำเนิด

W คือ ค่าของความสูงหรือความกว้างของแฮมเบอร์

โดยค่าของความสูงหรือความกว้างนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของค่าของความผิดพลาด

2.) แบบแหลม ได้ถูกออกแบบมาเป็นแบบพีรามิดดังแสดงในรูปที่ 1.11 แฮมเบอร์ แบบนี้มีโหนดการทำงาน 2 โหนดด้วยกัน ที่ย่านความถี่ต่ำๆ ที่ซึ่งแฮมเบอร์ได้ถูกออกแบบให้สามารถวางสายอากาศต้นกำเนิดใกล้ ๆ กันจนเพียงพอกับยอดแหลม ๆ เพื่อให้การสะท้อนจากผนังด้านข้าง ๆ นั้นเกิดขึ้นที่จุดที่ใกล้กับสายอากาศต้นกำเนิด จากเทคนิคของการเดินทางของรังสี (ray tracing techniques) จะมีความแตกต่างทางเฟสเพียงเล็กน้อยระหว่างคลื่นที่เดินทางมาทางตรงกับคลื่นที่สะท้อนในการใช้เราสามารถพิจารณาค่าความสูงของเสาต้นส่ง (สายอากาศต้นกำเนิด) ด้วยสูตรต่อไปนี้

$$H_t < \frac{\lambda R}{4H_r} \quad (2.10)$$

λ คือ ค่าความยาวคลื่น

R คือ ค่าระยะระหว่างสายอากาศต้นกำเนิดกับสายอากาศที่ทำการทดสอบ

H_r คือ ค่าความสูงของสายอากาศต้นกำเนิด

H_t คือ ค่าความสูงของสายอากาศที่ทำการทดสอบ

ถ้าสายอากาศต้นกำเนิดเคลื่อนที่เข้าไปในแฮมเบอร์แบบยอดแหลม ถ้าความถี่ที่ใช้ในการปฏิบัติมีค่าสูงขึ้นเราก็จะทำการวางสายอากาศต้นกำเนิดให้เข้าใกล้ยอดแหลมมากยิ่งขึ้นด้วย

2.5 เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดระยะของสายอากาศ (antenna range instrumentation)

aion)

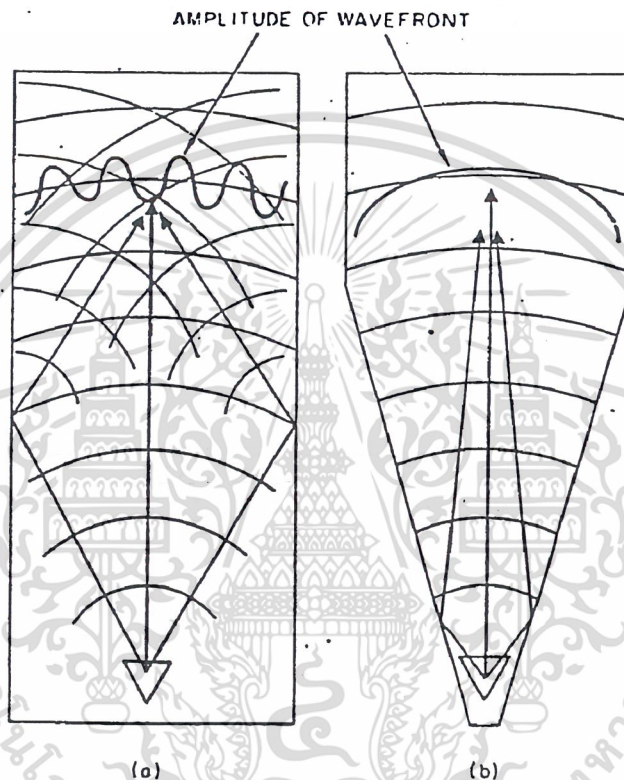
2.5.1 โดยทั่วไปเครื่องมือที่ใช้ในการวัดระยะของสายอากาศสามารถแบ่งได้เป็นประเภทต่าง ๆ 5 ประเภทคือ

1. สายอากาศต้นกำเนิดและระบบส่ง
2. ระบบรับ
3. ระบบตำแหน่ง (position system)
4. ระบบบันทึก (recording system)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ระบบกระบวนการข้อมูล (data processing system)

เครื่องมือต่าง ๆ ที่ต้องการใช้อยู่กับความต้องการในทางปฏิบัติหน้าที่ บล็อกไดอะแกรมของเครื่องมือต่าง ๆ จะถูกแสดงในรูปที่ 2.12 ส่วนควบคุม, ส่วนแสดงผล, ส่วนรับ, ส่วนบันทึก และส่วนปรับแต่งสำหรับการส่งข้อมูลนั้นจะต้องทำการติดตั้งในระบบ มาสเตอร์คอนโทรล (master control console)



รูปที่ 2.11 แสดงห้องทดลองแบบสี่เหลี่ยมและ แบบปิรามิด (rectangular and tapered anechoic chambers)

2.5.2 สายอากาศต้นกำเนิด สำหรับระยะของสายอากาศนอกเหนือจากความต้องการพิเศษแล้ว สายอากาศที่ทำการทดสอบระยะจะ ต้องถูกออกแบบมาทำงานที่ความถี่แบนด์กว้าง ๆ ซึ่งหมายความว่า มัน จะทำงานกับสายอากาศต้นกำเนิดต่าง ๆ และเครื่องส่งที่สามารถทำงานครอบคลุมแบนด์ทั้งหมด ซึ่ง สายอากาศก็จะมีบีมวิดท์ (beam width) และคุณสมบัติทางโพลารไรเซชันประกอบไปกับการวัดที่จะ แสดงบนระยะทางต่างๆ สำหรับความถี่ที่ต่ำกว่า 1 กิกะเฮิรตเราจะใช้ตารางล็อกในการนำการเสนอค่า ผลลัพธ์ และสำหรับความถี่ที่มีค่ามากกว่า 400 เมกกะเฮิรต เราจะนำเอาพาราโบลาและพีคแบบร็อค เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบนด์มาใช้ และในบางกรณีสายอากาศที่มีขนาดใหญ่มักจะถูกออกนำมาใช้ การควบคุมโพลาริเซชันปกติแล้วก็จะถูกต้องการเหมือนกัน รายละเอียดจะกล่าวต่อไป

เราจะทำการติดตั้งโพลาริเซชันแบบเส้นตรงบนเครื่องควบคุมตำแหน่งโพลาริเซชัน และหลังจากนั้นทิศทางของโพลาริเซชันจะถูกหมุนไปเรื่อย ๆ ซึ่งลักษณะนี้จะถูกต้องการในบางลักษณะการวัด การวัดบางแบบเราจำเป็นต้องใช้โพลาริเซชันแบบวงกลมเพื่อที่จะให้สายนั้นใช้ได้ทั้งโพลาริเซชันแบบวงกลม และแบบเส้นตรง โพลาริเซชันแบบวงกลมนี้จะถูกออกแบบเพื่อสร้างการหมุนแบบขวามือและการหมุนแบบซ้ายมือ ส่วนแกนมาตรฐานของสายอากาศจะมีความจำเป็นถ้าค่าการวัดเกณฑ์การแพร่กระจายของคลื่น ได้ถูกสร้างโดยวิธีเกณฑ์ทราฟเฟอร์

2.5.3 ระบบส่ง การเลือกเครื่องส่งนั้นจะขึ้นอยู่กับพิจารณาแบบต่าง ๆ เรามีเครื่องกำเนิดสัญญาณหลายๆ แบบเช่น ไทโรทริค คาร์ที ออสซิลเลเตอร์ ไครสตรอล แมกนีตรอนแบล็คควาร์ด เวฟ ออสซิลเลเตอร์ และ โซลิสตัท ออสซิลเลเตอร์ และไม่ว่าตัวกำเนิดสัญญาณชนิดใดก็ตามที่ถูกนำมาใช้ เราจะต้องพิจารณาหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การควบคุมความถี่

คือ การปรับแหล่งกำเนิดสัญญาณให้เปลี่ยนความถี่ที่ต้องการ โดยขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งกำเนิดสัญญาณที่ใช้คือหลอด เคล็ดกลไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้าตัวส่งควบคุมทางไกลจะพิจารณาในส่วนการควบคุมทางไกล การปรับแต่งตำแหน่งหรืออัตราเร็วของ servo loop ปรับได้โดยควบคุมมอเตอร์ที่สำหรับปรับตัวกำเนิดความถี่ ตัวกำเนิดความถี่ที่สามารถปรับค่า และปรับแต่งทางไฟฟ้า แหล่งจ่ายไฟตรงเป็นสิ่งที่จะต้องรู้

2. เสถียรภาพของความถี่

สายอากาศและวงจรความถี่วิทยุมีความไวต่อความถี่สูง แหล่งกำเนิดความถี่จึงจำเป็นต้องคงที่ตลอดช่วงเวลาวัด อาจนานเกิน 30 นาที ความถี่ที่เปลี่ยนไป 0.01 ถึง 0.21 เปอร์เซ็นต์เป็นค่าที่ยอมรับได้ แต่สำหรับเครื่องมือใดที่เที่ยงตรงต้องการเสถียรภาพของความถี่ถึง 1 ส่วนใน 10^6 ส่วนหรือดีกว่า

วิธีทำให้ความถี่เสถียรภาพ

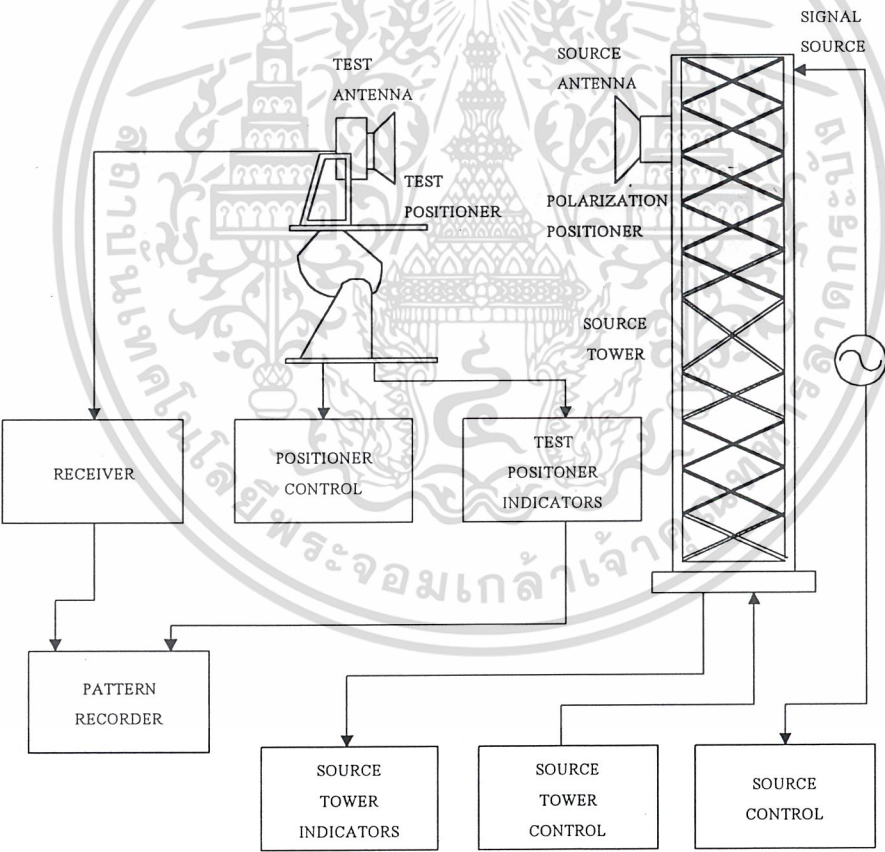
1. ควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงาน เช่น แช่ตัวกำเนิดความถี่ลงในอ่างน้ำมัน ควบคุมอุณหภูมิคงที่

2. เชื่อมต่อ ตัวกำเนิดความถี่ในช่วง High Q
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ควบคุมตัวกำเนิดความถี่ให้อยู่ในช่วงไมโครเวฟโดยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ (the pound system)
- ใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณที่เสถียรภาพ เพื่อควบคุมความถี่โดยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ (การควบคุมความถี่อัตโนมัติ)
- จัดเฟสของความถี่ให้คงที่ (ควบคุมเฟสอัตโนมัติ) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกำเนิดความถี่ที่ใช้

3. สเปกตรัมของสัญญาณเดี่ยว (spectrum purity)

ตัวกำเนิดสัญญาณบางชนิดมีฮาโมนิคมาก ทำให้รบกวนสัญญาณที่ต้องการ ถ้าสัญญาณที่มีฮาโมนิคเกิดขึ้นจะต้องมีวิธีการกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการ โดยการใช้ฟิวเตอร์ หรือตัวรับที่จะแยกสัญญาณที่ต้องการออกจากสัญญาณที่ไม่ต้องการ



รูปที่ 2.12 ระบบสำหรับการทดสอบสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ระดับพลังงาน

พลังงานเอาท์พุทที่ต้องการของแหล่งกำเนิดสัญญาณขึ้นอยู่กับแหล่งจ่ายและแนวของสายอากาศที่ต้องการวัดความไวของเครื่องรับความสูญเสียจากการส่ง ระหว่างสายอากาศทั้งสองและช่วงกว้างของสัญญาณที่เครื่องวัด ต้องการเครื่องมือในระบบการวัดสายอากาศที่มีความไวในระดับสัญญาณ -50 ถึง -60 dB ถ้าเครื่องรับจะเพิ่มขึ้น 30 ถึง 60 dB ระดับพลังงานจากแหล่งจ่ายอยู่ในระบบ 0 ถึง 33 dBm ถ้าเป็นการวัดแอมพลิจูดเอาท์พุทของแหล่งกำเนิดสัญญาณต้องคงที่ เครื่องมือทั่ว ๆ ไปมีการใช้ค่าเบี่ยงเบน ± 0.05 dB ซึ่งไม่มากนัก แต่ในบางกรณี เช่น ความสูญเสียจากการสอดแทรก (insertion loss) หรือการเปลี่ยนแปลงแกนของเครื่องวัดการเบี่ยงเบน ± 0.01 ถึง ± 0.02 dB จึงจำเป็นต้องใช้การควบคุมระดับพลังงานอัตโนมัติ (automatic power-level control)

5. การมอดูเลต (modulation)

บางระบบใช้การมอดูเลตทางแอมพลิจูด แหล่งกำเนิดสัญญาณต้องให้กำเนิดสัญญาณรูปแบบพิเศษที่จะลดการเกิดการบิดเบือนของสเปกตรัม

2.5.4 ระบบการสัญญาณ

ระบบการวัดรับในระบบวัดรูปแบบแอมพลิจูดของสายอากาศ อาจเป็นการดีเทคแบบโบโลมิเตอร์ (bolometer detector) โดยต่อเข้าโดยตรงกับสายอากาศวัด และใช้เครื่องขยายสัญญาณเอาท์พุทเข้าเครื่องบันทึก ตัวส่งจะถูกมอดูเลตช่วงกว้างสัญญาณ ของระบบถูกจำกัดโดยโบโลมิเตอร์เป็นลักษณะสแควร์-ชลอร์ ประมาณ 40 dB สัญญาณที่ถูกดีเทค แล้วจะต่อกับเครื่องขยาย โดยเคเบิลที่มีอิมแดนซ์สูงเพื่อลดการสะท้อนกลับจากจุดต่อเคเบิลที่สายอากาศไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ระบบโบโลมิเตอร์-แอมพลิไฟเออร์นั้น ไม่มีช่วงกว้างสัญญาณ ความไว และการแยกความถี่สำหรับการวัดสายอากาศถูกพัฒนาเป็นระบบปรับแบบซูเปอร์เฮเทอโรไดน์ (superheterodyne receivers) ซึ่งจะถูกออกแบบมาใช้ในช่วงความถี่กว้างตั้งแต่ความถี่ไมกะเฮิรตซ์ สำหรับการรับความถี่ต่ำ สัญญาณที่รับจะถูกแปลงขึ้นให้อยู่ในช่วงที่รับได้ตัวรับสัญญาณถูกติดตั้งในห้องควบคุมและสายอากาศถูกควบคุมระยะทางไกล เพื่อหลีกเลี่ยงการลดทอนสัญญาณจากสายเคเบิลที่ความถี่ต่ำ และความไม่สะดวกของท่อนำคลื่นที่ยาวเกินไปของความถี่สูง โดยต่อมิกเซอร์ไว้ที่สายโคแอกเซียลที่นำสัญญาณจากโคคอลอสซิเลเตอร์ไปที่มิกเซอร์และ รับค่าความถี่ช่วงกลาง (intermediate frequency) กลับมา มีค่าจำกัดของการลดทอนของสายที่ต่อกับมิกเซอร์ประมาณ 15 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับมีทั้งแบบใช้มือ และปรับโดยมอเตอร์ การใช้มอเตอร์จะควบคุมความถี่อัตโนมัติโดยเครื่องกล และถูกออกแบบสำหรับการจับความถี่ได้

เครื่องบันทึกแพทเทิร์นสายอากาศ ถูกออกแบบให้ทำงานที่ความถี่พาหะสัญญาณเสียง 1 KHz เอาท์พุทของเครื่องรับจะเป็น 1 KHz ช่วงกว้างของเครื่องรับถูกออกแบบสำหรับการวัดเคลื่อนแบบต่อเนื่องสัญญาณมอดูเลท 1 KHz ถูกปรับในเครื่องรับจึงไม่ต้องปรับความถี่ของสัญญาณมอดูเลทจากแหล่งกำเนิดสัญญาณ

โบลอมิเตอร์ ถูกจับหาสัญญาณ 1 KHz ของความถี่พาหะช่วงกลาง ช่วงไดนามิกเรนจ์ของระบบการรับถูกจำกัดโดยสแควร์-ลอว์เรนจ์ของโบลอมิเตอร์ (ประมาณ 40 dB) วิธีชดเชยโดยการใส่แรงดันไบอัสในเครื่องขยายความถี่ช่วงกลาง ให้ปรับเปลี่ยนแกนโดยใช้โปเทนชิโอมิเตอร์ (potentiometer) ไดนามิกเรนจ์ถูกกดเพิ่มเติมเป็น 60 dB

ถ้าแหล่งกำเนิดสัญญาณไม่มีเสถียรภาพความถี่พอที่จะจำกัดความถี่เลื่อนไปได้จะต้องใช้ตัวควบคุมความถี่อัตโนมัติซึ่งจะชดเชยการคลาดเคลื่อนของโกลดอสซิลเลเตอร์ทำให้ไดนามิกเรนจ์ของสัญญาณอินพุทมากกว่า 40 dB

ถ้าต้องการความไว ความเที่ยงตรง และไดนามิกเรนจ์เพิ่มขึ้น ควรใช้ระบบดับเบิ้ล-คอนเวอร์ชันเฟส-ล็อก รีซีฟเวอร์ (double conversion phase lock receiver) ตัวรับแบบนี้จะให้สัญญาณเอาท์พุท 1 KHz โดยแปลงความถี่ 2 ครั้ง การทำเฮเทอไดน์ที่ความถี่กลางที่ 2 โดยใช้เทคนิคเฟสล็อก บล็อกไดอะแกรมของวงจรซึ่งเกิดแซนแนล ดับเบิ้ล คอนเวอร์ชัน เฮเทอไดน์ แสดงดังรูปที่ 2.13 วงจรเฟสล็อกจะทำให้เกิดความถี่กลางที่ 1 เพื่อซิงโครไนส์ล็อก ความถี่สำหรับให้คริสตัลอสซิลเลเตอร์มีความเสถียรภาพสูงความถี่ที่กล่าวจะไม่มีควมถี่อื่นปนอยู่ ในช่วงความถี่ผ่านวงจรเฟส-ล็อกถูก และเปลี่ยนความถี่เป็น 1 KHz โดยคริสตัลอสซิลเลเตอร์ตัวที่ 2 แบนด์วิธของความถี่กลางที่ 10 MHz และของความถี่กลางที่ 2 เป็น 100 Hz

นอยซ์แบนวิดท์ ของระบบดับเบิ้ลคอนเวอร์ชัน ประมาณ 2 เท่าเอาท์พุทแบนวิดท์ของเครื่องรับ คือ 200 Hz เปรียบเทียบกับวิธีสแควร์ ลอว์ ซึ่งมีนอยซ์แบนวิดท์ เป็น

$$(2B_1B_2)^{1/2} \quad (2.11)$$

B1 คือ แบนวิดท์ของเครื่องขยายความถี่กลาง

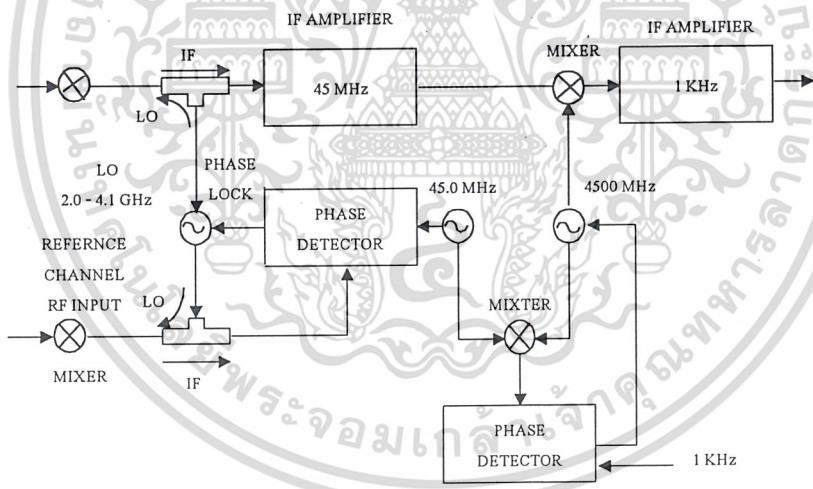
B2 คือ แบนวิดท์ของเครื่องขยายโพสดีเทคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B1 และ B2 แบบธรรมดาเป็น 1MHz และ 100 Hz การใช้ตัวแบบดับเบิ้ล-คอนเวอร์ชัน เฟส-ล็อก มีความไวในการรับมากกว่าแบบคอนเวนชันนอล

ข้อดีอีกข้อหนึ่งของตัวรับแบบดับเบิ้ล-คอนเวอร์ชัน เฟส-ล็อก คือการเปลี่ยนแปลงแรงดันเอาต์พุต เป็น 100 : 1 เท่ากับทางอินพุต อัตราส่วน 10 เอาต์พุต 100 : 1 ทำให้เกิดได้ง่าย และให้ไดนามิกเรนจ์ 60 dB ถ้าออกแบบดีจะได้ไดนามิกเรนจ์ 80 dB

การวัดสายอากาศบางครั้ง อัตราเร็วของข้อมูลเป็นสิ่งสำคัญ อัตราข้อมูลถูกจำกัดโดยการเคลื่อนที่ของสายอากาศที่ทดสอบและกรณีที่ถูกจำกัดโดยแบนด์วิธของวงจรเอาต์พุตของภาครับ ดังนั้น การเพิ่มอัตราข้อมูลต้องเพิ่มเอาต์พุตแบนด์วิธขึ้น แต่จะทำให้ความไว และไดนามิกเรนจ์ลดลง ดังนั้น จะมีจุดที่พบกันระหว่างเพิ่มอัตราข้อมูล และความไวของระบบ โดยปกติเมื่อเพิ่มเอาต์พุตแบนด์วิธจะต้องเพิ่มความถี่ด้วย ความไวของไบโอมิเตอร์ ดีเทคเตอร์ ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มเดมความถี่ที่มอดคูเลท และไม่เหมาะสมที่จะเพิ่มความถี่เอาต์พุตของภาครับแบบคอนเวนชันนอล ภาครับแบบดับเบิ้ล-คอนเวอร์ชัน เฟส-ล็อก ดีเทคเตอร์ ตัวอย่าง เช่น ถ้าความถี่เอาต์พุตแบนด์วิธเพิ่มโดยแฟคเตอร์ 10 ดังนั้น สำหรับภาครับนี้อัตราข้อมูลจะเพิ่มขึ้นโดยมีแฟคเตอร์ 10 โดยจะลดความไวของระบบลง 10 dB



รูปที่ 2.13 ระบบภาครับแบบ เฮทโรไดน์แบบพื้นฐานใช้ดับเบิ้ลคอนเวอร์ชันและเฟสล็อก

เฟส-ล็อกต้องการสัญญาณเปรียบเทียบที่ได้จากสายอากาศอ้างอิงหรือถ้าระยะทางสั้น ๆ จะใช้จากแหล่งกำเนิดสัญญาณเลย

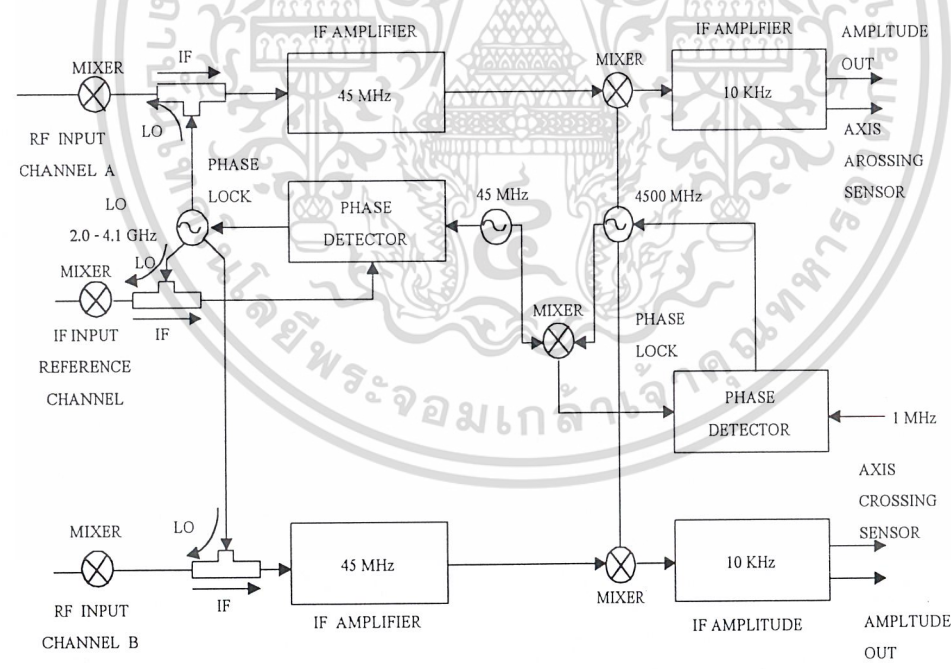
ถ้าต้องการวัดเฟสควรรใช้ภาครับแบบ คู่ออด แชนแนล ดับเบิ้ล-คอนเวอร์ชัน เฟส-ล็อก (dual channel double conversion ohased locked receiver) บล็อกไดอะแกรมแสดงในรูปที่ 2.14 วงจรคล้ายรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 2.15 ยกเว้นว่ามันมี 2 ช่องสัญญาณ A และ B ถูกป้อนโดยโลคอลออสซิลเลเตอร์ตัวที่ 1 และ 2 แรงดันเอาต์พุตของแต่ละแชนแนลไม่ขึ้นกับไดนามิกเรนจ์ของแต่ละระบบ

การกำจัดการรบกวนระหว่างช่องสัญญาณ (interchannel interference) โดยใช้ ไอโซเลเตอร์การซิด และการออกแบบอย่างระมัดระวัง การแบ่งแยกสัญญาณระหว่างแชนแนลอาจได้สูงกว่า 90 dB หลังจากการทำเฮโรดาซันซ์ของสัญญาณทั้ง 2 สัญญาณเป็นความถี่สุดท้าย ที่ 1KHz การวัดเฟสเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องใช้ รูปที่ 2.14 แสดงเอาต์พุตค่าที่ 2 จากแต่ละเครื่องขยายสัญญาณความถี่กลาง 1 KHz ต่ไปยังตัวตรวจจับการข้ามแกน (axis-crossing sensor) ซึ่งจะจับค่าเวลาของแอกซิชวครอสโอเวอร์ของสัญญาณ 1 KHz และจะให้พัลส์แคบ ๆ ทางเอาต์พุต การวัดระหว่างการข้ามแกนของสัญญาณในช่วง A และ B แปลงเป็นระดับได้โดยตรงที่ 1KHz โดยผลเป็นมาจากสัญญาณวิทยุทางอินพุต ในระบบนี้การเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูด และความต่างเฟสของสัญญาณทั้ง 2 แชนแนล วัดได้ในเวลาเดียวกัน โดยการอ่านออกมาเป็นอนาล็อกหรือดิจิทัล

ถ้าเครื่องรับใช้แบบระบบอัตโนมัติ จะมีการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วย เอาต์พุตควรเชื่อมต่อโดยตรงได้กับคอมพิวเตอร์และโลคอลออสซิลเลเตอร์ต้องมีความไวพอต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ระหว่างการวัด

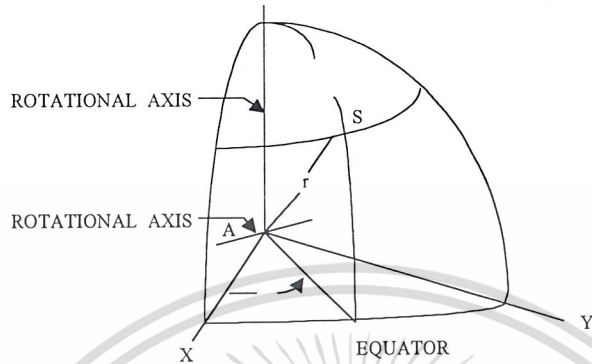


รูปที่ 2.14 ระบบภาครับแบบคู่อัด แชนแนล เฮโรดาซัน สำหรับเครื่องวัดเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 ระยะปรับตำแหน่ง

2.5.5.1 ตัวปรับตำแหน่งสายอากาศ สำหรับวิธีติดตั้งอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ ตามแนวเส้นขอบสายตาต้องพิจารณาตามแนวตัดของมุม θ และ ϕ ดังรูปที่ 1.15 เส้น OS เป็นทิศทางของสายอากาศ



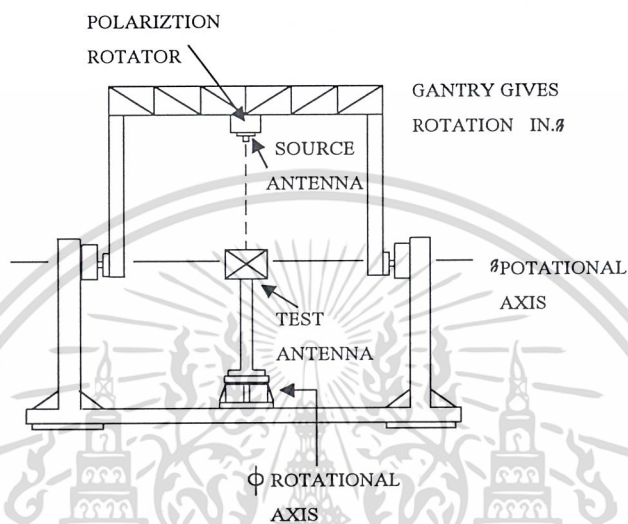
รูปที่ 2.15 แกนหมุนทั้ง 2 แกนของตัวปรับตำแหน่งสายอากาศใช้โคออดิเนตทรงกลม

รูปแบบของการปรับตำแหน่งสำหรับระบบการเคลื่อนที่ตามระดับสายตาแสดงในรูปที่ 2.16 ประกอบด้วยขาที่ตั้งปรับมุมในแนว θ และตัวปรับตำแหน่งอะซิมูทจะหมุนในแนว ϕ ลักษณะนี้ใช้ในกรณีระยะทางระหว่างสายอากาศ 2 ต้นถูกจำกัด มีประโยชน์สำหรับทดสอบสายอากาศขนาดเล็ก เช่น ตัวนำสัญญาณตัวแรก (primary feed) สายอากาศแบบสะท้อน (reflector antenna) การติดตั้งโดยการยึดขาตั้งกับสายอากาศจะได้หมุนได้ครึ่งวงกลมในแนวโค้ง ดังนั้นการหมุนขาคีดและหมุนแป้นหมุนในแนวนอนจะปรับได้ทั้ง θ และ ϕ ในกรณีของระบบกำหนดเส้นขอบตา การหมุน θ และ ϕ ถูกกำหนดโดยตัวปรับตำแหน่งของสายอากาศที่ทดสอบตัวปรับตำแหน่งที่ใช้มี 2 แบบ คือ ปรับแบบอะซิมูทแบบหมุนยกขึ้น และแบบปรับมุมบนมุมยกอะซิมูทดังแสดงในรูปที่ 2.17 ตัวอย่างของตัวปรับตำแหน่งแบบปรับมุมยกบนมุมอะซิมูท คือ แบบทาวเวอร์ ในรูปที่ 2.18 ส่วนใหญ่จะใช้แบบปรับมุมอะซิมูทแบบยกเพราะว่ามีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากกว่า

การพิจารณาจะต้องให้โคออดิเนตของสายอากาศที่ทดสอบตรงกับของตัวปรับตำแหน่งที่ทดสอบ ไม่เช่นนั้นการแปลความข้อมูลที่ได้รับเข้ามาและการหาค่าความผิดพลาดจะยากขึ้น ลักษณะทางการภาพของสายอากาศที่ทดสอบ และรูปแบบการกระจายคลื่นเป็นสิ่งจำเป็นในการพิจารณาในการเลือกตำแหน่ง และจำเป็นที่จะต้องออกแบบโดยปรับตำแหน่งให้ตรงตามความต้องการในการวัดเฉพาะแบบ ไม่ใช้การเคลื่อนที่แบบมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบตัวปรับตำแหน่งเปรี๊พิเศษอาจใช้แบบการกระจายคลื่นของสายอากาศเป็นแบบไอโซโทรปิก ตัวปรับตำแหน่งต้องถูกออกแบบไม่ให้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศที่ทดสอบอยู่ วิธีหนึ่ง คือ ยึดสายอากาศบนปลายของแขนที่ไม่ใช่โลหะ อีกวิธีหนึ่งคือ ยึดสายอากาศบนโครงพลาสติกโฟม แต่ละวิธีจะทำให้การหมุนลำบากมากขึ้น



รูปที่ 2.16 รูปแบบของตัวปรับตำแหน่งโดยสายอากาศถูกโดยหาที่หมุนในแนว θ

ถ้าต้องการวัดโพลาริเซชัน สายอากาศส่งควรปรับเปลี่ยนโพลาริเซชันได้ด้วยอาจเปลี่ยนโดยไปสวิตซ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ระหว่างโพลาริเซชัน แบบลิเนียร์ทั้ง 2 แบบ หรือ แบบวงกลม สำหรับกรณีของลิเนียร์โพลาริเซชันอาจใช้วิธีธรรมดาโดยใช้ตัวปรับตำแหน่งสายอากาศที่สามารถหมุนสายอากาศในแนวโพลาริเซชันได้อย่างน้อย 180 องศา ถึงแม้ว่าการวัดโพลาริเซชันบางวิธีจะหมุนได้ถึง 360 องศา ขณะวัดก็ตาม

2.5.5.2 ความผิดพลาดของตัวปรับตำแหน่งสายอากาศ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะเป็นความผิดพลาดของมุมหรือของตำแหน่งต่อไปนี้ที่เกิดขึ้นพอสังเขป

1. ความผิดพลาดทางเรขาคณิต

- ความผิดพลาดจากการวางแนวแกนโคออดิเนตเป็นการวางตำแหน่งของสายอากาศคลาดเคลื่อนจากปรับตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความผิดพลาดจากการไม่ตั้งฉาก เป็นความผิดพลาดจากการไม่ตั้งฉากกันของแกนหมุนของแกน ของตัวปรับตำแหน่งสายอากาศ
- ความผิดพลาดคอลลิเมชัน (collimation error) เป็นการไม่ตั้งฉากของแกนของมุม θ กับเส้นตรงที่ลากจากจุดศูนย์กลางของระบบ โคออดิเนตของตัวปรับตำแหน่งไปยังสายอากาศส่ง (เส้น OS ในรูปที่ 2.15)
- ความสั่นคลอนของแกน

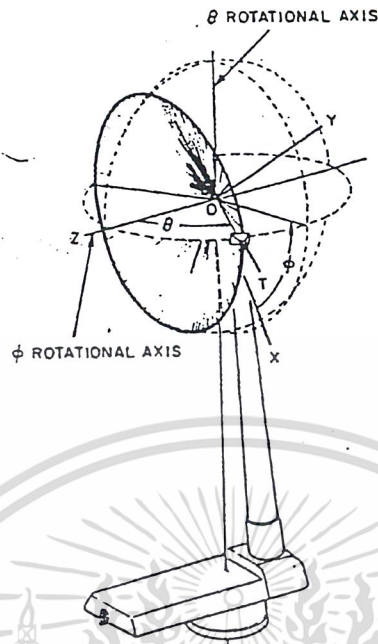
2. ความผิดพลาดของตำแหน่ง เป็นความผิดพลาดในการกำหนดมุมตำแหน่งไม่ตรงกับค่าที่ต้องการ

3. ความผิดพลาดจากการหดตัวและขยายตัว เนื่องจากความร้อนทำให้ตัวปรับตำแหน่งเกิดแรงกระทำเปลี่ยนไป

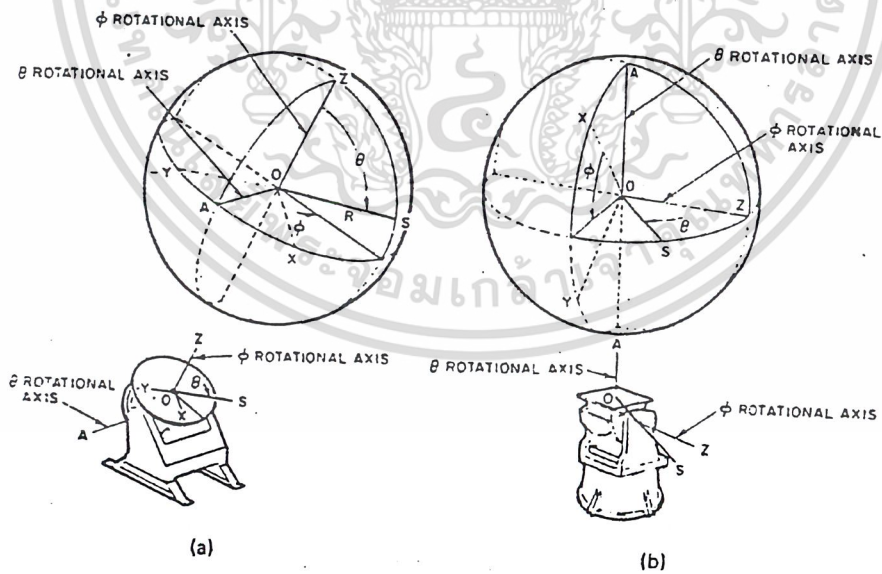
ความผิดพลาดทางเรขาคณิตบางอย่างมีอยู่ในการออกแบบและในโครงสร้างของตัวปรับตำแหน่ง อย่างไรก็ตามถ้าออกแบบดีพอ ความผิดพลาดนี้จะน้อยมาก และขนาดของมันจะถูกกำหนดจากคู่มือของโรงงานผู้ผลิต สำหรับความผิดพลาดจากการติดตั้งของตัวปรับตำแหน่งและการยืดสายอากาศ สามารถควบคุมโดยผู้ควบคุม ซึ่งควรให้ความสนใจในการยืดสายอากาศกับตัวปรับตำแหน่งให้ตรงกัน ข้อมูลของตำแหน่งของมุมจะได้จากระบบซิงโคร, โปเทนชิโอมิเตอร์ หรือตัวถอดสัญญาณดิจิทัล ตัวปรับตำแหน่งทางการค้าใช้ระบบมอดูล ซิงโคร มีอัตราทดตัวส่ง 1:1 และ 36: 1 ของแต่ละแกน ระบบการอ่านค่าเป็นตัวทั้งอนาล็อกและดิจิทัล แบบอนาล็อก ประกอบตัวตัวส่ง

ข้อมูลของตำแหน่งของมุมจะได้จากระบบซิงโคร, โปเทนชิโอมิเตอร์ หรือตัวถอดสัญญาณดิจิทัล ตัวปรับตำแหน่งทางการค้าใช้ระบบมอดูล ซิงโคร มีอัตราทดตัวส่ง 1:1 และ 36: 1 ของแต่ละแกน ระบบการอ่านค่าเป็นตัวทั้งอนาล็อกและดิจิทัล แบบอนาล็อก ประกอบตัวตัวส่งตัวแสดงตัวรับแบบซิงโคร ในแบบดิจิทัลต้องการตัวแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัลเพิ่มขึ้น ค่าความผิดพลาดจากการอ่านค่าประมาณ 0.005 ถึงน้อยกว่า 0.01 องศา ขึ้นอยู่กับส่วนที่มาประกอบ ตัวถอดสัญญาณ

ดิจิทัลแบบขับเคลื่อนโดยตรง (direct-driver digital encoders) มีความแม่นยำกว่าแบบเกียร์ซิงโคร และจะใช้เมื่อต้องการความแม่นยำสูง ตัวถอดรหัสสัญญาณดิจิทัลความแม่นยำสูงอาจเป็นได้ทั้งแบบมัลติโพล รีโซลเวอร์ หรือแบบออฟดิคัล



รูปที่ 2.17 แสดงการปรับแบบอะซิมูตบนมุมยกขึ้น และแบบปรับมุมบนมุมยกอะซิมูต



รูปที่ 2.18 แสดงการปรับมุมแบบทาวเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาดจากการหักเห เกิดความร้อนจากแสงอาทิตย์สามารถทำให้ลดลงได้โดยใช้แสงอาทิตย์ใช้หุ้มฉนวน ทาสีสะท้อนแสง และใช้เครื่องกำบัง วิธีเหล่านี้ทำให้เกิดการโค้งงอของโมเมนต์เปลี่ยนแปลงไป พื้นที่ผิวที่จุดยึดสายอากาศแก้ไขโดยออกแบบให้น้ำหนักในการยึดสายอากาศเกิดการรวมตัวอย่างสมดุล ซึ่งทำให้โมเมนต์ที่ลดลง

2.5.6 เครื่องบันทึกแพทเทิร์นของสายอากาศ เครื่องบันทึกแพทเทิร์นของสายอากาศนี้ จะแสดงรูปแบบของสายอากาศออกมาให้เห็น จะพล็อตความแรงของสัญญาณที่ได้รับที่สายอากาศที่ทดสอบ โดยใช้ฟังก์ชันของมุมของตำแหน่งของสายอากาศ สัญญาณที่พล็อตได้นี้มาจากเสาพุทของภาครับ หรือได้โดยตรงจากตัวดีเทคสัญญาณไมโครเวฟ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของระบบภาครับที่ใช้กัน ข้อมูลของตำแหน่งได้จากตัวส่งแบบซิงโค หรือตัวถอดรหัสดิจิทัลที่ต่อกับแกนของตัวปรับตำแหน่ง ถ้าการวัดความแรงของสัญญาณมุมเฟสที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณทั้งสองจะถูกบันทึกได้ถ้าระบบภาครับให้เสาพุทเป็นดีซี ที่มีขนาดเป็นสัดส่วนของมุมเฟสของความถี่วิทยุ

เครื่องบันทึกแพทเทิร์นของสายอากาศ ใช้ระบบเซอร์โวอิเล็กทรอนิกส์โคโรแมคคานิคอลเป็นตัวขับเคลื่อนแกนของเครื่องบันทึก ระบบซาร์ทเซอร์จะกำหนดตำแหน่งที่บันทึกลงบนกระดาษเป็นฟังก์ชันของมุมตำแหน่งของสายอากาศระบบเพนเซอร์จะใช้หัวบันทึก บันทึกผลตามระดับสัญญาณอินพุท ระบบการเขียนหมึกโดยมากจะนิยมใช้ทั้งแบบไฟฟ้า ความร้อน ความไวต่อความดัน หรือระบบถ่ายภาพที่มีคุณภาพสูง ระบบเขียนความไวสูง นำมาใช้ใหม่ได้อีกประหยัด และมีระบบหมึกที่ไม่ยุ่งยาก

แพทเทิร์นสายอากาศอาจบันทึกได้แบบโพลาไรซ์หรือแบบเรคแทนกูลาร์ แบบโพลาไรซ์นิยมพล็อตของสายอากาศที่ไม่มีหลายทิศทาง แบบเรคแทนกูลาร์จะใช้ประโยชน์สำหรับแสดงการกระจายพลังงานในบรรยากาศ ตัวอย่างในรูปที่ 2.19(a)

สำหรับรูปแบบเรคแทนกูลาร์ แสดงในรูปที่ 2.19 b แกน y เป็นแกนแอมพลิจูดของสัญญาณ และแกน x เป็นค่ามุม การพล็อตแบบเรคแทนกูลาร์นี้จะให้แพทเทิร์นแบบบีบแคบ เพราะช่วงของค่าต่างๆ ที่จะพล็อตจะมีความแออัดน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกราฟโพลาไรซ์ เพื่อจะทำความแตกต่างของบีบอัดของแพทเทิร์นของการแสดงผลแบบเรคแทนกูลาร์ หมดไป จะต้องเลือก สเกลของตารางให้เหมาะสม

การขยายสเกลของตารางโคออดิเนตแบบเรคแทนกูลาร์ ทำได้โดยเก็บข้อมูลของมุมของตัวส่งแบบซิงโครที่สวมกับแกนของตัวปรับตำแหน่ง ดังนั้นแกนของซิงโคนจะหมุนเป็นจำนวนเท่าของการหมุนที่แทนหมุนของตัวปรับตำแหน่ง อัตราส่วนซิงโค 36:1 เป็นอัตราส่วนปกติที่ใช้อยู่ การหมุนของแกนซิงโค 1 รอบ ตรงกับการหมุนของตัวปรับตำแหน่ง 10 องศา อัตราส่วนนี้จะทำให้การอ่านข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูลตำแหน่งของมุมสะดวกกว่า เช่นที่ ตัวแสดงผลระบบซิงโครแบบชี้คู่ (dual-pointer synchro indicators) ซึ่งใช้อัตราส่วน 36:6 อัตราส่วน 36:6 เป็นตัวเลขในระบบเลขฐานสิบ

บันทึกอัตราส่วน เช่น 16:1 หรือ 32:1 ถูกใช้ในระบบซิงโครแบบความเร็วคู่ (dual-speed synchro systems) โดยที่ตำแหน่งของมุมถูกอ่านเป็นตัวเลขไปนารี

โดยที่ระบบส่งแบบซิงโครสองความเร็ว 1:1 และ 36:1 ใช้สเกลของตารางที่บันทึก (หรือหนึ่งรอบของตาราง) คือ 10 องศา และ 360 องศา ช่วงระหว่างกลางของรอบวงรอบ 60 องศา ของตารางจะได้มาโดยสวมซิงโครกับแนวแกนของตารางของเครื่องบันทึกที่อัตราส่วน 6:1 ดังนั้นการหมุน 6 รอบของตัวส่ง ซิงโคร 36 : 1 (synchro transmitted) จะเป็นการหมุนของตาราง 1 รอบ

เครื่องบันทึกแบบเรคแทนกูลาร์ กระดาษตารางถูกขับโดยชาร์ทเซอร์โว เช่นเครื่องบันทึกแบบม้วนตาราง ถ้าหัวบันทึกถูกขับเคลื่อนไปในแนว X และ Y เครื่องบันทึกนี้จะเป็น x-y (x-y recorder) ส่วนการบันทึกแบบโพลาร์จะใช้วิธีหมุนแป้นด้วยเซอร์โว อย่างไรก็ตามการบันทึกแบบ x-y จะสามารถเปลี่ยนเป็นแบบโพลาร์โดยใช้กระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์เปลี่ยนโคออดิเนตได้ ในทางปฏิบัติจะใช้อัตราส่วนซิงโคร 1:1 เท่านั้น เครื่องบันทึกแพทเทิร์นของสายอากาศ โดยปกติจะทำให้เลือกฟังก์ชันของแอมพลิฟายด์ได้โดย การหักเหของหัวบันทึกอาจเป็นส่วนโดยตรงกับระดับสัญญาณอินพุตของเครื่อง หรือเป็นส่วนกับกำลังสองรากที่สอง หรือลอการิทึมของอินพุตถ้าฟังก์ชันการพล็อตของหัวบันทึกเป็นรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งไม่ว่าลิเนียร์หรือแบบสแควร์-ลอว์ ค่าที่บันทึกอาจเป็นฟังก์ชันของพลังงานที่ความถี่วิทยุ หรือระดับสัญญาณสัมพันธ์กันในหน่วยเดซิเบล ดังจะแสดงต่อไป

แพทเทิร์นของพลังงานที่สัมพันธ์กัน (relative power pattern) ความหนาแน่นของพลังงานในแบบต่าง ๆ ที่ระยะทางคงที่จากสายอากาศโดยเป็นฟังก์ชันของมุม แสดงในรูปที่ 2.20(a) แพทเทิร์นของพลังงานมักจะใช้สำหรับการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ไม่มากนักระหว่าง 100 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสูงสุด ค่าพลังงานที่อยู่ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าเต็มสเกลนั้นทำได้ยากที่จะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับแพทเทิร์นของพลังงานจะใช้คำนวณค่าเดซิเบลที่ดี และบางครั้งใช้เพื่อหาค่าฮาด์ฟ-เพาเวอร์ บีมวิทของสายอากาศ เพราะที่ระดับสัญญาณค่าสูง ๆ จะมีผลการกระจายค่าเพิ่มขึ้น แต่ถ้าระดับไซด์โลบ (side lobe) มีค่าต่ำและอัตราส่วนของสัญญาณด้านหน้าต่อด้านหลังไม่ควรใช้แพทเทิร์นนี้

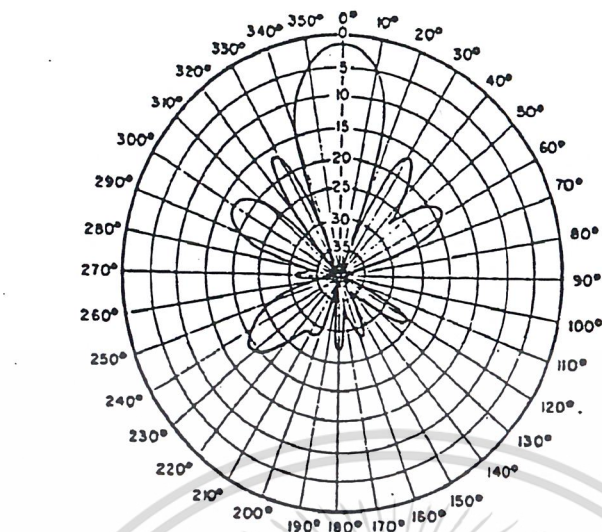
แพทเทิร์นของสนามไฟฟ้าที่สัมพันธ์กันแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ระยะทางคงที่จากสายอากาศ โดยเป็นฟังก์ชันกับตำแหน่งมุม รูปที่ 1.20(b) แพทเทิร์นนี้จะให้ค่าไซด์โลบ (side lobe) สูงกว่าแบบแรก แต่เป็นผลให้การเปลี่ยนแปลงค่าที่ใกล้ค่าสูงสุดน้อยเหมือนเดิม ค่าระดับพลังงานครึ่งหนึ่งจะเป็น 0.727 เท่าของค่าเต็มสเกล

ถ้าสเกลของเครื่องบันทึกเป็นเดซิเบล แพทเทิร์นจะมีเกณฑ์ที่เป็นความสัมพันธ์ทางลอการิทึมรูปแบบอย่างนี้ใช้เมื่อเกณฑ์ของสายอากาศเป็นเดซิเบล สเกลเดซิเบลจะให้ค่าคงที่ตลอดช่วงและมีไดนามิกเรนจ์กว่าแบบอื่น ๆ และการเปลี่ยนเทียบแพทเทิร์นทำได้ง่ายกว่า ถ้ามีความแตกต่างของแกนของระบบเท่ากับค่าออฟเซตของข้อมูลของเครื่องบันทึกย่านของการบันทึกมักจะอยู่ในย่าน 40 dB เพราะในย่านนี้จะสามารถแสดงให้เห็นระดับของไซด์โลบ (side lobe) ได้ และแยกออกมาจากเมนโลบได้ รูปที่ 2.20(c) อย่างไรก็ตามการที่จะทำให้ช่วง 40 dB โดยตัวดีเทคแบบสแควร์-ลอว์ เครื่องบันทึกควรมีไดนามิกเรนจ์ 0 dB และน้อยของเครื่องบันทึกควนใช้มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าต่ำสุดของระดับสัญญาณอินพุต โดยควรมีค่าประมาณ 110 ถึง 120 dB ต่ำกว่าค่าเต็มสเกล ยังมีรูปแบบอื่นอีกในการแสดงแพทเทิร์นของสายอากาศที่มีการใช้ง่ายอย่างกว้างขวางแพทเทิร์นการกระจายค่าที่สมบูรณ์สามารถแสดงบนกระดาษแผ่นเดียว เรียกว่า การพล็อตเส้นแสดงรูปร่าง (control plot) โดยต่อจุดของระดับสัญญาณให้เป็นเส้นระดับขึ้นมาเหมือนกับการทำแผนที่ลักษณะภูมิประเทศ คีย์เลเวล (key level) เป็นส่วนที่ใช้ในการแปลงกราฟ และใช้สีเพื่อแสดงความแตกต่างของลักษณะกราฟ โดยปกติจะใช้คอมพิวเตอร์กราฟฟิคช่วย วิธีที่พบว่ามีการใช้อย่างกว้างขวางอีกวิธีหนึ่งคือวิธีใช้ตารางแยกการกระจายคลื่น (radiation distribution table) ที่จะให้ข้อมูลพื้นฐานเหมือนกับแบบการพล็อตเส้นแสดงรูปร่าง แต่ทำได้ง่ายกว่าดังแสดงในรูปที่ 2.21 ระดับสัญญาณถูกพิมพ์เป็นเดซิเบลโดยมีทั้งมุม θ และ ϕ กราฟที่แสดงได้จากการสแกนในมุม ϕ และจะเป็นจังหวะในมุม θ ตามแต่ละแนวตัดของมุม ϕ ตามรูปมุม θ และ ϕ เพิ่มขึ้นทีละ 0.5 ไดนามิกเรนจ์มีค่าเท่ากับ 40 dB ระดับสัญญาณถูกตรวจวัดโดยตัวลอจิสต์ที่ต่อกับโปเทนชิโอมิเตอร์แบบลอการิทึมที่ใช้เซอร์โวเป็นตัวขับ ในตัวบันทึกแพทเทิร์นสายอากาศและพิมพ์ออกมาบนแบบพิมพ์ข้อมูล

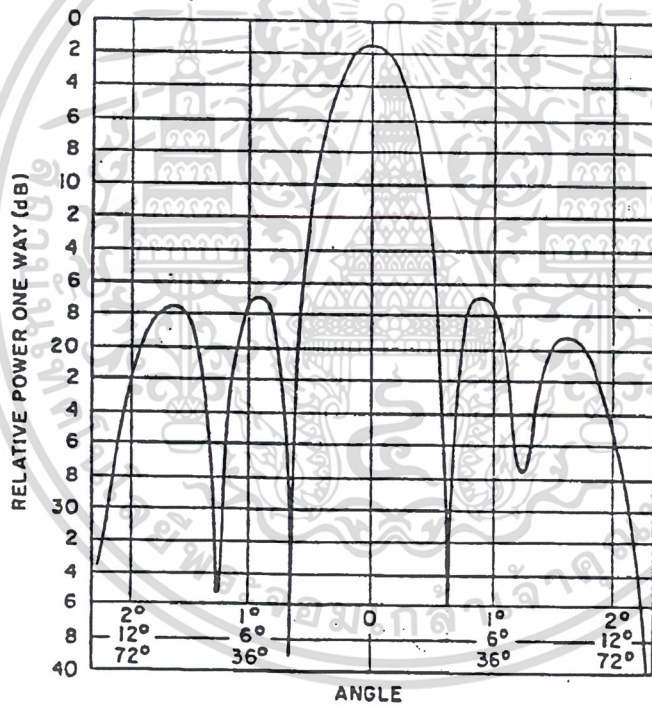
2.5.7 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสำหรับการใช้โปรเซสข้อมูลและใช้ในการควบคุมถึงแม้ว่าไม่ได้แสดงในรูป 2.21 อุปกรณ์มินิคอมพิวเตอร์ก็จะรวบรวมข้อมูล ควบคุม และการโปรเซสข้อมูลในระดับการวัดสายอากาศแบบอัตโนมัติอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สามารถจะประกอบเข้ากับอุปกรณ์ทางอินพุต-เอาท์พุตได้หลายแบบขึ้นอยู่กับการต้องการของโปรแกรมรายการการวัดและแบบเทปแม่เหล็ก อุปกรณ์ทางไกล เทปกระดาษ ใช้สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์บันทึกข้อมูลและเก็บข้อมูล คอมพิวเตอร์กลายเป็นแหล่งที่เก็บข้อมูลที่สามารถเรียกขึ้นมาสนองความต้องการขึ้นพื้นฐานของระบบได้

ในการแก้ปัญหาสำหรับการใช้โปรเซสข้อมูลและควบคุม คอมพิวเตอร์สามารถโปรแกรมเพื่อแยกแยะและลดข้อมูลผลการวัดลดลง ตัวอย่างเช่น คุณสมบัติทางโพลาไรเซชันของสายอากาศที่สามารถถูกคำนวณได้ดีเหมือนกับไดเรกทิวิตีของมันการพล็อตด้วยคอมพิวเตอร์จะแสดงแพทเทิร์นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



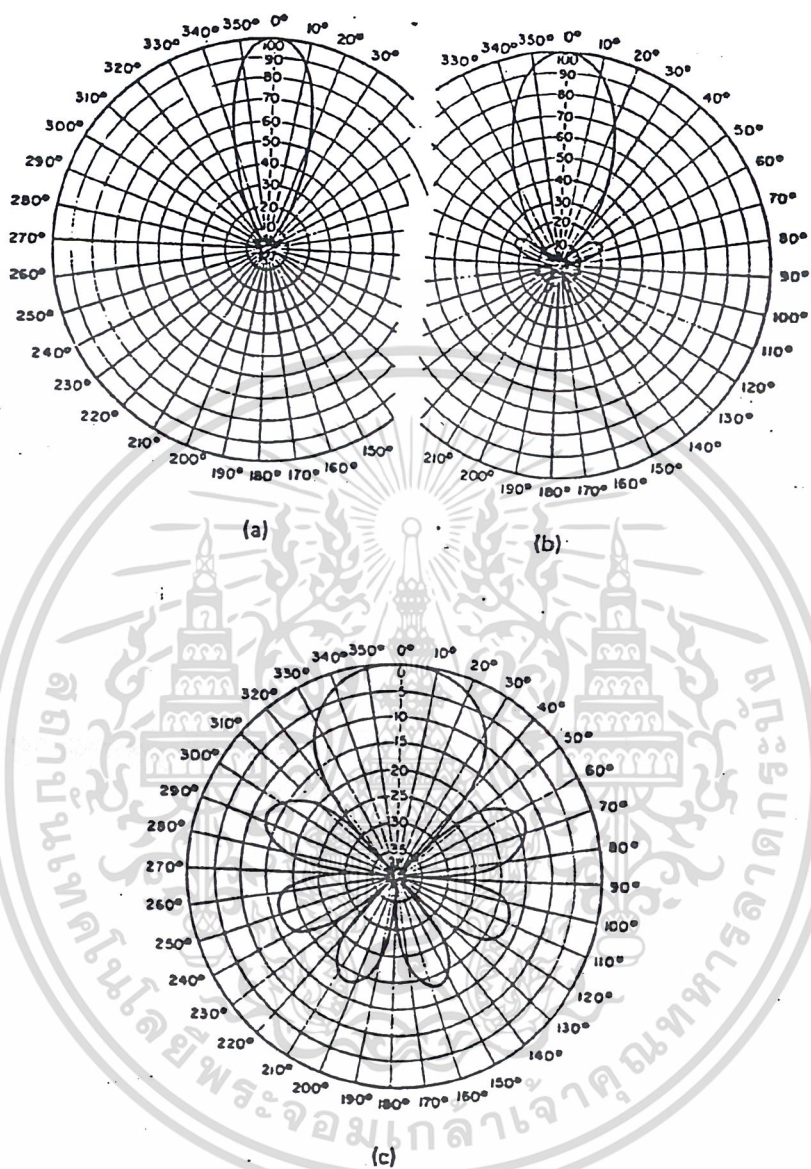
(a)



(b)

รูปที่ 2.19 แสดงแพทเทิร์นสายอากาศแบบโพลาร์และแบบเรคแทนกูลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



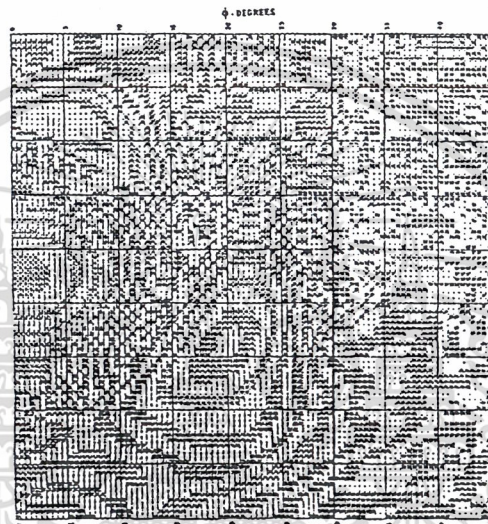
รูปที่ 2.20 แสดงผลจากการวัดแพทเทิร์นแบบโพลาริโนสายอากาศ

สายอากาศได้หลายแบบ ไม่เพียงแต่การพล็อตเส้นแสดงรูปร่างเท่านั้นแต่ยังพล็อตแบบสามมิติได้อีกด้วย สำหรับโปรแกรมที่มีความยาวหรือสำหรับโปรแกรมที่มีความสะดวกขึ้น การบันทึกข้อมูลสามารถทำได้โดยใช้คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่กว่าเพื่อให้ผู้ใช้สะดวกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การหayaanของสายอากาศ (antenna-range evaluation)

2.6.1 กล่าวโดยทั่วไป เมื่อช่วงแพทเทิร์นของสายอากาศถูกออกแบบมาสร้าง และใช้จำเป็นที่จะต้องทดลองกำหนดย่านทดสอบ (test region) ที่สนามแม่เหล็กไฟฟ้าส่งกระจายได้จริง ที่จริงโปรแกรมการหาค่าไปเรื่อย ๆ จะใช้เพื่อกำหนดค่าหรือไม่ก็ทำให้ประสบการณ์ที่ผิดพลาดจะได้น้อยลง จำนวนครั้งการทดสอบหาค่าจะขึ้นอยู่กับพิจารณาว่าในการวัดอย่างแม่นยำ และการหา



รูปที่ 2.21 ผลจากการวัดซึ่งได้มาจากคอมพิวเตอร์

หลักฐานมาประกอบความแม่นยำ การกระจายของสนามในย่านทดสอบจะออกนอกค่าที่ทำนายไว้จากการคำนวณเพราะการสะท้อนจากโครงสร้างที่ใช้ยึดต่าง ๆ สายเคเบิล สิ่งกีดขวางที่อยู่บนหรือใกล้บริเวณที่จะวัด และจากความไม่สม่ำเสมอของพื้นผิวบริเวณที่ทำการวัด รวมทั้งการรบกวนทางความถี่วิทยุทำให้เกิดความยุ่งยากอยู่บ่อย ๆ การตรวจสอบส่วนต่าง ๆ ของสนามที่เกิดขึ้นได้จากทุก ๆ ทิศทางของสายอากาศและความกว้างของมุมของสายอากาศส่ง อย่างแรกเรียกว่า สนามที่เกิดใกล้แกน อย่างหลังเรียกว่าสนามที่เกิดจากมุมกว้าง สนามที่เกิดใกล้แกนอาจกำหนดได้จากการใช้โพรับวัดสนามบนระนาบที่ตั้งฉากกับแกน และตรงกันกับตำแหน่งของสายอากาศทดสอบ ระนาบนี้เรียกว่าระนาบของการทดสอบ

2.6.2 การใช้โพรับวัดสนามไฟฟ้าระนาบทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

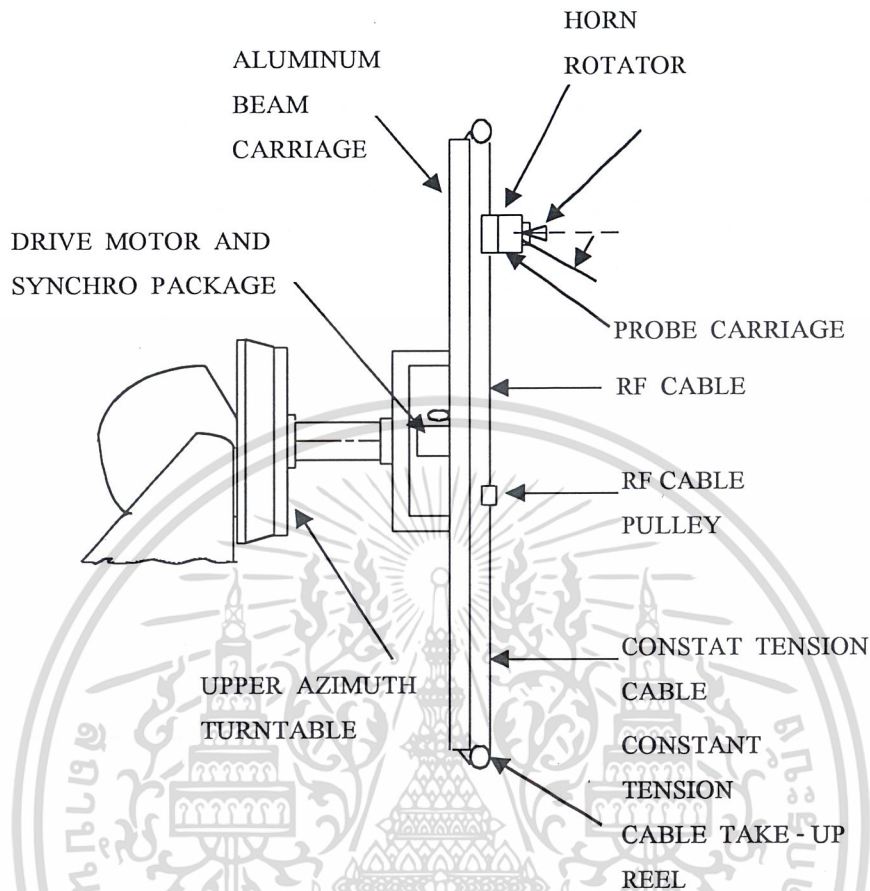
การวัดสนามไฟฟ้าของโพรบจะต้องตั้งแกนของตัวปรับตำแหน่งให้ตรง เช่น ในแกนตั้ง (แกน ϕ) สำหรับกรณีตัวปรับตำแหน่งแบบปรับมุมอะซิมมมติก หรือแกน θ สำหรับตัวปรับตำแหน่งบนมุมยกบนมุมอะซิมมมติก รวมทั้งแบบทาวเวอร์ด้วยสามารถปรับได้โดยใช้ไคลโนมิเตอร์ (cliono meter) หรือปรับด้วยระดับที่กำหนดไว้แน่นอน สำหรับแบบทาวเวอร์ต้องใช้ลูกดิ่งในการปรับแกนด้วย และใช้สโคปติดบนส่วนยอดของทาวเวอร์ เพื่อปรับแกนนอน (แกน ϕ) เมื่อปรับแกนต่าง ๆ ให้ตรงได้แล้ว จึงใช้โพรบมาต่อ โพรบที่ใช้มักจะเป็นสายอากาศแบบฮอร์นปिरามิดหรือสายอากาศไดโพลแบบล็อก ยึดบนแท่นและสามารถเลื่อนไปตามแท่ง บิ๊ปได้ ส่วนประกอบทั้งหมดจะถูกยึดบนตัวปรับตำแหน่งที่เหมาะสมกัน การวัดสนามที่เกิดขึ้นได้อาจสุ่มเป็นฟังก์ชันของตำแหน่งบนระนาบทดสอบ ภาพร่างของโพรบวัดแสดงในรูปที่ 2.22 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของโพรบถูกควบคุมระยะไกลและใช้ระบบขึงโครหรือโปเทนชิโอมิเตอร์เพื่อแสดงตำแหน่งของโพรบสายอากาศในทันทีทันใด การพล็อตค่าแอมพลิจูดของสนามที่รับได้เป็นฟังก์ชันของตำแหน่งจะเป็นไปอย่างต่อเนื่องโดยอัตโนมัติ ข้อมูลเหล่านี้มักจะแสดงเป็นเดซิเบล

โพรบสายอากาศควรอยู่ในตำแหน่งที่กำจัดการสะท้อนจากมุมกว้างและการสะท้อนจากโครงสร้างของตัวยึดโพรบด้วย ควรระมัดระวังในการติดตั้งดูคลื่นคลื่น ข้างหลังโพรบสายอากาศ ระนาบ E และ H เป็นส่วนหลักของพื้นผิวการตัดอยู่ในช่วงฮาล์ฟ-เพาเวอร์ บิ๊ปวิบริรทฐานที่ใช้กำหนดเงื่อนไขคือ

$$\theta_3 \geq 2 \tan^{-1}(4h_r / R) \quad (2.12)$$

การหมุนของโพรบสายอากาศรอบแกนจะวัดได้สองแนว คือ แนวตั้งและแนวนอนซึ่งจำเป็นต้องใช้สองโพลาริซ์ และการวัดค่าจากนี้ไปจะต้องวัดทั้งสองแบบทุกครั้งไป และจะเป็นการดีถ้าวัดส่วนประกอบสัญญาณมาเข้าขั้วโพลาริซ์ของสายอากาศส่ง เพราะไม่เพียงแต่ตัวสายอากาศส่งเองที่จะสร้างส่วนประกอบสัญญาณที่ขั้วโพลาริซ์เท่านั้นแต่ยังมาจากการสะท้อนของคลื่นจากความไม่สม่ำเสมอหรือความโค้งงอของวัตถุ

หลักการข้อหนึ่งของการใช้โพรบวัด คือ จะรู้สาเหตุการสะท้อนของคลื่นซึ่งทำให้แก้ไขได้ ถ้ามีส่วนที่ทำให้เกิดการสะท้อนหลัก ๆ เพียงส่วนเดียวจะวัดข้อมูลได้ค่อนข้างง่ายกว่าคลื่นตรง คือ คลื่นที่เดินทางตั้งฉากกับระนาบของสายอากาศ และคลื่นสะท้อน



รูปที่ 2.22 แสดงการติดตั้งโพรับ

h_r คือ ความสูงของสายอากาศที่ทดสอบ

R คือ ระยะทางในย่านที่ใช้วัด

θ_3 คือ มุมของค่า 3dB บีบวิธของโพรับสายอากาศ

คลื่นที่เดินทางทำมุม 0 องศา กับทิศทางของสายอากาศ จากรูปที่ 2.23 เป็นแพทเทิร์นที่มีการรบกวนของคลื่นบนระนาบทดสอบ คล้าย P ของรูปคลื่นลัพธ์ได้จากสูตร

$$P = \lambda / \sin \theta \quad (2.13)$$

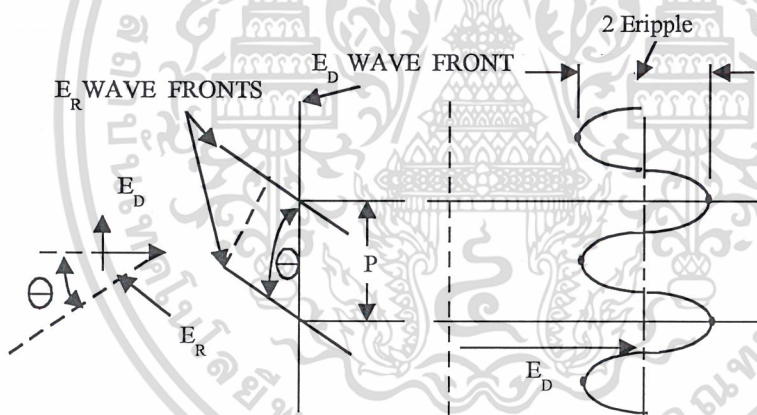
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าโพรบเคลื่อนที่ไปตามแนวระนาบ ทดสอบโดยตัดผ่านระบบของทิศทางการแผ่ของคลื่นตรงและคลื่นสะท้อน และระนาบของสายอากาศที่ทดสอบจะได้ดังรูปที่ 2.23 อย่างไรก็ตามถ้าโพรบถูกหมุนไปด้านอื่นของระนาบทดสอบ ระยะคาบจะเพิ่มขึ้นและมีค่าเป็น

$$P' = \lambda / \sin \theta \cos \alpha \quad (2.14)$$

α คือมุมระหว่างโพรบที่อยู่ตามรูปที่ 2.23 กับด้านที่หันไปใหม่ จากผลเหล่านี้จะเห็นว่าการวัดสนามบนศูนย์กลางเส้นรัศมีของระนาบทดสอบจะหาค้นสะท้อนได้ ค่าแอมพลิจูดขดถึงยอด ของแพทเทิร์นที่เกิดการการรบกวนเป็นผลจากความสัมพันธ์ของแอมพลิจูดของคลื่นสะท้อน E_R และคลื่นตรง E_D จะได้อัตราส่วนในรูปเดซิเบลเป็น

$$E_R / E_D (dB) = 20 \log [(-1 + \text{anti log}(\sigma / 120)) / (1 + \text{anti log}(\sigma / 120))] \quad (2.15)$$



รูปที่ 2.23 แพทเทิร์นแสดงเกี่ยวกับระยะทางการรบกวนจากคลื่นสะท้อน

σ คือ ความแตกต่างในหน่วยเดซิเบลระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุด

แพทเทิร์นที่วัดได้อัตราส่วน $E_R / E_D (dB)$ จะถูกพล็อตในฟังก์ชันของ σ ในรูป 2.24 ในกรณีทั่ว ๆ ไปมีคลื่นสะท้อนหลายคลื่น โดยมีคลื่นสะท้อนจากพื้นดินอยู่ด้วย สำหรับการวัดสนามเป็นการประกอบส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน อย่างไรก็ตามที่คลื่นสะท้อนหลักจะได้จากข้อมูลที่วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การวัดสนามที่เกิดขึ้นใกล้แกนบนระยะอีลิเวชัน (incident-field measurements near the range axis on an elevated range) ถ้าการเปลี่ยนแปลงการกระจายของแอมพลิจูดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ควรมีการดูดซับการสะท้อนของพลังงานจาก ระบายทดสอบในกรณีการป้องกันการสะท้อนจะมีผลอย่างมากสนามของโพรับจะใช้ปรับตำแหน่ง ขนาด และการหัน

ส่วนที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของการใช้โพรับ คือ การวางแนวสายอากาศส่งให้ตรง ถ้าไม่มีการปรับแนวแล้วเพราะทำให้แอมพลิจูดไม่สมมาตรกัน กระบวนการปรับแนวของสายอากาศจะต้อง ทำทั้งแนวระนาบมุมอะซิมุทและระนาบมุมยกโดยจะเป็นการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวนอนของสนามโพรับสายอากาศ วิธีการปรับแนวอย่างง่าย ๆ ทำได้โดยขั้นแรกหาจุดที่โพรับสายอากาศวัดพลังงานได้เท่ากันสองจุดที่ตัดกันตามแนวนอนเพื่อให้อำนาจอิงเดียวกัน สายอากาศส่งจะปรับจนตำแหน่งของจุดพลังงานที่เท่ากันกับศูนย์กลางของระบายทดสอบ ขึ้นต่อไปสายอากาศจะหมุน 180 องศา รอบแกนแล้วทำการปรับแนวใหม่ กระบวนการปรับแนวจะซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าเข็มของสายอากาศส่วน จะสมมาตรกับแกนหมุนของตัวปรับตำแหน่งจะเป็นการปรับระบายทดสอบให้ตรงแนวด้วย กระบวนการทั้งหมดนี้จะทำในแนวตั้งด้วย

ถ้าผลจากการสะท้อนลดลงแล้ว การกระจายแอมพลิจูดบนระบายทดสอบใหม่ และปรับแนวสายอากาศส่งแล้ว จะหาความสัมพันธ์ของเฟสบนระบายทดสอบได้ การไม่มีการสะท้อนทำให้การกระจายเฟสบนระบายทดสอบเป็นฟังก์ชันแรกของระยะห่างระหว่างด้านส่งและสายอากาศทดสอบ สำหรับระยะอีลิเวชันนี้จำเป็นต้องวัดก่อนด้วยความระมัดระวัง

คุณสมบัติที่สำคัญของสนามที่เกิดที่ต้องวัดคือ โพลาริเซชัน ถ้าสายอากาศโพรับต่อกับตัวหมุนดังได้แสดงได้ในรูป 2.22 แพทเทิร์นของโพลาริเซชันสามารถวัดที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในระบายทดสอบ การปรับแนวของสายอากาศส่งต้องทำให้เรียบร็อยก่อนการวัดจะเริ่มขึ้น

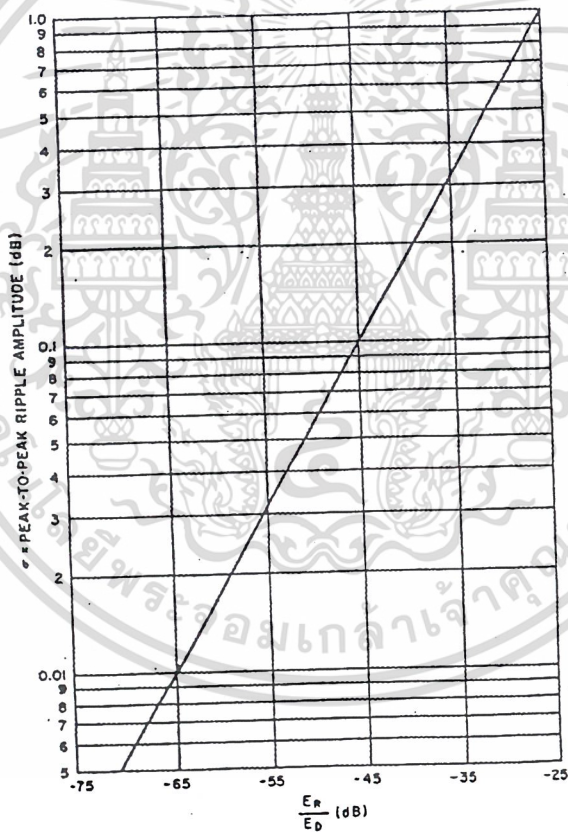
2.6.4 การวัดสนามที่เกิดขึ้นใกล้แกนบนระยะสะท้อนจากพื้นดิน (incident-field measurement near the ground-reflection range)

การวัดแบบนี้ไม่เหมือนกับแบบระยะอีลิเวชัน ระยะที่สะท้อนจากพื้นดินทำให้เกิดแพทเทิร์นการรบกวนในระยะอีลิเวชัน สายอากาศส่งจะถูกปรับตำแหน่งที่กว้างที่สุดอยู่ตรงกลางย่านทดสอบซึ่งหาได้โดยกำหนดตำแหน่งของสายอากาศส่วนที่จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนเท่ากับลบหนึ่ง นั่นคือ $h_t = \lambda R / 4h_r$ ดังนั้นการวัดสนามไฟฟ้าของโพรับจะวัดตลอดระยะที่ตัดกันของระบายและระบายทดสอบ ความสูงของสายอากาศส่งจะถูกปรับจนสนามในทิศทางตั้งสมมาตรกับศูนย์กลางระบายทดสอบทั้งสองโพลาริเซชัน โดยที่ไม่จำเป็นต้องเป็นระยะเดียวกัน ทิศทางของสายอากาศส่งในระยะอีลิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวชันปกติแล้วไม่ได้ค่าถูกต้อง ในกรณีของระยะอิลิเวชันการสะท้อนพื้นดิน โดยการเปลี่ยนทิศทางของ บีมสายอากาศส่งในแนวขึ้นลงเพียงเล็กน้อยจะมีผลกระทบต่อแพทเทิร์นของการรบกวนที่ระนาบ ทดสอบในระยะอิลิเวชัน ในระนาบแนวนอนจะทำให้สำเร็จโดยใช้กระบวนการเดียวกันกันกรณี ของระยะอิลิเวชัน การสะท้อนที่มาจากที่อื่นจะหาพบได้ ถ้าจำเป็นวัตถุที่สะท้อนควรย้ายออกไป หรือใช้ ตัวดูดซับการสะท้อนเพื่อลดพลังงานสะท้อนที่ถึงระนาบให้น้อยที่สุด สำหรับการวัดค่าโพลาไรเซชัน ต้องหมุนโพรบจนโพลาไรเซชันเชิงเส้นของสายอากาศโพรบตรงกับศูนย์กลางเฟสของสายอากาศส่ง และเงาของมัน ก่อนที่จะบ่งชี้ออกมาได้ ค่าความสูงโดยประมาณจะได้

$$h_t' = [(1 - |\Gamma|)/(1 + |\Gamma|)]h_t \tag{2.16}$$



รูปที่ 2.24 แสดงอัตราส่วนการสะท้อนระหว่างคลื่นตรงและคลื่นสะท้อน

โดยที่ $|\Gamma|$ เป็นสัมประสิทธิ์การสะท้อนของระยະพื้นผิว $|\Gamma|$ หาได้จากอัตราส่วนแอมพลิจูดของคลื่นสะท้อนจากระยະพื้นผิวกับคลื่นตรงจะได้ดังรูปที่ 2.24 เมื่อหมุมปรับได้แล้วเพทเทิร์นของโพลาริเซชันที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในระนาบทดสอบจะ หามาได้สำหรับระยະที่สะท้อนที่พื้นดินของโพลาริเซชันแบบวงกลมต้องพิจารณาว่าโพลาริเซชันของสายอากาศส่งถูกปรับตั้งแล้ว จะได้ความถูกต้องของโพลาริเซชันของสนามที่เกิดขึ้น การปรับแอมพลิจูดและเฟสที่สัมพันธ์ของส่วนประกอบของสนามแนวตั้งและแนวนอนของสายอากาศจะชดเชยผลของสัมประสิทธิ์ที่ไม่เท่ากันของส่วนประกอบของสนามทั้งสอง ในการส่งโพลาริเซชันแบบวงรีอัตราส่วนแกนของสนามสามารถปรับให้น้อยกว่า 0.1 dB ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในระนาบทดสอบจะบอกไว้ว่าจะบอกไว้ว่าคุณสมบัติของระยະพื้นผิวเป็นฟังก์ชันของเวลาและความถี่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

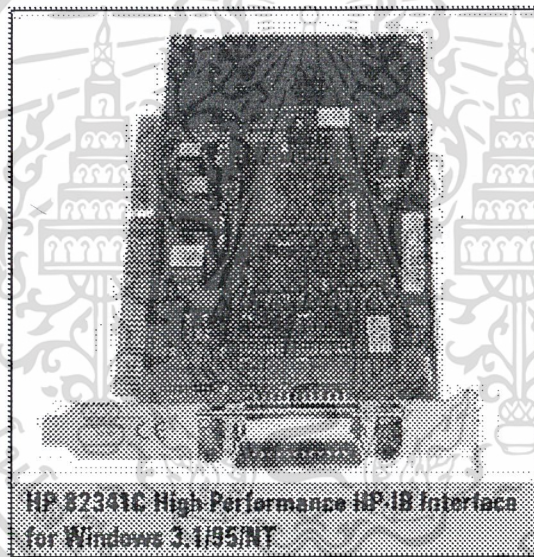
บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 การเชื่อมต่อการ์ด HP-IB

เนื่องจากเครื่อง NETWORK ANALYZER 8510C ใช้การเชื่อมต่อแบบ IEEE 488.2 เราจึงใช้การ์ดของ HEWLETT PACKARD 82340 ซึ่งจะทำให้การเชื่อมต่อด้วย Borland C++ COMPILER ในการเขียนโปรแกรมนั้นเราจะใช้ Borland C++ V4.5 โดยเราจะใช้ไฟล์เฮดเดอร์ (header file) ที่ให้มากับการ์ดมีชื่อไฟล์ว่า "SICL.h" ซึ่งจะมีหน้าที่ในการกำหนด ชนิดของตัวแปรต่าง ๆ ที่จำเป็นในการเขียนโปรแกรม

ข้อสังเกต : เราไม่สามารถใช้ ไฟล์เฮดเดอร์นี้กับ TURBO C++ V3.0 ได้



รูปที่ 3.1 แสดงรูปการ์ด HP 82341C

3.1.1 คำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมของการ์ด HP 82341C

- 1) iopen(); เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของการ์ดที่ใช้เชื่อมต่อ ซึ่งในการส่งคำสั่งไปให้อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมขั้นแรกจะต้องทำการกำหนดตำแหน่งของการ์ดก่อนเสมอ

EX

```
id = iopen (DEVICE_ADDRESS);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) `timeout()`; เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดเวลา ในการรอคอยอุปกรณ์ปลายทางตอบสนอง

EX

```
timeout (id,1000);
```

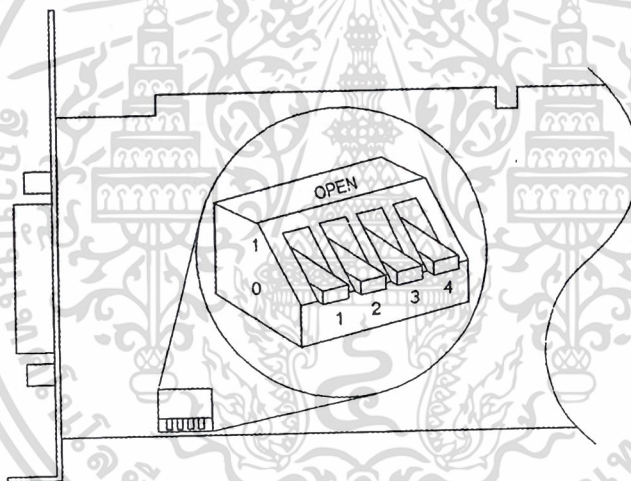
3) `iprintf()`; เป็นคำสั่งที่ใช้ส่งชุดคำสั่งไปยังอุปกรณ์ปลายทาง

EX

```
iprintf(id,"MARK1 10000MHZ");
```

3.1.2 การเซตอัพตำแหน่งหน่วยความจำของการ์ด

การกำหนดตำแหน่งของการ์ดที่โรงงานกำหนดมาให้จะแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งจะเป็นตำแหน่งมาตรฐานคือ ที่ 250 โดยปกติเราจะไม่จำเป็นต้องเปลี่ยน แต่ในบางกรณีถ้าเราติดตั้งการ์ดมากกว่าหนึ่งการ์ด การกำหนดตำแหน่งอาจจำเป็นที่จะต้องใช้ตารางรูปที่ 3.3 แสดงตารางการเซตตำแหน่งของการ์ด



รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งของการเซตมาตรฐาน

ตารางที่ 3.1 ตารางการเซตอัปเดตตำแหน่งของการ์ด

HP 82341 and HP 82340 Switch Settings

Switches 1 2 3 4	I/O Base Address (Hexadecimal)	I/O Address Range Used (Hexadecimal)
0 0 0 0	250	250-257
1 0 0 0	270	270-277
0 1 0 0	350	350-357
1 1 0 0	370	370-377
0 0 1 0	220	220-227
1 0 1 0	280	280-287
0 1 1 0	390	390-397
1 1 1 0	380	380-387

3.2 การเขียนโปรแกรม

เราจะทำการแบ่งโปรแกรมออกเป็นสองส่วน โดยเนื่องมาจากที่ WIN16 bit เราไม่สามารถใช้งานคำสั่งบางคำสั่ง เช่น outputb,delay และคำสั่งการเซต GRAPHIC ซึ่งการแสดงผลบน windows ในเราจะต้องใช้ชุดคำสั่ง ในกลุ่มไลบรารีของ OWL ฉะนั้นการเขียนตัวโปรแกรมนี้นี้เราจึงทำการแสดงผลที่ DOS MODE ต่อไปนี้เป็นการแสดงโฟลชาร์คของ ทั้งสองโปรแกรมคือ โปรแกรม formatio.c และ test.c

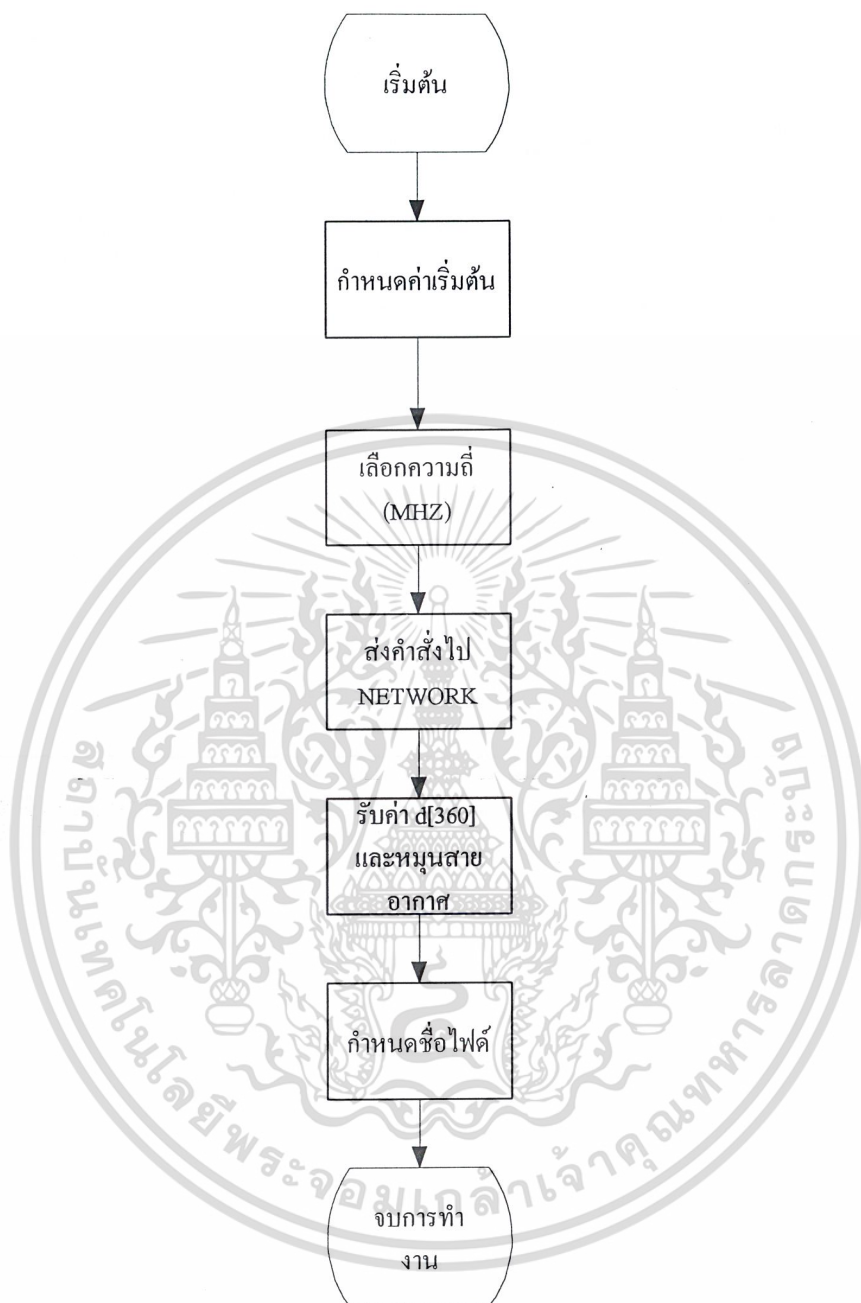
3.2.1 รายละเอียดการเริ่มต้นโปรแกรมไฟล์ formatio.c

- ทำการกำหนดตัวแปรที่จำเป็นในการรับส่งข้อมูลผ่าน HP-IB การ์ด ซึ่งในส่วนที่เราใช้ในการติดต่อการ์ดนั้นเราใช้ตัวแปร dvm และตำแหน่งที่ใช้คือ 716 เราจะใช้ชุดคำสั่งดังนี้

```
#include <process.h>
#include <dos.h>
#include <conio.h>
#include "sicl.h"
#include <stdio.h>
```

```
#define port1 0x378
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงโฟลชาร์ดของไฟค์ formatio.c

- เลือกความถี่ที่เราต้องการวัด ซึ่งเราจะใช้คำสั่ง scanf เพื่อเก็บค่าไว้ในตัวแปร &freq

```
printf("Enter frequency(MHz)");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```
scanf("%f",&freq);
```

- ส่งคำสั่งในการใช้ชุดคำสั่งที่ส่งให้กับคาร์ดนั้นเราจะใช้ชุดคำสั่งที่ให้กับตัวคาร์ด เพื่อส่งคำสั่งให้markerที่ 1 ไปที่ความถี่ที่เรากำหนด และ กำหนดรูปแบบของข้อมูลในการรับเป็นเลขทศนิยม

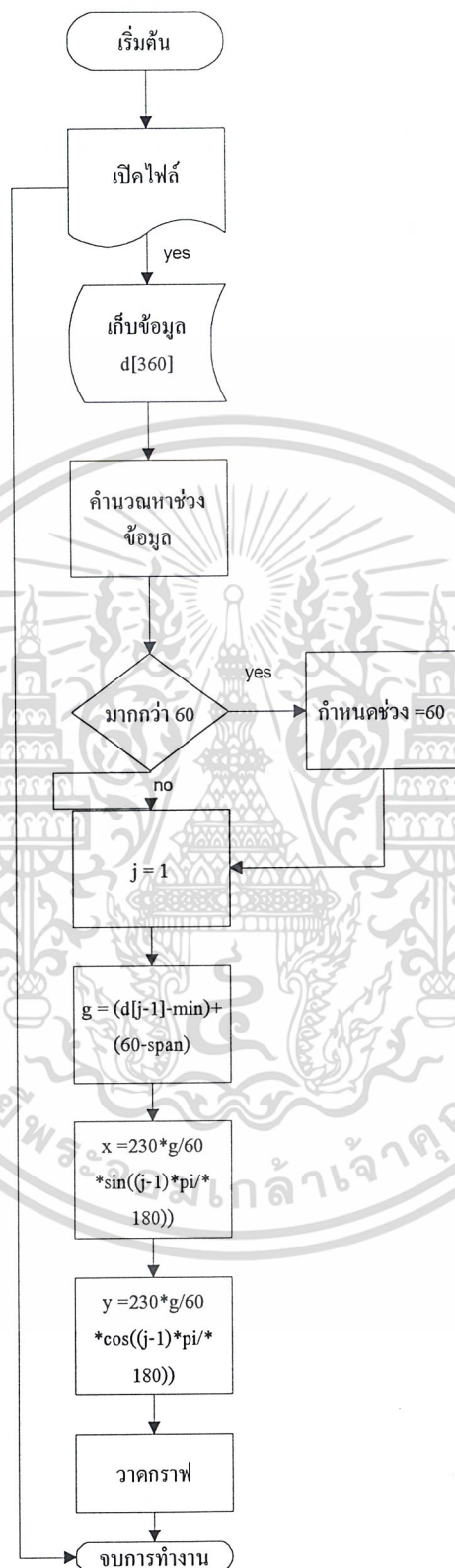
```
iprintf(dvm,"MARK1 %fMHZ;FORM5;\n",freq);
```

- รับค่าข้อมูลจาก NETWORK พร้อมหมุนสายอากาศ ซึ่งเราจะรับค่าข้อมูลมาเก็บไว้ในตัวแปร d[360] และใช้ พอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์เป็นตัวทำหน้าที่ควบคุมให้สตีปิ้งมอเตอร์หมุน

```
for( i = 0; i <= 360; i++)
```

```
{  
    iprintf(dvm,"OUTPMARK;\n");  
    iscanf (dvm,"%lf", &res);  
    /* Print the results */  
    printf ("\t DATA %d Result is %f\n", i, res);  
    d[i]=res;  
    outportb(port1+0,0x00);  
    delay1();  
    outportb(port1+0,0x01);/*clock is used for motor*/  
}
```

- กำหนดชื่อไฟล์ที่จะทำการเก็บข้อมูล
- จบการทำงาน



รูปที่ 3.4 แสดงโฟลชาร์ตของไฟล์ test.c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 48 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 รายละเอียดการเริ่มต้นโปรแกรมไฟล์ test.c

- ในขั้นตอนการเริ่มต้นเราจะทำการกำหนดค่าตัวแปร d , data ในเป็นตัวแปรที่เป็น array มีขนาด 360 ซึ่งเป็นแบบทศนิยม และกำหนดไฟล์ส่วนหัว ดังนี้

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <conio.h>
#include <dos.h>
#include <math.h>
#include <graphics.h>
#include <process.h>
#define port1 0x378
int display(void);
void rdata(void);
void wdata(void);
void polar_plot(void);
void polar_plot30(void);
void draw_polar(void);
void rectan_plot(void);
void color_circle(int x,int y,int rad,int linecolor);
void color_line(int x1,int y1,int x2,int y2,int linecolor);
void avg(void);
int menu(void);
float d[360],dat;
```

- การเปิดไฟต้นั้นจะให้เราเลือก ไฟด์ที่มีอยู่ในเครื่อง ข้อมูลที่ได้จะนำไปเก็บไว้ใน memory ซึ่งคราว ถ้าไม่สามารถเปิดได้จะทำการออกจากระบบทันที ในโปรแกรมนี้เราจะมีอยู่ 2 ฟังก์ชันที่ใช้การเปิดและปิดไฟด์ คือ rdata(),wdata() ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 49 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชัน rdata():

```
void rdata(void)
```

```
{
```

```
    FILE *fil;
```

```
    char filename[30];
```

```
    float d[360];
```

```
    int i;
```

```
    clrscr();
```

```
    printf("Enter filename : ");
```

```
    scanf("%s",&filename);
```

```
    if((fil=fopen(filename,"rb"))==NULL)
```

```
    {
```

```
        printf("error in open file\n");
```

```
        exit(0);
```

```
    }
```

```
    clrscr();
```

```
    fread(d,sizeof(float),360,fil);
```

```
    fclose(fil);
```

```
    for(i = 0; i < 360; ++i)
```

```
    {
```

```
        printf("%d:%f\t",i,d[i]);
```

```
        if((i+1)%120==0)
```

```
            getch();
```

```
    }
```

```
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 50 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชัน wdata();

void wdata()

{

FILE *data;

char filename[30];

float d[360], dat;

int ang;

clrscr();

printf("Enter filename : ");

scanf("%s",&filename);

if((data=fopen(filename,"rb"))==NULL)

{

printf("error in open file\n");

exit(0);

}

fread(d,sizeof(float),360,data);

fclose(data);

fopen(filename,"wb");

printf("type 360 for exit\n");

do

{

printf("Input angle for modify : ");

scanf("%d", &ang);

if((ang>=0) && (ang<360))

{

printf("Input data : ");

scanf("%f", &dat);

d[ang] = dat;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
} while(ang != 360);
fwrite(&d,sizeof(float),360,data);
fclose(data);
}

```

- การเก็บข้อมูลเราจะจอง memory ไว้ในตัวแปร d[360] เราจะใช้ชุดคำสั่งดังนี้เพื่อนำค่าเข้าไปเก็บในตัวแปร d เราจะใช้คำสั่งดังนี้

```

fread(d,sizeof(float),360,fil);
fclose(fil);
for(i = 0; i < 360; ++i)
{
    printf("%d:%f",i,d[i]);
    if((i+1)%120==0)
        getch();
}

```

- การคำนวณหาค่าสูงสุดและต่ำสุดของข้อมูลที่เก็บอยู่เราจะนำค่าใน d[360] มาเปรียบเทียบกันทีละค่าโดยเริ่มจากที่ มุม 0 องศาจนถึง 359 องศาเราก็จะได้ค่าสูงสุดต่ำสุดออกมา

```

fread(d,sizeof(float),360,fil);
max=d[0];
max1=d[0];
k=0;n=0;
min=d[0];
min1=d[0];
for (j=1;j<359;j++) /*Find max*/

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 52 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

{
if (d[j] > max1)
{
if(d[j]>max)
{
max=d[j];
k=j;
}
max1=d[j];
}
else
{
if(max1 > max)
{
max=max1;
k=j;
}
max1=d[j];
}
if (d[j]<min1)
{
if(d[j]<min)
{
min=d[j];
n=j;
}
min1=d[j];
}
else

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 53 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
  if(min1<min)
  {
    min=min1;
    n=j;
  }
  min1=d[j];
}
}

span=max-min;
if(span>60.0) span=60.0 ;

for(j=0;j<359;j++)
{
  if((max-d[j])>60)
    d[j]=max-60;
}

```

- การหาจุดพิกัด X,Y เพื่อใช้ในการวาดกราฟซึ่งเราจะใช้ชุดคำสั่งดังนี้

```

y=232*g/60.0*cos((360-(j-1))*pi/180);
x=232*g/60.0*sin((360-(j-1))*pi/180);

```

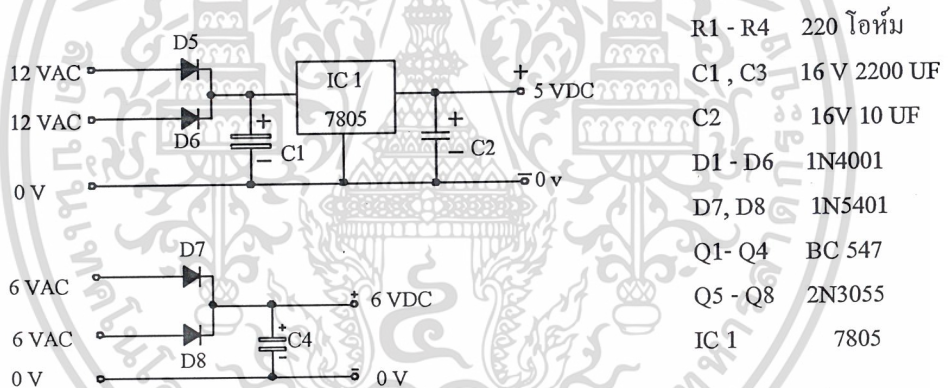
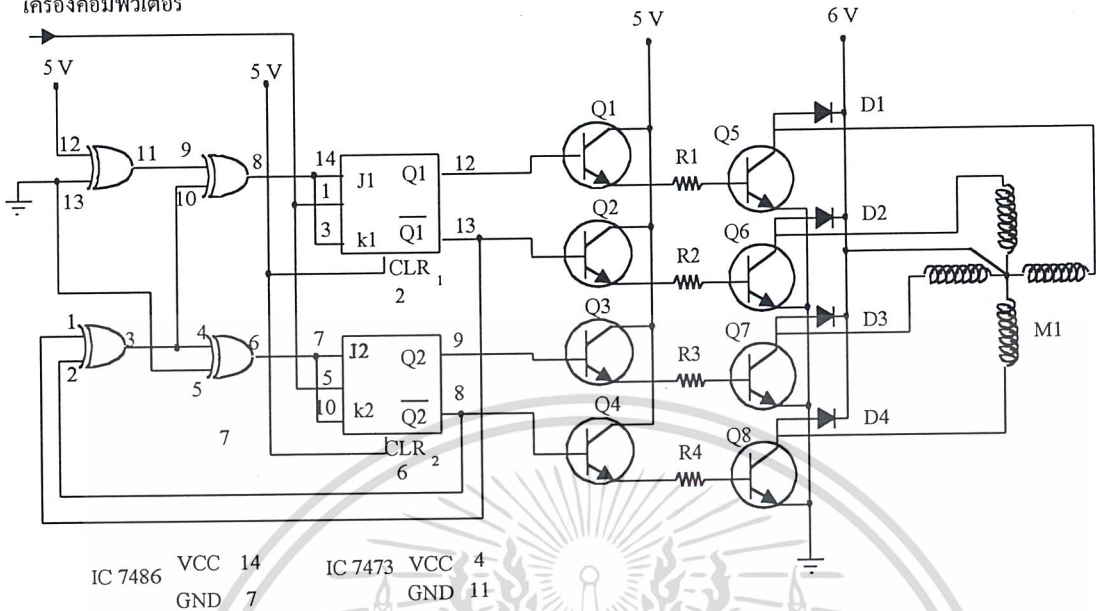
3.3 การสร้างเครื่อง TURN TABLE DRIVER

วงจร turn table driver ได้แสดงในรูปที่ 3.6 ซึ่งวงจรประกอบไปด้วยภาคแรกติไฟ , ภาค driver motor และภาคกำเนิดพัลส์ควบคุม ลายวงจรแสดงในรูปที่ 3.7

- ภาคแรกติไฟ ใช้ไดโอดต่อแบบ full wave rectifier เพื่อเปลี่ยนแรงดันสลับเป็นแรงดันไฟตรง

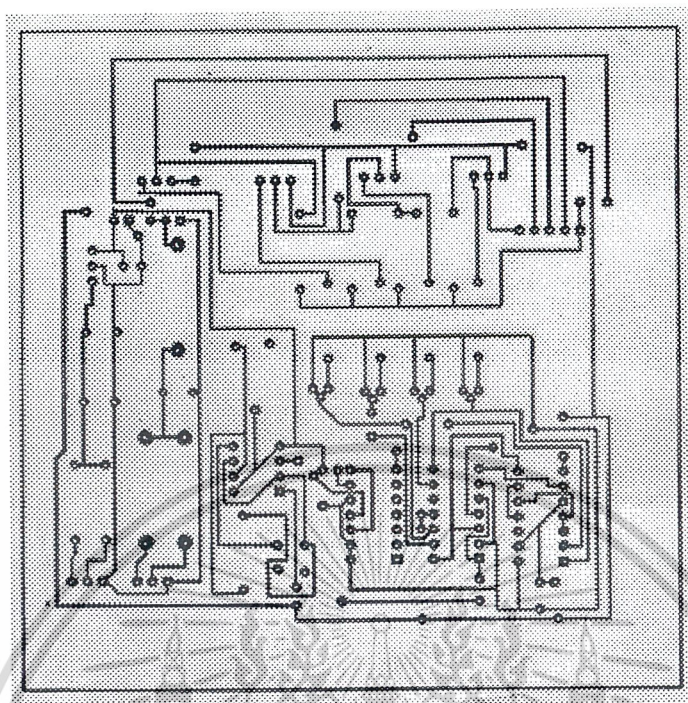
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 54 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณควบคุมการหมุนจาก
เครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.5 แสดงวงจร turn table driver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงลายวงจรของเครื่อง turn table driver

- ภาค driver motor ใช้ทรานซิสเตอร์ 8 ตัว โดยที่ Q1-Q4 ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ส่วน Q5-Q8 เป็นทรานซิสเตอร์ขยายกระแส
- ภาคกำเนิดพัลส์ควบคุม ใช้ในการกำเนิดพัลส์เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ Q1-Q4 ทำงาน

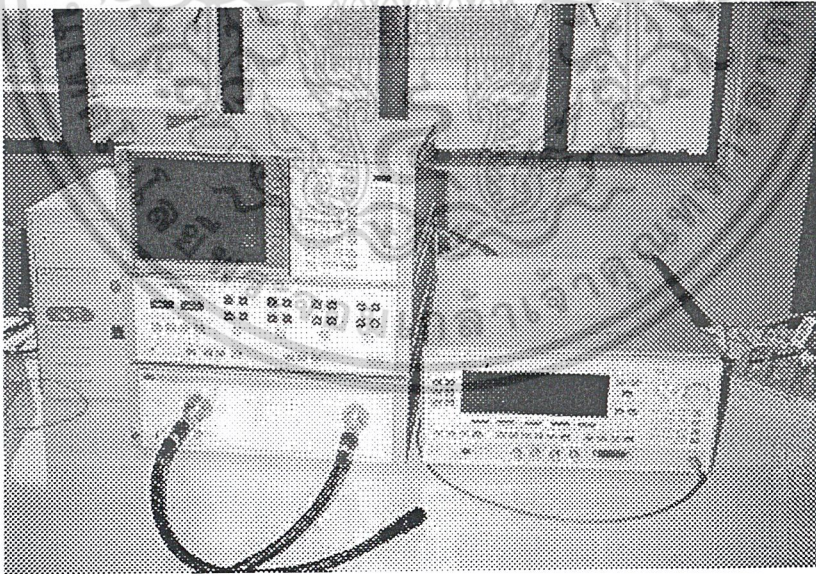
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การวัดคุณสมบัติของสายอากาศขนาดเล็ก

ชุดวัดคุณสมบัติของสายอากาศขนาดเล็ก จะเป็นการวัดคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศในมุมต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นตัวบอกให้รู้ว่าสายอากาศรับคลื่นได้ดีในทิศทางใด รับคลื่นได้ไม่ดีในทิศทางใด ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

- ชุดวัดความคุณสมบัติของสายอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งประกอบไปด้วย เครื่อง 8150C NETWORK ANALYZER , เครื่อง 8514B 8510B S-Parameter Test Set (45 MHz – 20 GHz) , เครื่อง 8360 Series Synthesized Sweeper (10 MHz – 20 GHz)
- ชุด turn table และ turn table driver
- คอมพิวเตอร์ที่มีการ์ด HP-IB (IEEE 488.2)
- สายเวฟไกด์และตัวต่อ (connector) ชนิดที่มีความสูญเสียต่ำ (low loss)
- สายอากาศที่ต้องการวัด
- สายอากาศแบบฮอร์น



รูปที่ 4.1 แสดงเครื่อง NETWORK ANALYZER รุ่น 8150C

4.1.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดเครื่องของชุดวัดความถี่ทุกตัวโดยเริ่มจาก เครื่อง 8360 Series Synthesized Sweeper , เครื่อง 8514B 8510B S-Parameter Test Set , เครื่อง 8150C NETWORK ANALYZER
2. ทำการคาลิเบรทเครื่องด้วยชุดคาลิเบรท ซึ่งประกอบไปด้วยตัวลัดวงจร (short circuit) , ตัวเปิดวงจร (open circuit) และโหลดแบนด์ (load broadband)
3. ต่อสายอากาศที่ต้องการวัดเข้ากับ ชุดวัดความถี่เรโซแนนซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และ 4.5
4. เลือกเมนู (menu) วัดค่าเอส-พารามิเตอร์ S_{21}
5. ทำการเลือกโปรแกรม command

4.2 บทบาทของโปรแกรมในการต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 4.2 เป็นการต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการทดลอง ซึ่งทางด้านส่งจะประกอบไปด้วย เครื่องกำเนิดสัญญาณและสายอากาศปากแตรซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกไป ส่วนสายอากาศขนาดเล็ก (ไมโครสตริป) จะเป็นสายอากาศรับ และจะอยู่บนเครื่องหมุน (turn table) ระยะจากสายอากาศปากแตรและสายอากาศขนาดเล็ก (ไมโครสตริป) จะอยู่ที่สนามระยะไกล (far field) สามารถ คำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$R \geq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (4.1)$$

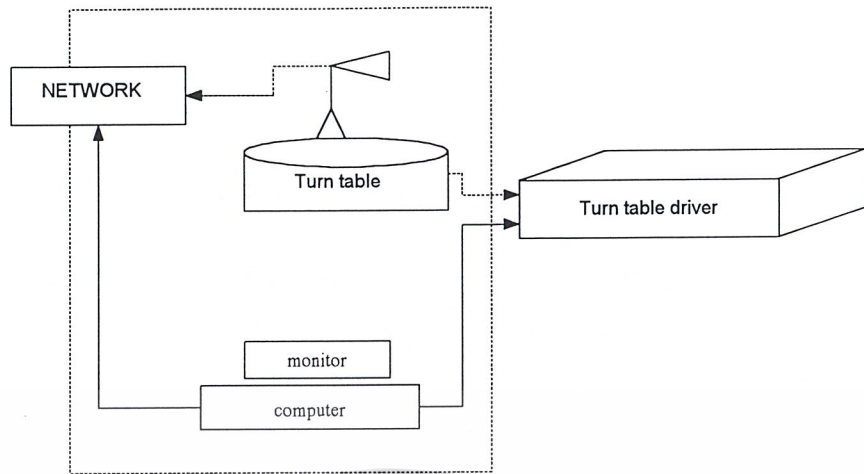
โดยที่ R : ระยะห่างระหว่างสายอากาศส่งและสายอากาศรับ

D : มิติที่ยาวที่สุดของสายอากาศ

λ : ความยาวคลื่นที่ใช้ในการทดลอง

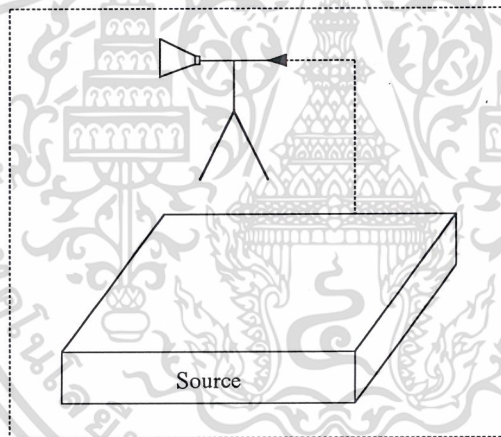
สายอากาศขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศรับจะต่อกับเครื่อง NETWORK ANALYZER โดยผ่านสายเวฟไกด์ จากนั้นเครื่อง NETWORK ANALYZER จะทำการวัดคุณสมบัติของสายอากาศ พร้อมทั้งส่งข้อมูลไปแสดงผลและ เก็บข้อมูลที่เครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านการ์ด HP-IB จากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณจากพอร์ทขนาน ไปทำให้เครื่อง turn table driver หมุนไปที่ละ 1 องศา และก็จะทำการแสดงผลและ เก็บข้อมูลไปจนถึง 360 องศา จากนั้นเราจะนำไฟล์ที่ได้มาแสดงผลที่คอมพิวเตอร์โดยแสดงในกราฟวงกลม และกราฟสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 58 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Receiver Section

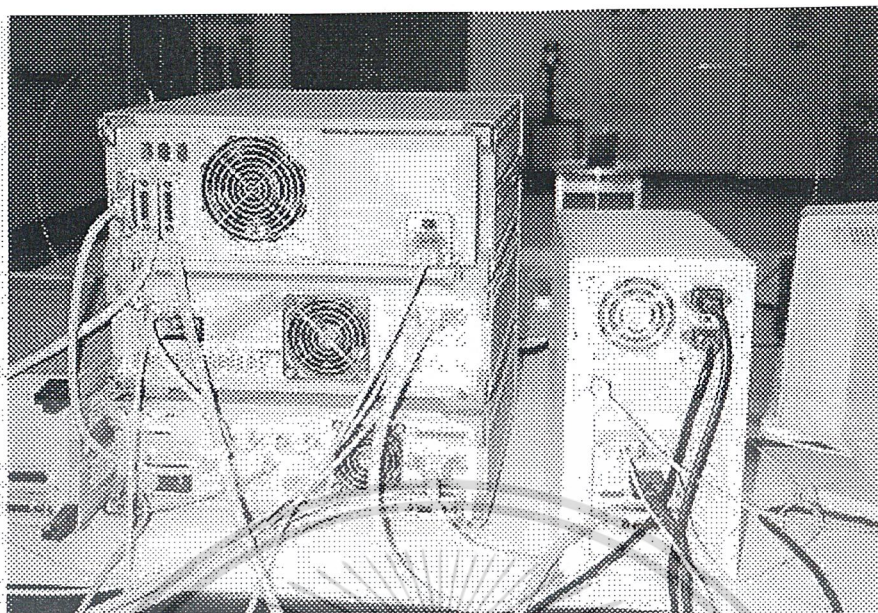
รูปที่ 4.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมภาครับของการวัดการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ



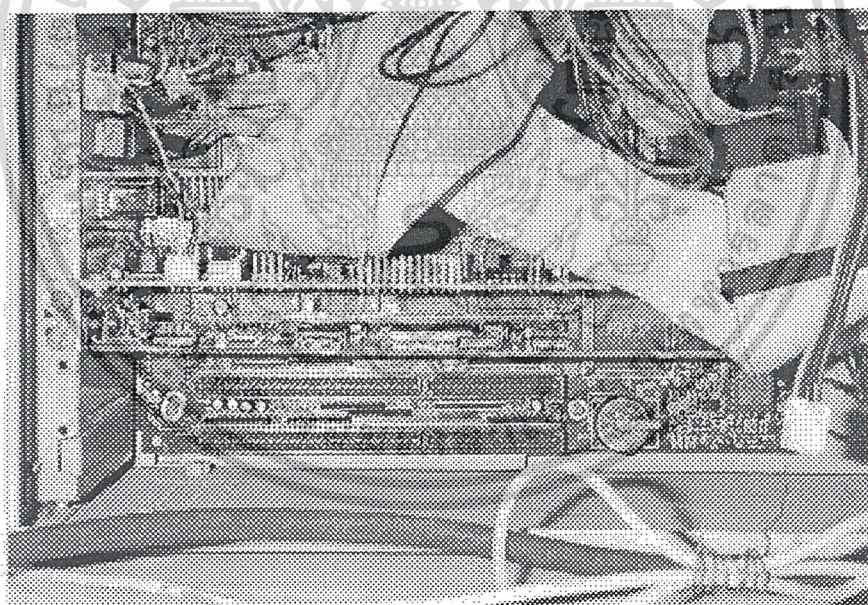
Transmitter section

รูปที่ 4.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมภาคส่งของการวัดการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

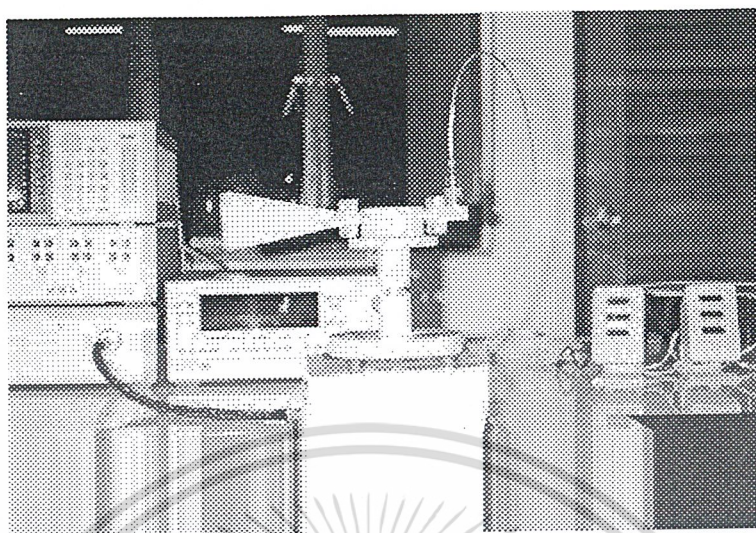


รูปที่ 4.4 แสดงการเชื่อมต่อสายเคเบิลของเครื่อง NETWORK ANALYZER และเครื่อง Parameter test set

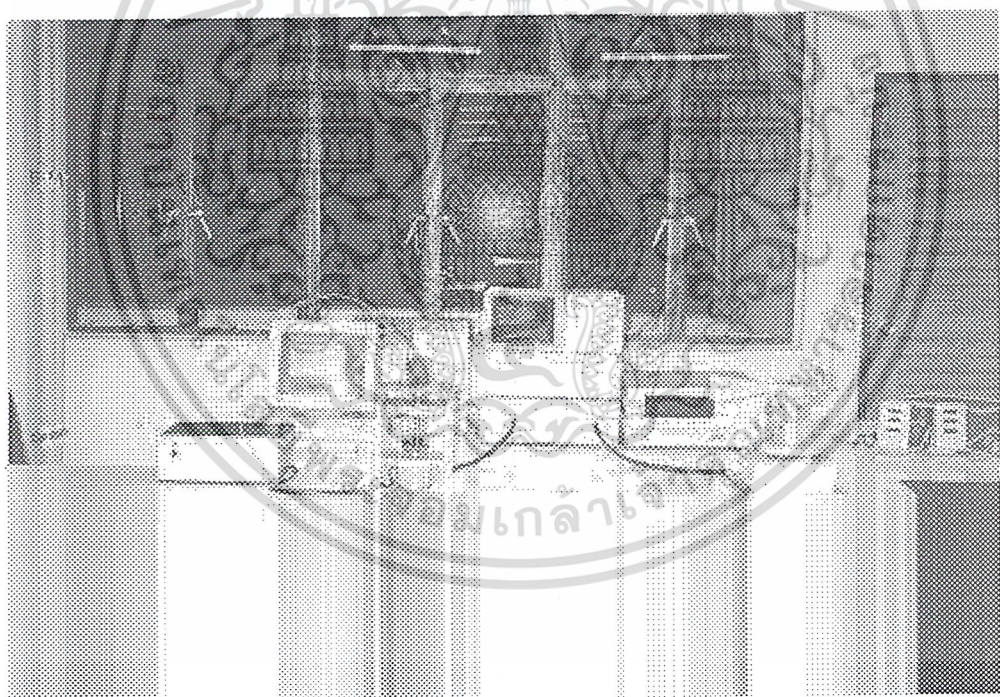


รูปที่ 4.5 แสดงการต่อการ์ด HP-IB กับเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

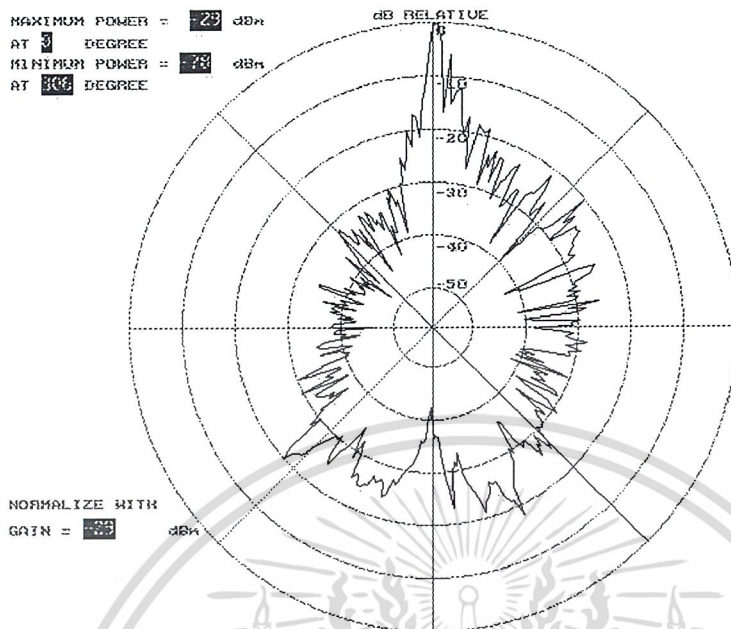


รูปที่ 4.6 แสดงสายอากาศปากแตรที่ถูกต่อเชื่อมกับสายเวฟไกด์

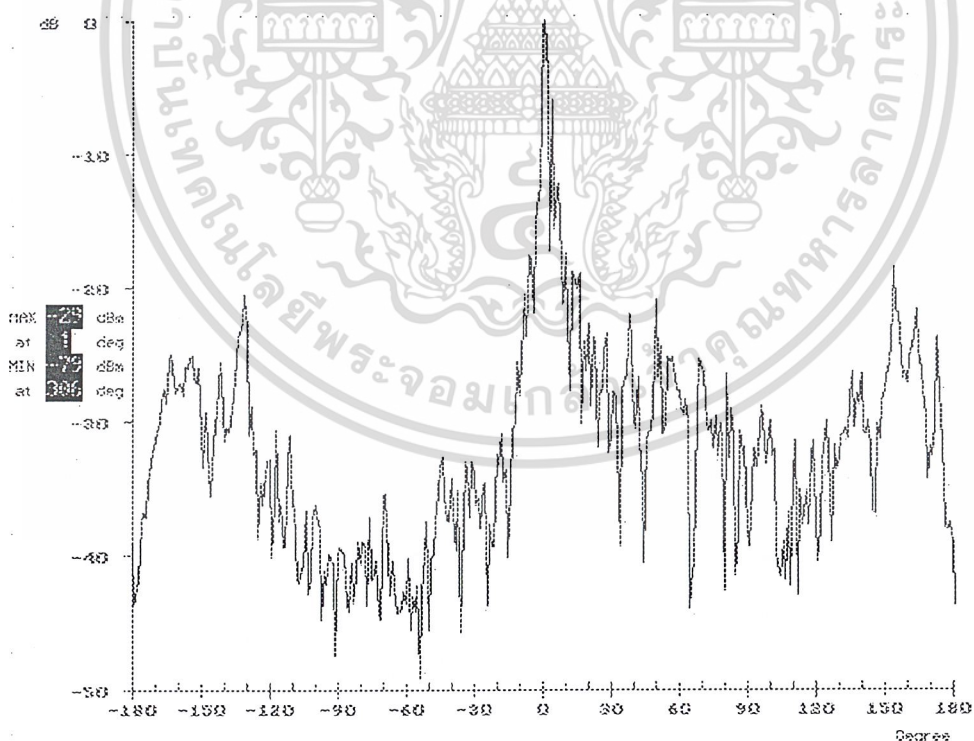


รูปที่ 4.7 แสดงการต่อเครื่องมือเพื่อทดสอบจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

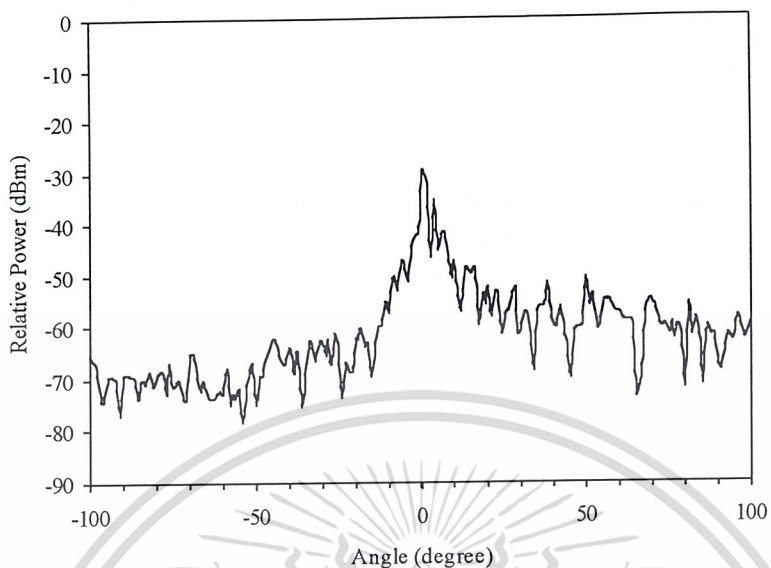


รูปที่ 4.8 แสดงผลการทดสอบเป็นแบบกราฟวงกลม



รูปที่ 4.9 แสดงผลการทดลองเป็นแบบกราฟเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงกราฟเส้นตรงโดยใช้โปรแกรม EXCEL ที่ยังไม่ normalize

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลอง

Angle(degree)	Relative Power(dBm)	Angle(degree)	Relative Power(dBm)
-100	-65.57	0	-29.91
-99	-66.5	1	-29.41
-98	-67.58	2	-33.58
-97	-74.25	3	-46.75
-96	-74.58	4	-35.33
-95	-71.66	5	-45
-94	-69.33	6	-42.25
-93	-69.83	7	-41.75
-92	-70.08	8	-47.41
-91	-77	9	-50.75
-90	-69.33	10	-47
-89	-68.91	11	-52.41
-88	-69.25	12	-57.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Angle(degree)	Relative Power(dBm)	Angle(degree)	Relative Power(dBm)
-87	-69.33	13	-48.33
-86	-73.08	14	-49
-85	-73.66	15	-49.58
-84	-70.08	16	-48.41
-83	-71.16	17	-59.75
-82	-68.5	18	-53.41
-81	-71.33	19	-55.66
-80	-70.16	20	-52.16
-79	-68.5	21	-58.33
-78	-68.91	22	-53.16
-77	-73.25	23	-53.58
-76	-66.6	24	-61.41
-75	-71.33	25	-57.85
-74	-70.91	26	-56.91
-73	-69.91	27	-54.33
-72	-73.75	28	-52.91
-71	-74.25	29	-61.41
-70	-65.16	30	-60.66
-69	-64.91	31	-57.33
-68	-69.75	32	-57.75
-67	-72.41	33	-61.58
-66	-69.91	34	-68.84
-65	-72	35	-57.16
-64	-73.83	36	-56.25
-63	-73.83	37	-56.08
-62	-73.5	38	-51.5
-61	-72.16	39	-54
-60	-73.08	40	-59.5
-59	-67.75	41	-60.08
-58	-75	42	-56.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Angle(degree)	Relative Power(dBm)
-57	-72.58
-56	-73.66
-55	-71.58
-54	-78.58
-53	-72.33
-52	-69.41
-51	-66.98
-50	-75.08
-49	-69.66
-48	-69.41
-47	-66.91
-46	-64.91
-45	-62.91
-44	-62.25
-43	-65.16
-42	-66.83
-41	-66.91
-40	-63.83
-39	-66.5
-38	-69.16
-37	-64.75
-36	-75.25
-35	-71.15
-34	-62.5
-33	-63.25
-32	-66.58
-31	-62.58
-30	-63.33
-29	-65.75

Angle(degree)	Relative Power(dBm)
43	-60.91
44	-64.16
45	-70
46	-60.91
47	-60.33
48	-60.16
49	-59.91
50	-50.41
51	-56.16
52	-53.83
53	-60.41
54	-59.91
55	-54.66
56	-55.08
57	-54.66
58	-56.25
59	-57.25
60	-57.25
61	-58.41
62	-59
63	-58.83
64	-59.5
65	-73.5
66	-70.5
67	-70.33
68	-58.83
69	-54.83
70	-55.58
71	-56.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Angle(degree)	Relative Power(dBm)	Angle(degree)	Relative Power(dBm)
-28	-62.25	72	-59.58
-27	-67.41	73	-60.16
-26	-61.25	74	-59.5
-25	-64.61	75	-61.5
-24	-73.66	76	-59.16
-23	-67.16	77	-62.68
-22	-68.75	78	-59.75
-21	-68.83	79	-61.68
-20	-61.91	80	-72.08
-19	-62.75	81	-55.91
-18	-60.33	82	-62.08
-17	-64	83	-58.58
-16	-63.08	84	-60.83
-15	-69.58	85	-70.91
-14	-64.5	86	-67.83
-13	-60	87	-60.16
-12	-59.75	88	-62.06
-11	-55.08	89	-61.41
-10	-57.5	90	-67.5
-9	-54.5	91	-68.83
-8	-50.08	92	-64.41
-7	-53.08	93	-61.5
-6	-47.08	94	-62.83
-5	-47.58	95	-61.66
-4	-51.41	96	-58.33
-3	-44.58	97	-59.33
-2	-42.5	98	-62.66
-1	-41.91	99	-61.44
		100	-59.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและวิจารณ์

บทสรุป

โครงการนี้เป็นการสร้างอุปกรณ์สำหรับการทดสอบสายอากาศขนาดเล็กที่ความถี่สูง จุดมุ่งหมายหลักจะเป็นการวัดคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ ซึ่งสามารถที่จะแสดงผลออกมาทางคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ การแสดงผลจะแสดงเป็น 2 แบบ คือ กราฟวงกลม และกราฟเส้นตรง โดยช่วงความถี่ที่สามารถวัดได้จะขึ้นอยู่กับตัวอุปกรณ์ ในที่นี้คือเครื่อง NETWORK ANALYZER ซึ่งมีช่วงความถี่ตั้งแต่ 45 MHz – 20 GHz การทำงานหลัก ๆ ของเครื่องเราจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการสั่งให้เครื่อง NETWORK ANALYZER ทำการวัดค่า relative power ของสายอากาศจากนั้นจะส่งข้อมูลไปเก็บที่เครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ได้รับข้อมูลแล้วจะส่งสัญญาณไปให้เครื่อง turn table driver ขับแทน turn table ให้หมุน เมื่อการรับข้อมูลครบ 360 องศาจะนำมาเก็บเป็นไฟล์ ซึ่งสามารถนำมาแสดงผลได้

ปัญหา

จากการทดลองจะใช้สายอากาศเป็นสายอากาศขนาดเล็กซึ่งใช้ในความถี่สูง ฉะนั้นสายที่ใช้ในนำสัญญาณจึงจะต้องใช้เป็นสายเวฟไกด์ (เซมิคอนดักเตอร์) สามารถหักงอได้เล็กน้อยดังนั้นเมื่อในการติดตั้งกับสายอากาศกับเวฟไกด์จึงทำให้ต้องใช้ turn table ที่มีแรงบิดสูงขึ้น อีกทั้งเวลาตัว turn table หมุนนั้นจะทำให้สายอากาศที่ทำการทดลองบิดงอ ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนไปได้

แนวทางการพัฒนาต่อไป

การแสดงผลกราฟของโปรแกรมนั้นยังอาศัยการ ใช้ปุ่ม Print Screen ซึ่งจะต้องนำไป paste ที่โปรแกรมวาดภาพดังนั้นจึงยุ่งยากในการนำมาแสดงผล แนวการพัฒนานั้นเราจะต้องเปลี่ยน mode การ compile เป็นสำหรับบน windows ซึ่งในการทำ project นี้เราจะอาศัยใช้ library ชื่อไฟล์ graphics.lib ในการสร้าง

บรรณานุกรม

1. CONSTANTINE A. BALANIS "ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN"
JONH WILEY & SONS, INC., 1938
2. โมไนย ไกรฤกษ์, วิวัฒน์ กิรานนท์: ทฤษฎีสายอากาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการรับค่าจาก NETWORK

```
#include <process.h>
#include <dos.h>
#include <conio.h>
#include "sicl.h"
#include <stdio.h>

#define port1 0x378

void delay1(void);

main()
{
    int i;
    float d[360],freq;
    FILE *data;
    char filename[30];
    /* int ang;*/

    INST dvm;
    double res;
    /*
    #if defined(__BORLANDC__) && !defined(__WIN32__)
        _InitEasyWin(); // required for Borland EasyWin programs
    #endif */

    /* Open the multimeter session */

    dvm = iopen ("hpib7,16");
    itimeout (dvm, 1000);

    /*Initilize dvm*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

/*Set up multimeter and send comma separated list*/
printf("Enter frequency(MHz)");
scanf("%f",&freq);
iprintf(dvm,"MARK1 %fMHz;FORM5;\n",freq);
fclose (dvm);

printf("-----\n");
/* Read the results */
for( i = 0; i <= 360; i++)
{
dvm = iopen ("hpib7,16");
delay1();
iprintf(dvm,"MARKDISC;OUTPMARK;\n");
delay1();
iscanf (dvm,"%lf", &res);
fclose (dvm);
/* Print the results */
printf ("\t DATA %d Result is %f \n", i, res);
d[i]=res;
outportb(port1+0,0x00);
delay1();
outportb(port1+0,0x01);/*clock is used for motor*/
iprintf(dvm,"CONT;\n",freq);
}

/* Close the multimeter session */
clrscr();
printf("\n\n\n\n\n\t\tEnter filename ");
scanf("%s",&filename);

if ((data = fopen(filename, "wb")) == NULL)
{
printf("error in open file\n");
exit (0) ;
}

/* fread(d,sizeof(float),360,data);*/

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

fwrite(&d, sizeof(float), 360, data);

fclose(data);

clrscr();

/* For WIN16 programs, call _siclcleanup before exiting to release
resources allocated by SICL for this application. This call
is a no-op for WIN32 programs. */
_siclcleanup();

return(0);    */

```

```

}

```

```

void delay1(void)

```

```

{
    int i1,i2;
    for( i1 = 0; i1 <=10000; i1++)
    {
        i1=i1*1;
        for( i2 = 0; i2 <=500; i2++)
        i2=i2*1;
    }
}

```

โปรแกรมที่ใช้ในการแสดงผล

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <conio.h>
#include <dos.h>
#include <math.h>
#include <graphics.h>
#include <process.h>

```

```

#define port1 0x378

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int display(void);
void rdata(void);
void wdata(void);
void polar_plot(void);
void polar_plot30(void);
void draw_polar(void);
void rectan_plot(void);
void color_circle(int x,int y,int rad,int linecolor);
void color_line(int x1,int y1,int x2,int y2,int linecolor);
void avg(void);
int menu(void);
float d[360],dat;

```

```

float main(void)
{
    menu();
    return(0);
}

int menu(void)
{
    int c;
    clrscr();
    printf(" \n *****");
    printf(" \n\n   sarum PROJECT");
    printf(" \n *****");
    printf(" \n\t\t 1.VIEW DATA");
    printf(" \n\t\t 2.INPUT DATA BY MANUAL");
    printf(" \n\t\t 3.PRINT CIRCULAR GRAPH");
    printf(" \n\t\t 4.PRINT RECTANGULAR GRAPH");
    printf(" \n\t\t 5.CREATE AVG FILE ");
    printf(" \n\t\t 6.EXIT ");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

{

FILE *fil;

char filename[30];

float d[360];

int i;

clrscr();

printf("Enter filename : ");

scanf("%s",&filename);

if((fil=fopen(filename,"rb"))==NULL)
{

    printf("error in open file\n");
    exit(0);
}

clrscr();

fread(d,sizeof(float),360,fil);
fclose(fil);
for(i = 0; i < 360; ++i)
{

    printf("%d:%f",i,d[i]);
    if((i+1)%120==0)
        getch();
}

}

void wdata()
{

```

```

    FILE    *data;

    char    filename[30];

    float    d[360], dat;

    int      ang;


    clrscr();

    printf("Enter filename : ");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

scanf("%s",&filename);
if((data=fopen(filename,"rb"))==NULL)
{
    printf("error in open file\n");
    exit(0);
}

fread(d,sizeof(float),360,data);
fclose(data);
fopen(filename,"wb");
printf("type 360 for exit\n");
do
{
    printf("Input angle for modify : ");
    scanf("%d", &ang);
    if((ang>=0) && (ang<360))
    {
        printf("Input data : ");
        scanf("%f", &dat);
        d[ang] = dat;
    }
} while(ang != 360);
fwrite(&d,sizeof(float),360,data);
fclose(data);
}

void polar_plot(void)
{
    double pi,x,y;
    int i,j,k,l,m,n,o;
    int max,max1,span,min,min1,e[360],f[360];
    FILE *fil;
    char fname1[30];
    int driver;
    int mode;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

float    d[360],g;
int      polyarray[]={0,0,640,0,640,480,0,480};
clrscr();
printf("ENTER FILE NAME : ");
scanf("%s",filename1);
if((fil=fopen(filename1,"rb"))==NULL)
{
    printf("CANNOT OPEN FILE!!");
    exit(0);
}
clrscr();
driver = DETECT;
initgraph(&driver,&mode,"c:\\project");
fillpoly(4,polyarray);
color_circle(320,240,230,GREEN);
color_circle(320,240,190,GREEN);
color_circle(320,240,150,GREEN);
color_circle(320,240,110,GREEN);
color_circle(320,240,70,GREEN);
color_circle(320,240,30,GREEN);
color_line(320,10,320,470,GREEN);
color_line(90,240,550,240,GREEN);
color_line(483,403,157,77,GREEN);
color_line(157,403,483,77,GREEN);
pi=3.141592654;
fread(d,sizeof(float),360,fil);
max=d[0];
max1=d[0];
k=0;n=0;
min=d[0];
min1=d[0];
for (j=1;j<359;j++) /*Find max*/
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

if (d[j] > max1)
{
    if(d[j]>max)
    {
        max=d[j];
        k=j;
    }
    max1=d[j];
}
else
{
    if(max1 > max)
    {
        max=max1;
        k=j;
    }
    max1=d[j];
}
if (d[j]<min1)
{
    if(d[j]<min)
    {
        min=d[j];
        n=j;
    }
    min1=d[j];
}
else
{
    if(min1<min)
    {
        min=min1;
        n=j;
    }
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
min1=d[j];
}
}
span=max-min;
if(span>60.0) span=60.0 ;
for(j=0;j<359;j++)
{
if((max-d[j])>60)
d[j]=max-60;
}
for (j=1;j<360;j++)
{
g=(d[j-1]-min)+(60.0-span);
y=232*g/60.0*cos((360-(j-1))*pi/180);
x=232*g/60.0*sin((360-(j-1))*pi/180);
e[j]=320-(int)x;
f[j]=240-(int)y;
if(j==1)
continue;
else
color_line(e[j-1],f[j-1],e[j],f[j],BLACK);
}
color_line(e[359],f[359],e[1],f[1],BLACK);
setcolor(5);
settextstyle(0,HORIZ_DIR,0);
outtextxy(275,1,"dB RELATIVE");
outtextxy(323,13,"0");
outtextxy(323,53,"-10");
outtextxy(323,94,"-20");
outtextxy(323,135,"-30");
outtextxy(323,176,"-40");
outtextxy(323,204,"-50");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

```

setcolor(5);
outtextxy(0,370,"NORMALIZE WITH ");
outtextxy(0,390,"GAIN =      dBm");
gotoxy(8,25);
printf("%d",max);
outtextxy(1,5,"MAXIMUM POWER =      dBm");
gotoxy(18,1);
printf("%d",max);
outtextxy(1,22,"AT      DEGREE");
gotoxy(4,2);
printf("%d",k);
outtextxy(1,37,"MINIMUM POWER =      dBm");
gotoxy(17,3);
printf("%d",min);
outtextxy(1,53,"AT      DEGREE");
gotoxy(4,4);
printf("%d",n);
getch();
closegraph();
}

void color_circle(int x,int y,int rad,int linecolor)
{
    setcolor(linecolor);
    setlinestyle(SOLID_LINE,0,NORM_WIDTH);
    circle(x,y,rad);
}

void color_line(int x1,int y1,int x2,int y2,int linecolor)
{
    setcolor(linecolor);
    setlinestyle(SOLID_LINE,0,NORM_WIDTH);
    line(x1,y1,x2,y2);
}

void rectan_plot(void)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

{
    int    i,j,k,c;

    double max,min,max1,min1,dmx,dmn,span;

    int    driver;

    int    mode;

    FILE    *fil;

    char    str[50],filename[30];

    float    d[360];

    int    polyarray[]={0,0,640,0,640,480,0,480};

    c=3;

    clrscr();

    printf("ENTER FILE NAME : ");

    scanf("%s",filename);

    if((fil=fopen(filename,"rb"))==NULL)

    {

        printf("CANNOT OPEN FILE!!");

        exit(0);

    }

    fread(d,sizeof(float),360,fil);

    driver = DETECT;

    initgraph(&driver,&mode,"c:\\project");

    fillpoly(4,polyarray);

    setttextjustify(1,2);

    color_line(80,5,80,445,c);

    color_line(80,445,620,445,c);

    j=-180; k=0;

    for (i=80;i<=620;i=i+15)

    {

        color_line(i,440,i,445,c);

        if (k%3 == 0)

        {

            sprintf(str,"%d",j);

            color_line(i,445,i,450,c);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(i,455,str);
j=j+30;
}
k++;
}
j=0;
for (i=5;i<=445;i=i+88)
{
color_line(75,i,80,i,c);
sprintf(str,"%%.1d",j*-10);
outtextxy(52,i-2,str);
j++;
}
setcolor(2);
settextstyle(2,HORIZ_DIR,0);
outtextxy(25,0,"dB");
outtextxy(600,470,"Degree");
max=d[0];
max1=d[0];
min=d[0];
min1=d[0];
dmx=0;
dmn=0;
for(j=1;j<359;j++) /*Find max*/
{
if (d[j] > max1)
{
if(d[j]>max)
{
max=d[j];
dmx=j;
}
max1=d[j];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
else
{
if(max1 > max)
{
max=max1;
dmx=j;
}
max1=d[j];
}
if (d[j]<min1) /*Find min*/
{
if(d[j]<min)
{
min=d[j];
dmn=j;
}
min1=d[j];
}
else
{
if(min1<min)
{
min=min1;
dmn=j;
}
min1=d[j];
}
}
span=50.0;
j=0;
settextstyle(2,HORIZ_DIR,0);
for (i=0;i<360;i++)

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

{
    d[i]=d[i]-max;
    if (d[i]<-50.0)
        d[i]=-50.0;
    d[i]=(((d[i]+50.0)/span)*440);
}
for (i=0;i<=180;i++)
    color_line( (int)((1.5*(i+180))+80),(int)(445-d[i]),
                (int)((1.5*(i+181))+80),(int)(445-d[i+1]),c+1);
for (i=180;i<360;i++)
    color_line( (int)((1.5*(i-180))+80),(int)(445-d[i]),
                (int)((1.5*(i-179))+80),(int)(445-d[(i+1)%360]),c+1);
setcolor(2);
outtextxy(11,194,"MAX ");
gotoxy(4,13);
printf("%2.0f",max);
outtextxy(65,194,"dBm");
outtextxy(8,210,"at");
gotoxy(4,14);
printf("%2.0f",dmx);
outtextxy(65,210,"deg");
outtextxy(10,226,"MIN ");
gotoxy(4,15);
printf("%2.0f",min);
outtextxy(65,226,"dBm");
outtextxy(8,242,"at");
gotoxy(4,16);
printf("%2.0f",dmn);
outtextxy(65,242,"deg");
getch();
closegraph();
}

void avg(void)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
float d[360],dat,d1[360];

int c,i;

FILE *data;

char filename[30];

int ang;

clrscr();

printf("\n\n\n\n\t\t\tEnter filename1 ");

scanf("%s",&filename);

if((data=fopen(filename,"rb"))==NULL)
{
printf("error in open file1\n");
exit(0);
}

fread(d,sizeof(float),360,data);

clrscr();

printf("\n\n\n\n\t\t\tEnter filename2 ");

scanf("%s",&filename);

if((data=fopen(filename,"rb"))==NULL)
{
printf("error in open file2\n");
exit(0);
}

fread(d1,sizeof(float),360,data);

fclose(data);

i=0;
do
{
d[i]=d[i]/2;
d1[i]=d1[i]/2;
d[i]+=d1[i];

i++;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
while(i<=359);  
clrscr();  
printf("\n\n\n\n\t\t\tEnter filename3 ");  
scanf("%s",&filename);  
if((data=fopen(filename,"wb"))==NULL)  
{  
    printf("error in open file3\n");  
    exit(0);  
}  
fread(d,sizeof(float),360,data);  
fclose(data);  
fopen(filename,"wb");  
fwrite(&d,sizeof(float),360,data);  
fclose(data);  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

{
    d[i]=d[i]-max;
    if (d[i]<-50.0)
        d[i]=-50.0;
    d[i]=(((d[i]+50.0)/span)*440);
}

for (i=0;i<=180;i++)
    color_line( (int)((1.5*(i+180))+80),(int)(445-d[i]),
                (int)((1.5*(i+181))+80),(int)(445-d[i+1]),c+1);

for (i=180;i<360;i++)
    color_line( (int)((1.5*(i-180))+80),(int)(445-d[i]),
                (int)((1.5*(i-179))+80),(int)(445-d[(i+1)%360]),c+1);

setcolor(2);
outtextxy(11,194,"MAX ");
gotoxy(4,13);
printf("%.2.0f",max);
outtextxy(65,194,"dBm");
outtextxy(8,210,"at");
gotoxy(4,14);
printf("%.2.0f",dmx);
outtextxy(65,210,"deg");
outtextxy(10,226,"MIN ");
gotoxy(4,15);
printf("%.2.0f",min);
outtextxy(65,226,"dBm");
outtextxy(8,242,"at");
gotoxy(4,16);
printf("%.2.0f",dmn);
outtextxy(65,242,"deg");
getch();
closegraph();
}

void avg(void)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
float d[360],dat,d1[360];
int c,i;
FILE *data;
char filename[30];
int ang;
clrscr();
printf("\n\n\n\n\t\t\tEnter filename1 ");
scanf("%s",&filename);
if((data=fopen(filename,"rb"))==NULL)
{
printf("error in open file1\n");
exit(0);
}
fread(d,sizeof(float),360,data);
clrscr();
printf("\n\n\n\n\t\t\tEnter filename2 ");
scanf("%s",&filename);
if((data=fopen(filename,"rb"))==NULL)
{
printf("error in open file2\n");
exit(0);
}
fread(d1,sizeof(float),360,data);
fclose(data);

i=0;
do
{
d[i]=d[i]/2;
d1[i]=d1[i]/2;
d[i]+=d1[i];

i++;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while(i<=359);

clrscr();

printf("\n\n\n\t\t\tEnter filename3 ");

scanf("%s",&filename);

if((data=fopen(filename,"wb"))==NULL)
{
printf("error in open file3\n");

exit(0);

}

fread(d,sizeof(float),360,data);

fclose(data);

fopen(filename,"wb");

fwrite(&d,sizeof(float),360,data);

fclose(data);

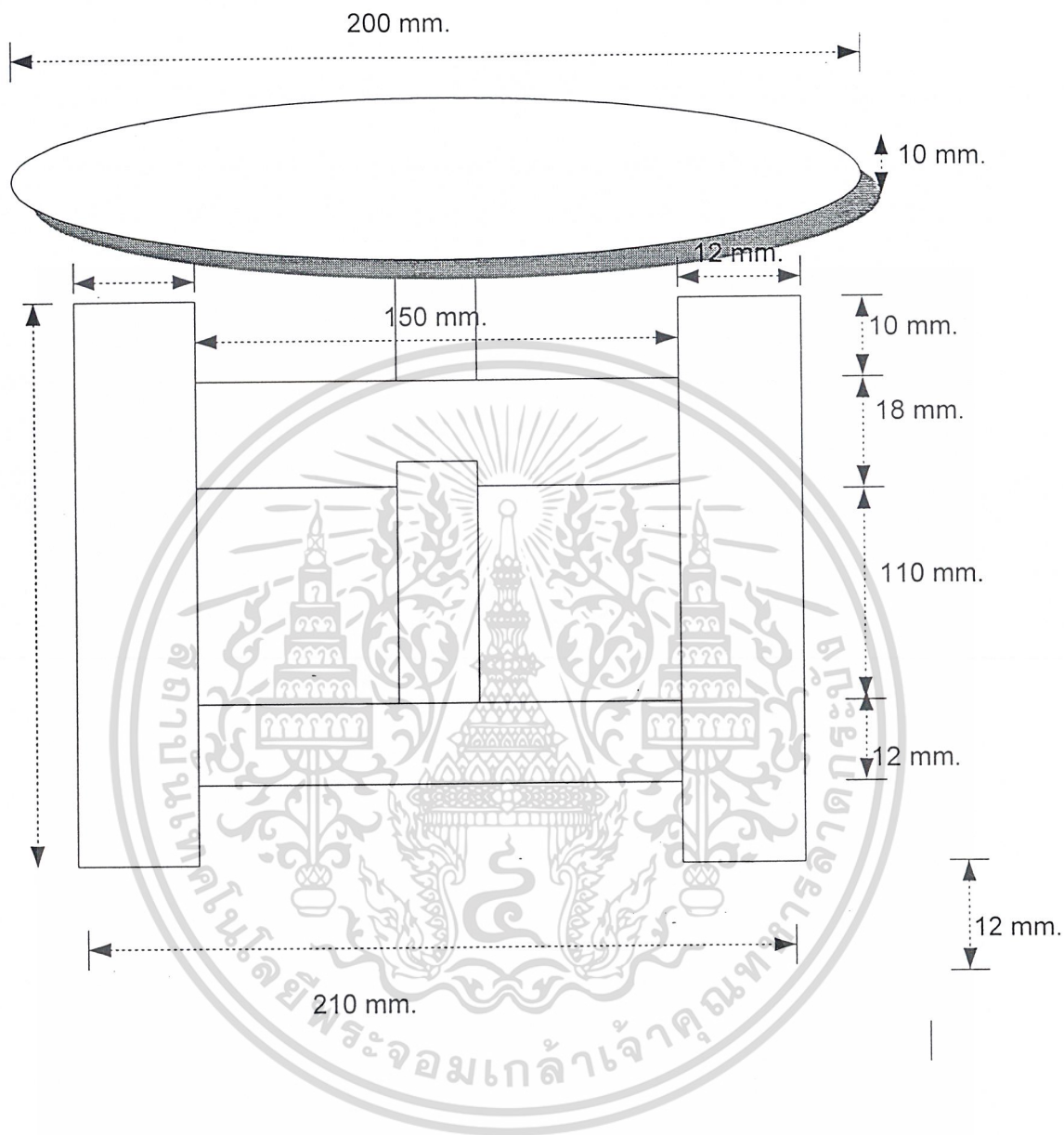
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบการทำ TURN TABLE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้