



ปีการศึกษา 2532

ปริญญาโท

เรื่อง

งานสาธิตอากาศแบบ แคสซีเกรน

(CASSEGRAIN REFLECTOR ANTENNA)

โดย

นาย ชัยรัตน์ ศราวุฒวงศ์ 29-1038

นาย ชัยวัฒน์ รัฐวัฒนากา 29-1047

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผ.ศ. โมไนย ไกรฤกษ์

อาจารย์ กิตติชัย พานิชปฐมพงศ์

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

ภาควิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง งานสายอากาศแบบ แคสซีเกรน

(CASSEGRAIN REFLECTOR ANTENNA)

ผู้จัดทำ

1. นาย ชัยรัตน์ ศรีรวมวงศ์ 29-1038
2. นาย ชัยวัฒน์ วิถีวัฒนาการ 29-1047


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผ.ศ. ไมโนย ไกยฤกษ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ กิตติชัย พานิชปฐมพงศ์)

026860

งานสายอากาศแบบ แคสซีเกรน

ชัยรัตน์ ศราวณะวงศ์
ชัยวัฒน์ วิถีพัฒนาการ
ผ.ศ. โมไนย ไกรฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. กิตติชัย พานิชปฐมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

ปฏิญานพนธ์นี้ ได้จัดทำขึ้นเพื่อทดสอบคุณสมบัติการกระจายคลื่น (CHARACTERISTIC OF RADIATION PATTERN) ของสายอากาศไมโครเวฟที่มีชื่อว่า แคสซีเกรน รีเฟลกเตอร์ แอนเทนน่า (CASSEGRAIN REFLECTOR ANTENNA) ที่สายอากาศชนิดนี้มีหลักการพื้นฐานมาจาก แคสซีเกรน เทเลสโคป (CASSEGRAIN TELESCOPE)

ระบบสายอากาศแคสซีเกรนนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. เมนดิช หรือเมนรีเฟลกเตอร์ (MAIN DISH or MAIN REFLECTOR) มีลักษณะเป็นจานพาราโบลา (Parabola) ซึ่งมีขนาดใหญ่
2. ซับดิช หรือซับรีเฟลกเตอร์ (SUB DISH or SUB REFLECTOR) มีลักษณะเป็นจานไฮเปอร์โบลา (Hyperbola) ซึ่งมีขนาดเล็ก.
3. ระบบฟีด (FEED SYSTEM) เป็นตัวปล่อยคลื่น มีลักษณะเหมือนแตร (Horn)

และสำหรับในโครงงานนี้ได้ออกแบบซับดิชเป็นแบบ เชปป์ิง ซับ รีเฟลกเตอร์ (SHAPING SUBREFLECTOR) ซึ่งจะทำให้อัตราขยายของสายอากาศเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ฮอร์นยังได้ออกแบบเป็นแบบ คอลลูเกต ฮอร์น (CORRUGATED HORN) ซึ่งจะมีคุณสมบัติโดยทั่วไปดีกว่าฮอร์นแบบธรรมดา

CASSEGRAIN REFLECTOR ANTENNA

CHAIRAT SARAWANAWONG

CHAIWAT THITIWATTANAKRAN

ASSISTANT PROFESSOR MONAI KRAIRIKSH ADVISOR
INSTRUCTOR KITTICHAJ PANICHPATHOMPONG ADVISOR
1989

ABSTRACT

This thesis is generated to examine the CHARACTERISTICS OF RADIATION PATTERN of microwave antenna named CASSEGRAIN REFLECTOR ANTENNA. Which this antenna has principle from CASSEGRAIN TELESCOPE.

Cassegrain antenna system is composed 3 main parts is:

1. MAIN DISH (MAIN REFLECTOR) which is in parabolar form and it's size is big.
2. SUB DISH (SUB REFLECTOR) which is in hyperbolar form and it's size is small.
3. FEED SYSTEM which it's character is same HORN

And this project we design sub dish to be SHAPING SUB REFLECTOR AND this will increase the gain of antenna. Besides, horn is designed to be CORRUGATED HORN which it has general characteristic better than other horns.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1 - 5
1.1 ระบบสายอากาศไมโครเวฟ	1
1.1.1 โฟคอล ฟีด	1
1.1.2 ฮอร์น รีเฟรคเตอร์	2
1.1.3 แคลชชีเกรน ฟีด	3
1.2 แคลชชีเกรน ออฟติคอลล เทเลสโคป	3
1.2.1 กระจกเงา	4
1.2.2 ออฟติคอลล อินสตูเมนต์	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ แคลชชีเกรน รีเฟรคเตอร์ แอนเทนน่า	6 - 13
2.1 เทเลสโคป และ แอนเทนน่า	6
2.2 เรขาคณิตของ แคลชชีเกรน แอนเทนน่า ซิสเต็ม	7
2.3 อีควิวาเร้นต์ คอนเซปต์	9
2.3.1 ฟีดเสมือน	9
2.3.2 พาราโบร่าเสมือน	10
2.4 รีตีวชั่น ออฟ อเพอร์เจอร์ บล็อกกิ้ง	11
2.5 เบนนิฟิต ออฟ แคลชชีเกรน ซิสเต็ม	12
บทที่ 3 วิธีการคำนวณและการออกแบบ การออกแบบระบบสายอากาศแบบ แคลชชีเกรน	14 - 27
3.1 การออกแบบ เมนดิช	14
3.2 การออกแบบ ฟีดฮอร์น	14
3.3 การออกแบบ ชับดิช	25
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	28 - 93
4.1 เมนดิช	28
4.2 ฟีดฮอร์น	29
4.3 ชับดิช	35
4.4 ผลการทดลอง	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	94 - 96
5.1 คอลลูเกต ออร์น	94
5.2 คอลลูเกตออร์น ร่วมกับ รีเฟรกเตอร์	94
5.3 ระบบ แคลซิเกรน	95
ภาคผนวก	97 - 100
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ระบบสายอากาศไมโครเวฟ

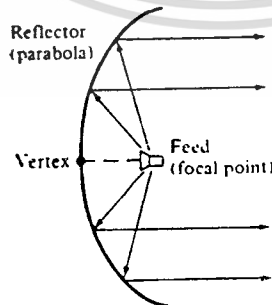
(MICROWAVE ANTENNA SYSTEM)

ในระบบการสื่อสารทางด้านไมโครเวฟ (Microwave) นั้นระบบสายอากาศก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าระบบส่วนอื่นๆ เลย ถึงแม้ว่าระบบเครื่องรับเครื่องส่งจะมีความสามารถทำงานได้ดีเพียงใดก็ตามแต่ถ้าขาดระบบสายอากาศที่ดีแล้วนั้นย่อมจะมีผลทำให้การสื่อสารด้วยระบบไมโครเวฟมีการทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควร มักจะทำให้เกิดอุปสรรคและข้อบกพร่องตามมา เพราะฉะนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญกับระบบสายอากาศเป็นอย่างมาก

ระบบสายอากาศทางการสื่อสารด้วยไมโครเวฟนั้นจะมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดด้วยกันขึ้นอยู่กับความถี่และระบบการใช้งาน แต่ในการใช้งานในระบบสื่อสารไมโครเวฟโดยส่วนใหญ่สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1.1.1 โฟคอล ฟีด (FOCAL FEED)

สายอากาศชนิดนี้เป็นสายอากาศแบบพาราโบลา (PARABOLA) ซึ่งจะมีระบบฟีดวางอยู่ที่จุดโฟกัสของพาราโบลา ดังแสดงในรูปที่ 1.1



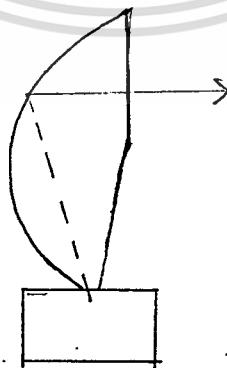
รูปที่ 1.1 แสดงสายอากาศชนิดโฟคอล ฟีด

สายอากาศชนิดนี้เป็นสายอากาศที่มีโครงสร้างแบบง่าย ๆ ซึ่งโดยส่วนใหญ่การใช้งานจะใช้ในงานที่ต้องการอัตราขยาย (Gain) ของสายอากาศไม่มากนัก เช่น การใช้งานกับระบบเครื่องรับ-ส่งสัญญาณไมโครเวฟจุดต่อจุดบนภาคพื้นดิน หรือระบบเครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียม เป็นต้น นอกจากนี้มักจะใช้เป็นตัวเปรียบเทียบสายอากาศไมโครเวฟชนิดอื่นๆด้วย เนื่องจากระบบสายอากาศชนิดนี้มีข้อเสียคือ

- เกิดความสูญเสีย (Loss) ในสายส่ง (Transmission Line) มากกว่าสายอากาศชนิดอื่น เนื่องมาจากการจำเป็นที่ต้องต่อสายส่งมายังระบบพีดมากกว่าระบบอื่น
- การปรับระบบพีดทำได้ลำบาก เนื่องจากระบบพีดวางไว้ด้านหน้าตรงจุดโฟกัสของจานพาราโบลา
- สัญญาณรบกวน (NOISE) จากพื้นดินแทรกเข้ามาได้ง่าย เนื่องจากระบบพีดจะวางหันหน้าลงให้กับพื้นดิน

1.1.2. ฮอว์น รีเฟลคเตอร์ (HORN REFLECTER)

ระบบสายอากาศไมโครเวฟชนิดนี้จะมีคุณสมบัติที่ใช้ในการสื่อสารทางด้านไมโครเวฟโดยทั่วไปดีกว่าสายอากาศชนิดอื่นๆ แต่มักจะไม่ค่อยมีผู้นิยมนำไปใช้กันเพราะ ราคาแพง , ขนาดจะใหญ่เมื่อต้องการให้อัตราขยายได้มาก สายอากาศชนิดนี้จะมีลักษณะแสดงดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แสดงสายอากาศชนิด ฮอว์น รีเฟลคเตอร์

1.1.3. แครสซีเกรน ฟีด (CASSEGRAIN FEED)

ในการสื่อสารไมโครเวฟกับระบบดาวเทียมส่วนใหญ่มักจะนิยมใช้ระบบสายอากาศชนิดนี้เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากระบบสายอากาศไมโครเวฟชนิดนี้มีอัตราขยายของสายอากาศสูง และมีการนำเอาระบบพีดวางไว้ด้านหลัง หรือตรงจุดศูนย์กลางของจานพาราโบลา ซึ่งจะทำให้สะดวกแก่การปรับระบบพีด และยังมีข้อดีต่าง ๆ อีกดังนี้คือ

- มีอัตราการขยายของสายอากาศมาก และ สามารถเพิ่มอัตราการขยายของสายอากาศได้ง่ายโดยการเพิ่มขนาดของจานสายอากาศ
- ความสูญเสียในสายส่งจะม้น้อยกว่าในระบบแรก

สายอากาศชนิดนี้มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 1.3

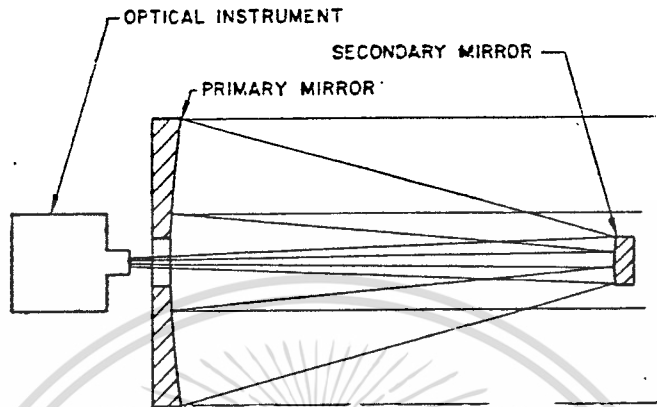


รูปที่ 1.3 แสดงสายอากาศชนิด แครสซีเกรน ฟีด

1.2 แครสซีเกรน ออฟติคัล เทเลสโคป (CASSEGRAIN OPTICAL TELESCOPE)

แต่ระบบสายอากาศที่ได้ทำการศึกษาในปริญญาณิพนธ์นี้ จะทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบสายอากาศไมโครเวฟแบบแครสซีเกรนที่เรียกว่า " CASSEGRAIN AND DUAL REFLECTOR ANTENNA FEED SYSTEM " ระบบสายอากาศไมโครเวฟชนิดนี้มีพื้นฐานมาจากแครสซีเกรน ออฟติคัล เทเลสโคป (Cassegrain Optical telescope) โดยที่เทเลสโคปแบบนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

กระจกเงา (Mirror) 2 อัน และ ออปติคอลล อินสตรูเมนต์ (Optical Instrument) มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 แสดงหลักการของ แครสซิเกรน เทเลสโคป

1.2.1 กระจกเงา (MIRROR)

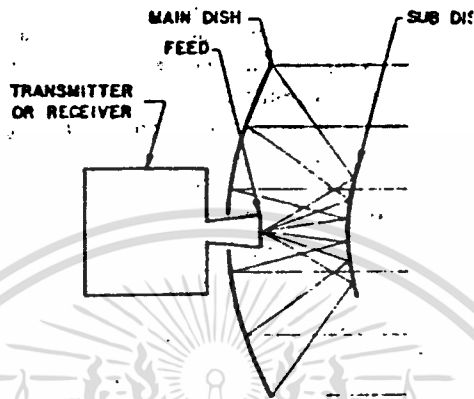
กระจกเงาทั้ง 2 อัน จะประกอบไปด้วย

- ไพรมารี มิลเรอร์ (PRIMARY MIRROR) มีลักษณะเป็นกระจกเว้า (concave mirror) อันใหญ่อยู่ด้านหลัง จะทำหน้าที่รวมแสงที่รับเข้ามา ให้ไปตกอยู่ที่ เซกกันดารี มิลเรอร์ (Secondary Mirror)
- เซกกันดารี มิลเรอร์ (SECONDARY MIRROR) มีลักษณะเป็นกระจกโค้งนูน (convex mirror) อันเล็กอยู่ด้านหน้า จะทำหน้าที่สะท้อนแสงที่ได้จาก ไพรมารี มิลเรอร์ ผ่านรูซึ่งอยู่ตรงจุดศูนย์กลางของ ไพรมารี มิลเรอร์ เข้าไปยัง ออปติคอลล อินสตรูเมนต์ ดังนั้นเราจึงสามารถมองเห็น ล้ำแสงที่เข้ายัง แครสซิเกรน เทเลสโคป ทางด้านหลังของ ไพรมารี ได้

1.2.2 ออปติคอลล อินสตรูเมนต์ (OPTICAL INSTRUMENT)

ออปติคอลล อินสตรูเมนต์ จะเป็นเครื่องมือที่ทำการรับ-ส่งแสงผ่านทางรูตรงจุดศูนย์กลางของ ไพรมารี มิลเรอร์ ไปสะท้อนกับ เซกกันดารี มิลเรอร์ แล้วกลับมาสะท้อนที่ ไพรมารี มิลเรอร์ อีกครั้ง หรือกลับกัน

พื้นฐานของสายอากาศไมโครเวฟแบบ แครสซีเกรน แอนเทนน่า (Cassegrain Antenna) ก็มาจาก แครสซีเกรน เทเลสโคป เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดง แครสซีเกรน แอนเทนน่า (Cassegrain Antenna)

จะเห็นว่าทั้ง แครสซีเกรน เทเลสโคป และ แครสซีเกรน แอนเทนน่า มีลักษณะคล้ายคลึงกันมากจะต่างกันที่ว่าจะ เป็นแสง หรือ คลื่นเท่านั้น ซึ่งทั้งแสง และ คลื่น ดังกล่าวก็จะเป็น " คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) " เหมือนกัน เพราะฉะนั้นการศึกษาในเรื่องสายอากาศไมโครเวฟชนิดนี้ จึงสามารถเอาหลักการของ แครสซีเกรน เทเลสโคป มาใช้ได้

สำหรับปริญญาโทในปีการศึกษา 2532 นี้ จะทำการศึกษาในเรื่องสายอากาศไมโครเวฟชนิดนี้ โดยการแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ทฤษฎีพื้นฐานของสายอากาศระบบ แครสซีเกรน แอนเทนน่า
2. การออกแบบสายอากาศระบบ แครสซีเกรน แอนเทนน่า
3. ทำการทดลองหา แพทเทิร์น (Pattern) ของระบบสายอากาศไมโครเวฟชนิดนี้ที่ได้ทำการออกแบบไว้เปรียบเทียบกับ ทฤษฎี

บทที่ 2

ทฤษฎี และ หลักการ

แคสซิเกรน รีเฟรคเตอร์ แอนเทนน่า (CASSEGRAIN REFLECTOR ANTENNA)

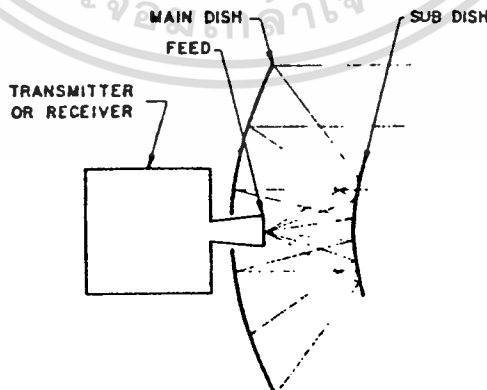
ในระบบ แคสซิเกรน รีเฟรคเตอร์ แอนเทนน่า นี้ส่วนใหญ่จะใช้
งานกับสถานีสื่อสารดาวเทียมภาคพื้นดินที่มีขนาดใหญ่ สำหรับการติดตามสัญญาณ
(Tracking) ดาวเทียม และการติดต่อสื่อสารดาวเทียม (Satellite Communi-
cation) ซึ่งในปัจจุบันนี้สถานีถ่ายทอดสัญญาณดาวเทียมโดยส่วนใหญ่จะใช้ระบบ
สายอากาศชนิดนี้ ซึ่งมีข้อดีดังกล่าวไปแล้วตอนต้น

2.1 เทเลสโคป และ แอนเทนน่า (Telescope VS Antenna)

ระบบสายอากาศแบบ แคสซิเกรน รีเฟรคเตอร์ แอนเทนน่า นี้จะมี
ส่วนประกอบใหญ่อยู่ด้วยกันทั้งหมด 3 ส่วนดังต่อไปนี้ คือ

- ระบบฟีด (Feed System)
- เมน รีเฟรคเตอร์ (Main Reflector)
- ซับ รีเฟรคเตอร์ (Sub Reflector)

ส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบ แคสซิเกรน รีเฟรคเตอร์
แอนเทนน่า

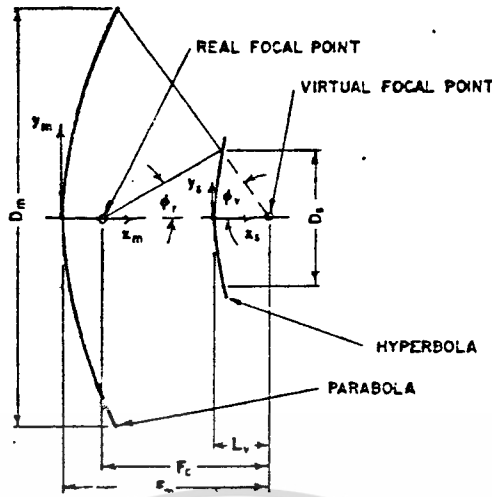
ระบบ แครสซีเกรน รีเฟรคเตอร์ แอนเทนน่า ทั้ง 3 ส่วน ซึ่งเราสามารถนำมาเปรียบเทียบได้กับระบบ แครสซีเกรน เทเลสโคป ดังนี้ คือ

1. ระบบ ฟีด เปรียบเทียบได้กับ ออฟติคอล อินสตรูเมนต์
2. เมนรีเฟรคเตอร์ หรือที่เรียกว่า "เมน ดิช (Main Dish)" เปรียบเทียบได้กับ ไพมารี มิลเลอร์
3. ซับ รีเฟรคเตอร์ หรือที่เรียกว่า " ซับ ดิช (Sub Dish) " เปรียบเทียบได้กับ เซกกันดารี มิลเลอร์

การวิเคราะห์การทำงานของ แครสซีเกรน รีเฟรคเตอร์ แอนเทนน่า กระทำได้เหมือนกับที่ ซิงเกิล ดิช แอนเทนน่า (Single Dish Antenna) วิเคราะห์จาก เซมิออฟติคอล (Semi-Optical) คลื่นที่แผ่ (Radiate) จากระบบฟีดสามารถที่จะอธิบายโดยการใช้ ฟาฟิวล์ แพทเทิร์น (Far-Field Pattern) ของ ระบบฟีดก่อนหน้า ซับ-ดิช และลำคลื่นเดินทางไปยังหน้า (Wave Incident) ที่ปรากฏอยู่บน ซับ-ดิช จะเดินทางมาจากจุดกึ่งกลางของ ระบบฟีด ดังนั้น ซับ-ดิช จะต้องมีความใหญ่เพียงพอที่จะรับคลื่นที่แผ่มาจาก ระบบฟีด ตามกฎของแสง หลังจากนั้นคลื่นจะสะท้อนจาก ซับ-ดิช เข้าสู่ เมน-ดิช แล้วสะท้อนออกจาก เมน-ดิช เป็นลำคลื่นขนาน และหน้าคลื่นจะเป็น แพลท เชป (Flat shape) ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการ

2.2 เรขาคณิตของ แครสซีเกรน แอนเทนน่า ซิสเต็ม (GEOMETRY OF CASSEGRAIN ANTENNA SYSTEM)

เรขาคณิตของ แครสซีเกรน แอนเทนน่า ซิสเต็ม มีลักษณะเป็นแบบง่ายคล้ายกับ เรขาคณิตของ แครสซีเกรน เทเลสโคป ซิสเต็ม ซึ่งเราสามารถที่จะใช้ แครสซีเกรน เทเลสโคป ซิสเต็ม มาเป็นพื้นฐานของระบบ แครสซีเกรน แอนเทนน่า และ แครสซีเกรน แอนเทนน่า ซิสเต็ม สามารถแสดงตามรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงเรขาคณิตของ แครสซีเกรน แอนเทนน่า ซิสเต็ม

จากรูปที่ 2.2 จะกล่าวถึง ลักษณะรูปร่างและสมการของ เมนดิช กับ ซับดิช ได้ดังนี้คือ

1. เมนดิช (Main-Dish) จะมีลักษณะรูปร่างเป็นแบบพาราโบลา (Parabola) และมีสมการของ เมนดิช เป็นดังนี้ คือ

$$\tan (1/2\phi_v) = D_m/4F_m \text{ -----(2.1)}$$

$$X_m = Y_m^2/4m \text{ -----(2.2)}$$

2. ซับดิช (Sub-Dish) มีลักษณะรูปร่างเป็นแบบไฮเพอร์โบลา (Hyperbola) และมีสมการของ ซับดิช เป็นดังนี้ คือ

$$(1/\tan\phi_v) + (1/\tan\phi_r) = 2F_c/D_s \text{ -----(2.3)}$$

$$1 - \{[\sin 1/2(\phi_v - \phi_r)] / [\sin 1/2(\phi_v + \phi_r)]\} = 2L_v/F_c \text{ -----(2.4)}$$

$$X_s = a[\sqrt{1+(Y_s/b)^2} - 1] \text{ -----(2.5)}$$

โดยที่ :

$$a = F_c/2e$$

$$b = a\sqrt{e^2 - 1}$$

$$e = \{[\sin 1/2(\phi_v + \phi_r)] / [\sin 1/2(\phi_v - \phi_r)]\}$$



หมายเหตุ :

D_m คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของ เมนติช

F_m คือ ความยาวโฟกัสของ เมนติช

ϕ_v คือ มุมระหว่าง เส้นผ่านจุดกึ่งกลางของ เมนติช กับ เส้นที่ลากผ่านขอบของ เมนติช มาพบกันที่จุดโฟกัส (focus)

D_s คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของ ซับดิช

F_c คือ ความยาวระหว่าง จุดโฟกัสของ ซับดิช กับ จุดโฟกัสของ เมนติช

ϕ_r คือ มุมระหว่าง เส้นผ่านจุดกึ่งกลางของ ซับดิช กับ เส้นที่ลากจากบนจานของ ซับดิช (จุดที่กำหนดไว้) มาพบกันที่จุดโฟกัสของ Sub-Dish

L_v คือ ความยาวระหว่าง เส้นผ่านจุดกึ่งกลางของ ซับดิช กับจุดกึ่งกลางของ เมนติช

จากสมการ (2.1)--(2.5) พารามิเตอร์ (parameter) D_m, F_m, F_c, ϕ_v จะกำหนดขึ้นจากระบบสายอากาศที่ต้องการออกแบบ และ ϕ_r, D_s, L_v จะได้มาจากการคำนวณสมการ (2.3)--(2.5)

2.3 อีควิวาเลนซ์ คอนเซปต์

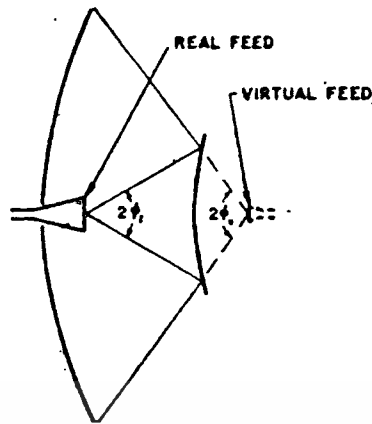
(EQUIVALENCE CONCEPTS)

อีควิวาเลนซ์ คอนเซปต์ เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องถึง ฟีดเสมือน (Virtual Feed) และ พาราโบลาเสมือน (Equivalent Parabola)

2.3.1 ฟีดเสมือน (Virtual feed)

ฟีดเสมือน ทำหน้าที่เปรียบเสมือนกับเป็นอุปกรณ์รวมระหว่าง ฟีดจริง (จุดโฟกัสของ ซับดิช) กับ ซับดิช ซึ่ง ฟีดเสมือน เองก็คือ จุดโฟกัส (Focus point) ของ เมนติช นั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.3

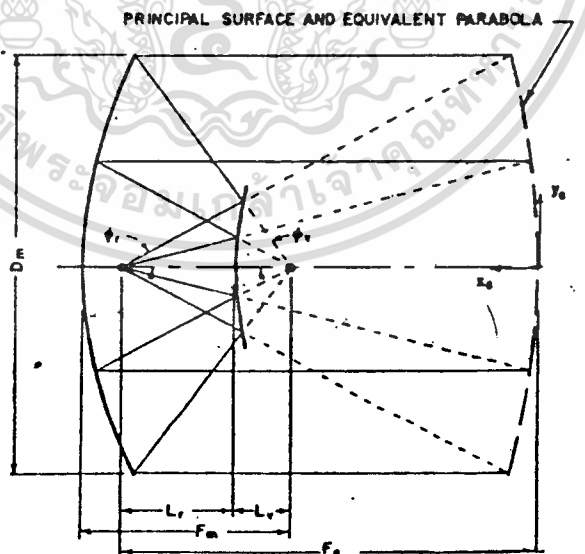
026860



รูปที่ 2.3 แสดง ความคิดของฟีดเสมือน (Virtual Feed Concept)

2.3.2 พาราโบราเสมือน (Equivalent Parabola)

ในที่นี้ พาราโบราเสมือน สามารถแทนทั้ง เมนดิช และ ซับดิช ได้ด้วย อีควิวาเร้นท์ โฟกัสซิง เซอร์เฟต (Equivalent Focusing Surface) โดยมี จุดโฟกัสอยู่ที่ ฟีดจริง ดังแสดงได้ในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดง ความคิดของ อีควิวาเร้นท์ พาราโบรา (EQUIVALENT PARABOLA CONCEPT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิควิวาเร้นต์ พาราโบรา จะเปรียบเสมือน พาราโบรา ที่มีจุดโฟกัส อยู่ที่จุดโฟกัสของ ชั้นดิช (ผิดจริง)

สมการต่อไปนี้จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อิควิวาเร้นต์ กับ พารา มิเตอร์ของสายอากาศ

$$D_m/4F_e = \tan 1/2\phi_r \quad \text{-----}(2.6)$$

$$X_e = Y_e^2/4F_e \quad \text{-----}(2.7)$$

$$\begin{aligned} F_e/F_m &= (\tan 1/2\phi_v) / (\tan 1/2\phi_r) \\ &= L_r/L_v \\ &= (e+1)/(e-1) \quad \text{-----}(2.8) \end{aligned}$$

หมายเหตุ:

F_e คือ ความยาวโฟกัสเสมือน (Equivalent focus length)

L_r คือ ความยาวระหว่าง จุดกึ่งกลางของ ชั้นดิช กับ จุดโฟกัสของ ชั้นดิช

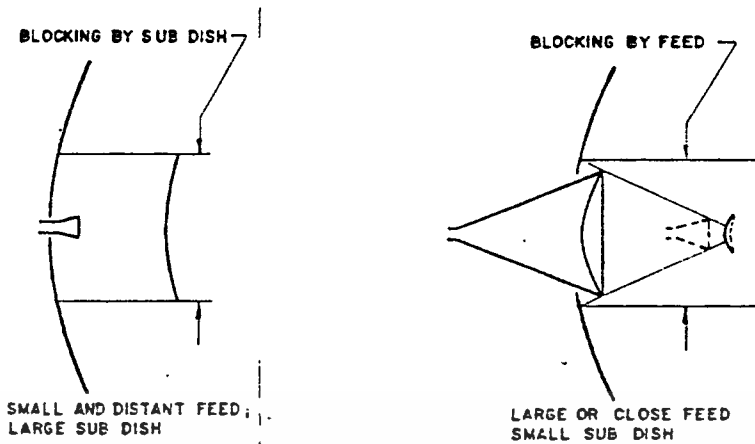
2.4 ริดิวชั่น ออฟ อเพอร์เจอร์ บล็อกกิ้ง

(REDUCTION OF APERTURE BLOCKING)

ในระบบ แครสซีเกรน เอนเทนน่า นั้นจะเกิดลักษณะการบังคลื่น หรือ ที่เรียกกันว่า "บล็อกกิ้ง (BLOCKING)" ซึ่งเกิดขึ้นมาจากระบบสายอากาศเองโดยไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ แต่สามารถให้น้อยลงได้ เราสามารถแบ่งการ บล็อกกิ้ง ออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. บล็อกกิ้ง อันเนื่องมาจาก ชั้นดิช ไปบังคลื่นที่เข้ามาข้าง (หรือ ที่ออกจาก) เมนดิช
2. บล็อกกิ้ง อันเนื่องมาจากตัว ฟีดฮอร์น เองไปบังลำคลื่นที่เข้ามาข้าง (หรือ ที่ออกจาก) ชั้นดิช

การ บล็อกกิ้ง ทั้ง 2 ชนิด สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.5



(a)

(b)

รูปที่ 2.5 แสดงชนิดต่างๆของ บล็อกกึ่ง (TYPE OF APERTURE BLOCKING)

(a) บล็อกกึ่ง โดย ชับดิช

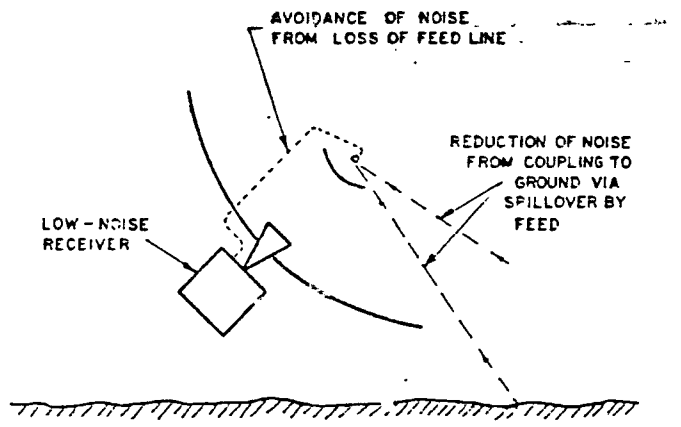
(b) บล็อกกึ่ง โดย ฟีด

ซึ่งบล็อกกึ่งเหล่านี้จะมีผลทำให้ อัตราการขยาย ของระบบสายอากาศ ลดลง และ จะทำให้เกิด ไซด์โลบ (Side Lobe) เพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้นในการ ออกแบบระบบสายอากาศไมโครเวฟควรจะต้องออกแบบให้ทั้ง ระบบฟีด และ ชับดิช มีความเหมาะสมกันมากที่สุด

2.5 เบนนิฟิต ออฟ แครสซีเกรน ซิสเต็ม (BENEFITS OF CASSEGRAIN SYSTEM)

ข้อได้เปรียบ หรือ ข้อดีบางประการ ของสายอากาศไมโครเวฟแบบ แครสซีเกรน ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในบทนำในที่นี่จะได้นำมากล่าวอีกครั้งหนึ่ง

รูปที่ 2.5 ต่อไปนี้ จะได้แสดงให้เห็นข้อได้เปรียบบางประการของ สายอากาศไมโครเวฟแบบ แครสซีเกรน ที่มีต่อสายอากาศไมโครเวฟชนิดอื่น เช่น โฟคอลพีด เป็นต้น



รูปที่ 2.6 แสดง ข้อได้เปรียบบางประการของระบบสายอากาศแบบ แครลชีเกอร์น

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่า เราสามารถควบคุมอุปกรณ์การรับส่ง วิทยุ. ที่ตำแหน่งตรงด้านหลัง เมนติช ได้เลย ซึ่งถ้าเป็นแบบ ซิงเกิ้ล (Single Dish) หรือ โฟคอล พีด จะต้องมีย่านนำคลื่น (Waveguide) วางไว้ข้างหน้าของ เมนติช แทน ซับดิช ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียมาก

อีกประการหนึ่งที่สำคัญก็คือ ระบบสายอากาศไมโครเวฟแบบ แครลชี- เกรน นี้จะช่วยลดการคับปลิ่ง (Coupling) สัญญาณรบกวน จากพื้นดินได้ดี

บทที่ 3

วิธีการคำนวณ และ การออกแบบ

การออกแบบระบบสายอากาศแบบ แครสซีเกรน

(CASSEGRAIN ANTENNA DESIGN)

ในการออกแบบระบบสายอากาศแบบ แครสซีเกรน รีเฟรคเตอร์ แอนเทนน่า นี้จะมีขั้นตอนใหญ่ ๆ ของการออกแบบอยู่ 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนการออกแบบของ เมนดิช
2. ขั้นตอนการออกแบบของระบบ ฟีดฮอร์น
3. ขั้นตอนการออกแบบของ ซับดิช

3.1 การออกแบบ เมนดิช

(MAIN DISH DESIGN)

การออกแบบ เมนดิช นี้จะออกแบบเป็นลักษณะจาน พาราโบลาธรรมดา ซึ่งสามารถทำการออกแบบได้ดังต่อไปนี้

3.1.1 จะเป็นการหาขนาดของ เมนดิช (D_m) ซึ่งจะต้องกำหนดค่าต่อไปนี้ คือ อัตราขยายของจาน (G) , ประสิทธิภาพ (η) , ความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) แล้วใช้สมการต่อไปนี้หาค่า D_m ออกมา

$$G = 10 \log_{10} \eta \left(\frac{D_m}{\lambda} \right)^2 \quad \text{-----} (3.1)$$

3.1.2 ใช้ D_m ที่ได้จากข้อ 3.1.1 และ กำหนดค่า ความยาวโฟกัส (F_m) แล้วใช้สมการที่ 2.1 หาค่า O_v ออกมา

3.1.3 หลังจากทำข้อ 3.1.1 , 3.1.2 เรียบร้อยแล้ว สามารถใช้สมการที่ 2.2 พล็อตรูปของ เมนดิช ออกมาได้

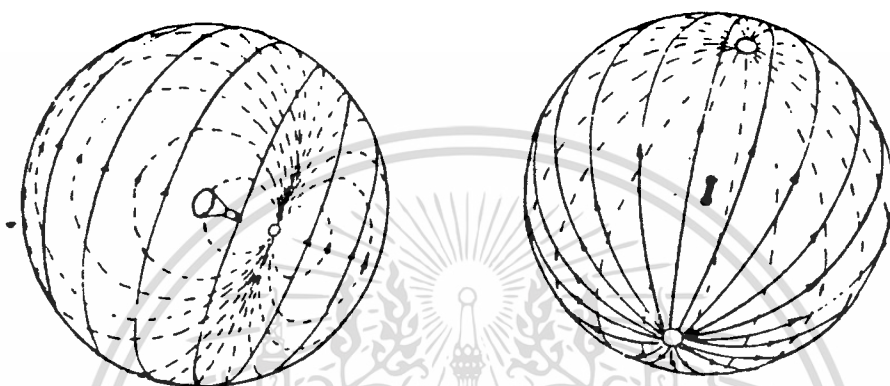
3.2 การออกแบบ ฟีดฮอร์น

(FEED HORN DESIGN)

ในปี ค.ศ. 1960 ได้มีการนำเอา ฟีดฮอร์น (FEED HORN) มาใช้งานแทน ไดโพล (DIPOLE) ทั้งนี้เพราะว่า คุณสมบัติบางประการของ ไดโพล

คือ เมนเบีม (Main Beam) ใน E-plane กับ H-plane แตกต่างกันอย่างมาก และถ้าไปพิจารณาทางด้านคุณสมบัติของโพลาไรซ์ (Polarization Characteristic) ของ รีเฟลคเตอร์ แอนเทนน่า (Reflector Antenna) จะยังมีข้อจำกัดลงไปอีก ดังแสดงตามรูปที่ 3.1

IDEAL FEED POLARIZATION



DIPOLE POLARIZATION

(a)

(b)

รูปที่ 3.1 แสดง คุณสมบัติโพลาไรซ์ ของ รีเฟลคเตอร์ แอนเทนน่า

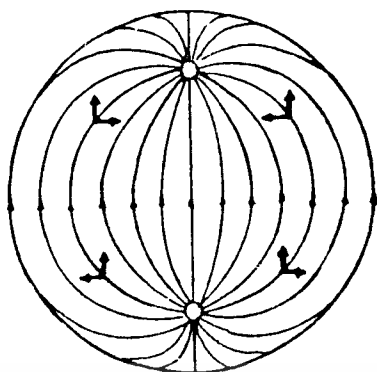
(a) โพลาไรซ์ ของ ไอเดีย-ฟีด

(Ideal Feed Polarization)

(b) โพลาไรซ์ ของ ไดโพล

(Dipole Polarization)

คลื่นที่สะท้อนออกมาจาก ไอเดีย-ฟีด (Ideal Feed) จะมีทิศทางเดียว แต่ถ้าเป็น ไดโพล (Dipole) คลื่นที่สะท้อนออกมาจะมีส่วนประกอบของ คอสโพลาไรซ์ (Cross Polarized) ออกมา ซึ่งมีโพลาไรซ์ออกมา 2 ทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 3.2

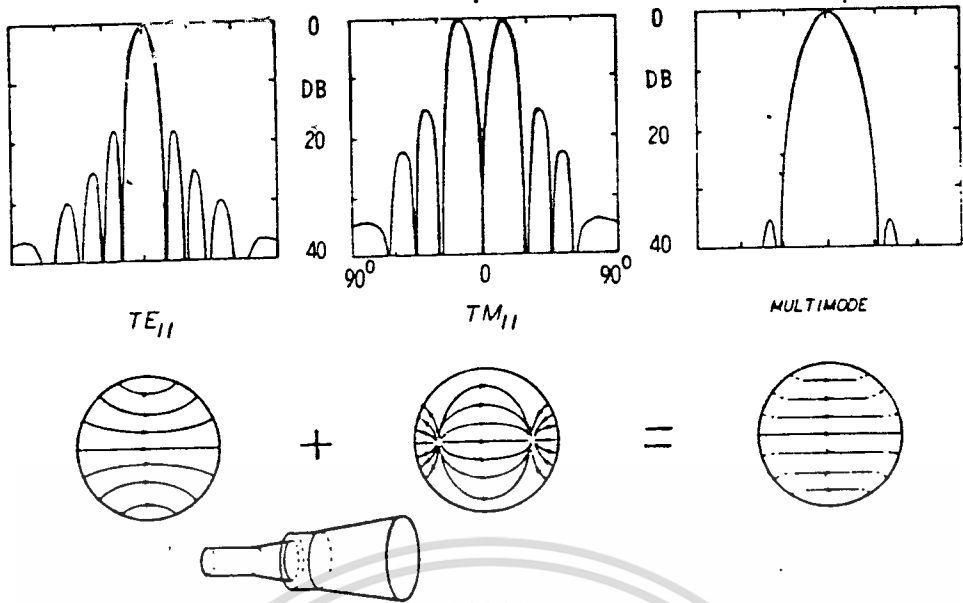


DEEP DISH APERTURE FIELD

รูปที่ 3.2 แสดง คุณสมบัติโพลาไรซ์ ของ ดิฟ ดิช อเพอร์เจอร์
ฟิลด์ (Deep Dish Aperture Field)

ต่อมาเมื่อผู้ค้นพบว่า ถ้าเอา อิเล็กตริก ไดโพล (Electric Dipole)
มารวมกับ แมกเนตริก (Magnetic Dipole) จะเกิดการรวมกันของ ครอส
อิเล็กตริก ไดโพล (Crossed Electric Dipole) กับครอส แมกเนติก ไดโพล
(Crossed Magnetic Dipole) และสามารถปรับจนกระทั่งการแพร่กระจายคลื่น
ในแนว ครอสโพลาไรซ์ หมดไป

จากหลักการนี้เราสามารถทำได้โดยปล่อยคลื่น $TE_{1,1}$ mode เข้าไป
ใน โคนนิคคอน ฮอร์น (Conical Horn) โดยให้บริเวณต้นคอของ ฮอร์น มีเส้น
ผ่าศูนย์กลางเปลี่ยนแปลง ผลจากการเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้มี โดมิแนนท์ โหมด (Dom-
inant Mode) ขึ้นมาอีกอัน คือ $TM_{1,1}$ mode ซึ่งถ้าทั้ง 2 โหมด นี้รวมกันอย่าง
ถูกต้องจะทำให้เกิดการแพร่กระจายคลื่นในแนว E-plane ใกล้เคียงกับ H-plane
และยังสามารถลด ไซด์โลบ ที่เกิดในแนว E-plane ลงได้อีกด้วย ซึ่งจะเป็นผล
ดีในการแพร่กระจายคลื่นที่ออกมาจาก ฝัดฮอร์น ผลของการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถ
ที่จะแสดงในรูปที่ 3.3



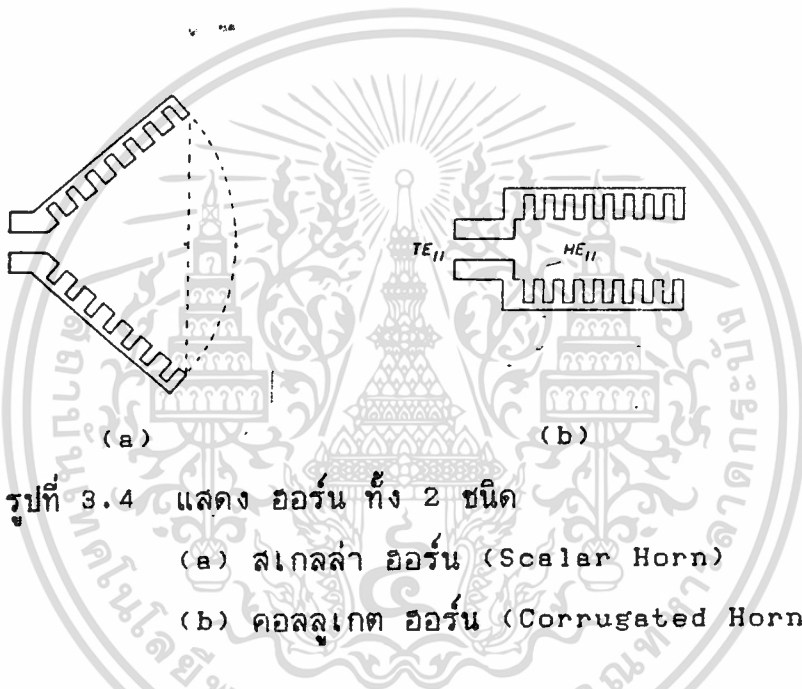
รูปที่ 3.3 แสดง แพทเทิร์น การแพร่กระจายคลื่นในแนว E-plane ของแต่ละโหมด และ ผลจากการรวม โหมด ทั้ง 2 เข้าด้วยกัน

แต่ปัญหาที่ตามมาของการใช้ โคนนิคอน ออร์น แบบ สเตป ดิสคอนทิ นิวตี้ (Step Discontinuity) คือ เกิดมี ไฮเออร์ โหมด (Higher Mode) ขึ้น มา เช่น TE_{12} , TE_{13} และ TM_{12} และ Multimode ที่เกิดขึ้นจะทำให้ ออร์น แบบนี้จะไม่ บรอดแบนด์ (Broadband) เพราะว่า โหมด ที่ไม่เหมือนกันจะมีการแพร่ กระจายคลื่นด้วยความเร็วไม่เท่ากัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความถี่จึงทำให้เกิด การรบกวนความสัมพันธ์ของ เฟส (Phase) ระหว่าง โหมด ต่างๆบน อเพอร์เจอร์ ดังนั้นจึงมีการค้นคว้าวิจัยต่อไปอีกจนกระทั่งค้นพบว่า ถ้าใช้ ออร์น ที่ เซาะร่องภายในให้มีความลึกระหว่าง $\lambda/4$ ถึง $\lambda/2$ สนามแม่เหล็กที่มาสัมผัสผิว ภายในของ ออร์น จะถูกกำจัดไป หรือ อย่างน้อยก็มีค่าลดลงไป ทั้งนี้มีเงื่อนไข ว่า " ต้องมีขอบเขตที่เหมือนกันทั้งในแนวระนาบสนามไฟฟ้า และ ระนาบสนามแม่-เหล็ก

โหมด ใหม่ที่สร้างขึ้นนี้เป็น ไฮบริด โหมด (Hybrid Mode) เช่นกัน ซึ่งก็คือ HE_{11} Multi Mode เกิดจาก TE_{11} Mode กับ TM_{11} Mode วิ่งเดินทาง

ไปด้วยความเร็วเท่ากัน เพราะว่า HE_{11} mode จะแพร่กระจายคลื่นโดยมีลักษณะ เป็น โพรราไรซ์ ในรูปแบบของ ฮอยเกนส์ (Huggens source) ผลของมันจะ เกิด ครอสโพลาไรเซชัน (Cross-polar radiation) ที่สะท้อนที่มีค่าต่ำ ซึ่งถ้าเป็น โคนนิคอน คอแลกเกต (Conical Corrugated) ในอุดมคติแพทเทอรัน ที่ได้จะมีลักษณะสมมาตรทั้งในแนว E-plane และ H-plane ทำให้ไม่เกิด ครอส โพรราไรซ์

ต่อไปจะแสดงรูปของ ฮอร์น ทั้ง 2 ชนิด ตามรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดง ฮอร์น ทั้ง 2 ชนิด
 (a) สเกลล่า ฮอร์น (Scalar Horn)
 (b) คอแลกเกต ฮอร์น (Corrugated Horn)

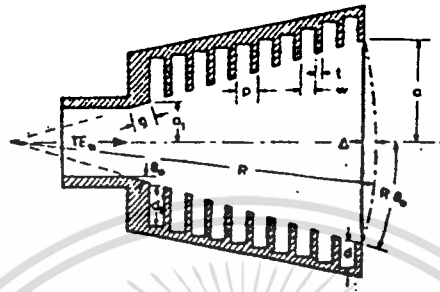
ในรูปที่ 3.4 (a) แสดงฮอร์นที่มีลักษณะลาดออกเรียกว่า " สเกลล่า ฟีดฮอร์น (SCALAR feed horn) " ฮอร์น ชนิดนี้จะแพร่กระจายคลื่นออกไปโดย ที่จุด เฟด เซนเตอร์ (phase center) จะอยู่ลึกเข้ามาข้างใน และในรูปที่ 3.4 (b) จะแสดง ฮอร์น อีกลักษณะหนึ่งซึ่งเรียกว่า " คอแลกเกต เวฟไกด์ ฮอร์น (CORRUGATED waveguide horn) "

สำหรับปริภูมิตฤษฎีนี้ ในการออกแบบ ระบบฟีด จะใช้ ฟีดฮอร์น แบบ คอแลกเกต ซึ่งมีข้อดีกว่า ฮอร์น ทั่วไปดังนี้

- ไซดโลบ และ โลบด้านหลัง ต่ำ
- แพทเทอรัน ที่สมมาตร

- บอร์ดแบน

คอลลูเกต ฮอ์น มีลักษณะรูปร่าง และ พารามิเตอร์ ต่าง ๆ แสดงตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของ คอลลูเกต ฮอ์น

การออกแบบ คอลลูเกต ฮอ์น มีขั้นตอนการออกแบบคร่าว ๆ อยู่ 2 ขั้น ดังนี้

- ก. ออกแบบรูปร่างภายนอก มีความกว้าง-ยาว , รัศมีที่ อเพอร์เจอร์ และมุมของ ฮอ์น ที่กางออกว่าต้องใช้กี่องศา
- ข. ออกแบบรูปร่างภายใน มี คอลลูเกต เชพ (Corrugated Shape) , คอลลูเกต เดนซิตี (Corrugated Density)

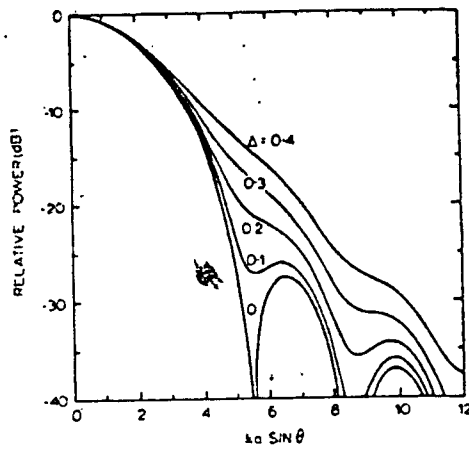
สำหรับขั้นตอนการออกแบบของ คอลลูเกต ฮอ์น โดยละเอียด ทำได้ดังนี้

3.2.1 เราจะทำการพิจารณา พารามิเตอร์ Δ -ซึ่งหาได้จาก

$$\Delta = a/\lambda_0 * \tan(\theta_0/2)$$

$$\Delta = R/\lambda_0 * \sin\theta_0 * \tan(\theta_0/2) \text{ -----(3.2)}$$

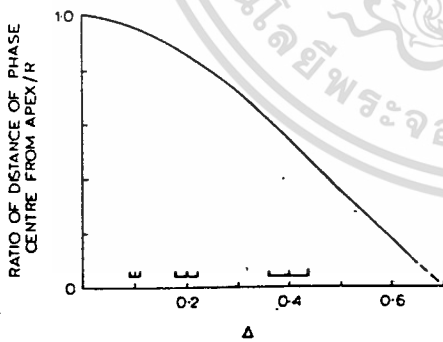
สำหรับ $\Delta < 0.4$ นั้น เราจะพิจารณา บีมวิท(Beamwidth) ได้จากขนาดของ ka และเฟส เซนเตอร์ จะเคลื่อนเข้าสู่ โท๊ต (throat) เมื่อขนาด เพิ่มขึ้นขนาดของ ฮอ์น ที่เกิดขึ้นในช่วง พารามิเตอร์ น้อยกว่า 0.4 เราเรียกว่า "แนโรว์แบน ฮอ์น (NARROW BAND HORN)" ดังแสดงในรูปที่ 3.6



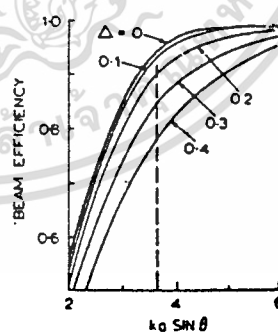
รูปที่ 3.6 แสดง นอร์มอลไลซ์ ราดิเอชัน (NORMALIZED RADIATED PATTERN) ของ คอลลูเกต ฮอร์น

จากรูปที่ 3.6 สำหรับ แนโรแบน คอลลูเกต ฮอร์น ซึ่งส่ง บาร์ลานซ์ (balance) HE_{11} โมด ออกมา โดยในการพิจารณาเราจะใช้เฉพาะ ฮอร์น ที่มีคุณสมบัติของ บีมวิท น้อยกว่า 90 องศา และค่าของ ka น้อยกว่า 12 สำหรับค่า ka ที่น้อยกว่า 4 นั้น แพทเทิร์น ของการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้า และ สนามแม่เหล็กจะไม่สมมาตรกัน ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ค่า ka ที่มีค่าน้อยกว่า 4

3.2.2 สำหรับขั้นตอนต่อมาจะเป็นการหา ประสิทธิภาพของคลื่น และเฟส เซนเตอร์อย่างคร่าวๆ ดังรูปกราฟที่ 3.7 ข้างล่างนี้



(a)

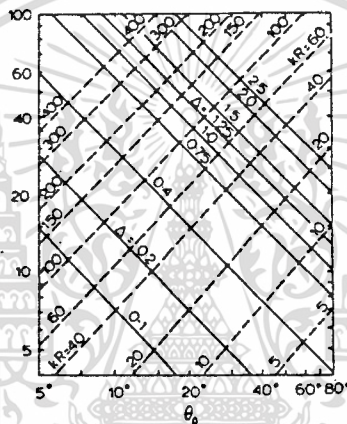


(b)

รูปที่ 3.7 (a) แสดง เฟส เซนเตอร์ (Phase center)
(b) แสดง บีม เอพนิ เอ็นเซียนซี (Beam Efficiency)

สำหรับค่า Δ ที่มากกว่า 2 ขึ้นไปไซด์โลบ แรก (frist sidelobe) จะเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพลดลง สำหรับค่า Δ ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 ประสิทธิภาพในระดับ -10dB ถึง -20dB จะมีประมาณ 90 % และ 97.5 % ตามลำดับ

3.2.3 ขั้นตอนต่อมาของการออกแบบ เมื่อได้ค่า Δ และ θ แล้วจะทำให้ได้ค่า k_a และจากค่านี้เองเราสามารถนำไปหาค่า K_R และ θ_0 จากรูปกราฟที่ 3.8 ข้างล่างนี้



รูปที่ 3.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ฮอร์น ฮาร์ฟ แองเกิล (HORN HALF-ANGLE) $[\theta_0]$ กับ นอร์มอลไรซ์ สเฟียร์คอลล อเพอเจอร์ (NORMALIZED SPHERICAL APERTURE) $[kr_0]$

เมื่อเราต้องการประสิทธิภาพของลำคลื่นมาก เราต้องลด Δ ลง ตามปกติแล้ว โคนนิคอลล คอลลูเกต ฮอร์น จะไม่มี ครอสโพราไรซ์ แต่อาจมีบัพจจัยอื่นๆแอบแฝงเข้ามาก่อให้เกิด ครอสโพราไรซ์ ขึ้น เช่น เกิด EH_{12} โมด เมื่อ θ_0 โตขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง

3.2.4 เมื่อเราศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของร่อง กับ VSWR เราจะทำให้ สล็อต (slot) ตั้งฉากกับแกนของ ฮอร์น เมื่อ $\theta_0 < 25$ องศา สำหรับการทำให้ค่า ครอส-โพราไรซ์ ไซด์โลบ (Cross-polarized Sidelobe) มีค่าน้อยนั้น

ควรเลือก สล็อต ให้มีความลึกของความถี่กลางที่ออกแบบไว้ แต่อย่างไรก็ตาม การแมทช์ (Match) ที่ดีระหว่าง $TE_{1,1}$ mode กับ $HE_{1,1}$ mode เพื่อให้ได้ แบนกว้าง (Wide Band) ควรจะใช้ สล็อต ใกล้เคียงกับบริเวณ โท๊ต ให้มีความลึก $\lambda/2$ ทั้งนี้เพราะว่าเราไม่จำเป็นจะต้องได้รับ VSWR ที่ต่ำตลอดทั้งแบน นอกจากนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการ $EH_{1,1}$ mode ตรงบริเวณระหว่างรอยต่อของส่วนเรียบของ โท๊ต กับ ส่วนที่เริ่มจะมี สล็อต เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมแล้ว เราจะให้ สล็อต แรกมีความลึกน้อยกว่า $\lambda/2$ ที่ด้านความถี่สูง และ ความลึกต่อมาจะค่อยๆ ลดลงจนมาถึง ปากอเพอเจอร์ ให้มีความลึกเป็น $\lambda/4$

อนึ่งถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของ ฮอว์น บริเวณ สล็อต แรกมีค่ามากจะทำให้เกิด $EH_{1,2}$ Mode ขึ้นมา และ ก่อให้เกิด ครอส โพราไรซ์ ขึ้นด้วย

3.2.5 สำหรับค่า นี้ จะให้มีความน้อยกว่า $\lambda/4$ ที่ทางด้านความถี่สูง และที่ค่า ka น้อยๆ ทั้งนี้เพื่อจะไม่ให้เกิดการเพิ่มของ ครอส โพราไรซ์ ขึ้นเมื่อใช้ สล็อตกว้างขึ้น อีกอย่างหนึ่ง คือ ค่า g ที่ใช้จะต้องให้พอดี เพื่อ แมทช์ ระหว่าง รอยต่อของ ส่วนเรียบของ โท๊ต กับ สล็อต ค่านี้เราจะใช้ประมาณ 0.3λ ที่ด้านความถี่สูง

3.2.6 ตอนนี้จะมาดูอัตราส่วนระหว่าง ซี่ (teeth) ของ สล็อต กับ ช่องว่าง ว่า ซี่ ควรจะมีความหนาบางเท่าไร จากการทดลองมีผู้พบว่า ซี่ ยิ่งบางลงเท่าไร สัมประสิทธิ์การสะท้อนจะเพิ่มมากขึ้นตาม แต่ในทางปฏิบัตินั้นสร้างได้ยากจึงกำหนดค่ากลางๆไว้ โดยให้มีอัตราส่วนระหว่าง ช่องว่าง กับ ซี่ ไว้ให้มีความเท่ากับ 0.75

3.2.7 ขึ้นตอนต่อไปเป็นการกำหนดว่า สล็อตเหล่านี้ควรจะเรียงตัวให้มีความหนาแน่นเท่าไร (เราจะพิจารณาใน 1 ความยาวคลื่น)

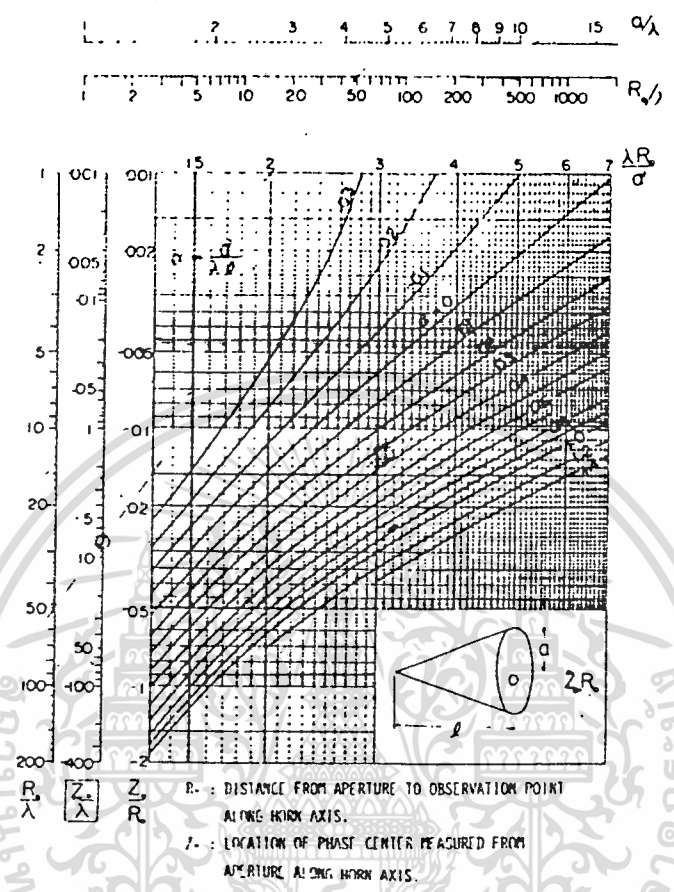
จากการทดลองพบว่าถ้าใช้ ความหนาแน่นมากก็จะมีผลสูญเสียมากด้วย แต่ค่า VSWR จะน้อย ดังนั้นถ้าเรารู้ว่า พลังงานที่สูญเสีย (Power loss) ในความลึกของช่อง สล็อต ก็มีความสัมพันธ์เช่นกัน โดยถ้าลึกเป็น $\lambda/2$ เพาเวอร์ ลอส จะน้อยแต่ค่า VSWR จะมาก ดังนั้นที่ความลึกช่วงนี้เราจะใช้ความหนาแน่นช่องมากเพื่อชดเชย เพาเวอร์ กับ VSWR และเมื่อความลึกลดลง เพาเวอร์ ก็เพิ่มขึ้น และ VSWR น้อยลง เราจึงลดความหนาแน่นช่องเพื่อชดเชย เพาเวอร์ กับ VSWR เช่นกัน

โดยเราจะให้ สล็อต มีค่าความหนาแน่นประมาณ 6-8 สล็อตต่อความยาวคลื่นในบริเวณ 2 ความยาวคลื่นแรก และลดความหนาแน่นลงประมาณ 2-4 สล็อต ต่อ ความยาวคลื่นในบริเวณถัดไป

3.2.8 เพราะว่า คอลลูเกต ฮอว์น ที่ใช้กับปฏิยานุพันธ์นี้ใช้กับ ท่อนำคลื่น (Wave guide) ที่เป็นแบบ วงกลม (circular) แต่ source ของเรานั้นเป็นแบบ สี่เหลี่ยม (Rectangular) ดังนั้น จึงต้องมีตัว แปลง (Transform) จาก ท่อวงกลมไปเป็นท่อบี่เหลี่ยม โดยตัวแปลงนี้ จะมีความยาวอยู่ระหว่าง 1 ความยาวคลื่น ถึง 1.5 ความยาวคลื่น ซึ่งค่าหนึ่งของตัวแปลง จะต่ออยู่กับ ท่อนำคลื่นสี่เหลี่ยม และอีกด้านต่ออยู่กับ ท่อนำคลื่นวงกลม

3.2.9 การหา เฟส เซนเตอร์ ของ โคนิคอน คอลลูเกต ฮอว์น แบบละเอียด เพราะว่า โคนิคอน คอลลูเกต ฮอว์น ถูกนำมาใช้ในระบบ แครสซิงเกรน รีเฟรคเตอร์ แอนเทนน่า โดยตัว โคนิคอน คอลลูเกต ฮอว์น จะทำหน้าที่เป็นตัวพิดให้แก่ระบบ ดังนั้นเราจึงต้องศึกษาเกี่ยวกับจุด เฟส เซนเตอร์ ของ โคนิคอน คอลลูเกต ฮอว์น ในที่นี้จะหาค่าจากพารามิเตอร์ในกราฟได้เลย โดยก่อนอื่นจะต้องรู้พารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

- 1) ความยาวของ พิด ฮอว์น
- 2) รัศมีของ อเพอเจอร์
- 3) ระยะทางจาก อเพอเจอร์ ถึง จุดศูนย์กลาง ของ ซับดิซ



รูปที่ 3.9 แสดง โนโมกราฟ คอลลูเกต ฮอ์น (NOMOGRAPH CORRUGATED HORN)

จากรูปที่ 3.9 แสดง โนโมกราฟ (NOMOGRAPH) สำหรับ เฟส เซนเตอร์ ของ คอลลูเกต ฮอ์น โดยในกรณีนี้ตำแหน่งของ เฟส เซนเตอร์ จะอยู่ที่จุดเดียวทั้งในระนาบ สนามไฟฟ้า และ สนามแม่เหล็ก โดยที่ตัวแปร คือ a , R_0 และ α

โดยที่:

- a คือ รัศมีของ อเพอเจอร์
- R_0 คือ ระยะจาก อเพอเจอร์ ถึงจุดสังเกต
- α คือ เฟส ดิสทริบิวชัน แฟกต์เตอร์ (phase distribution factor)

หาจาก $\alpha = a^2 / \lambda l$

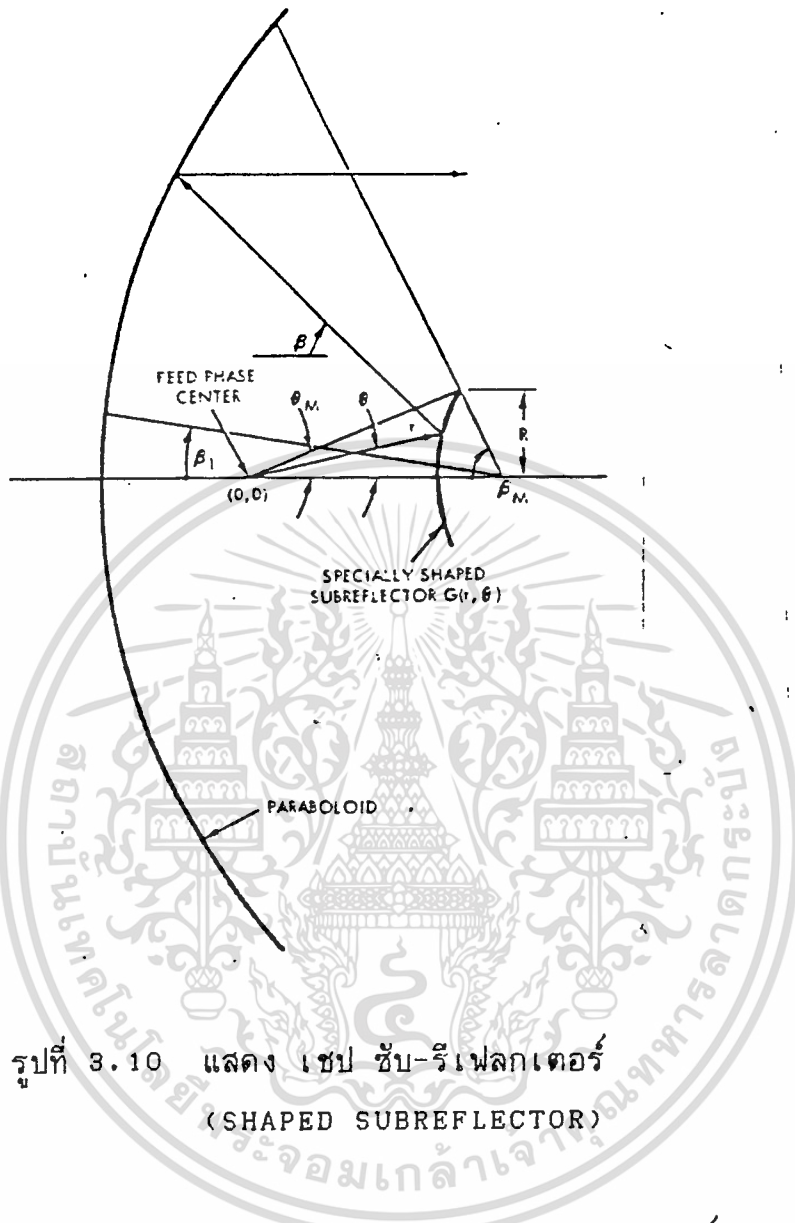
1 คือ ระยะจากปาก อพोजอร์ ถึง ฮอร์น ีทิต (horn throat)

วิธีการ ให้ a/λ , R_0/λ และ ∞ หาจุด เฟต เซนเตอร์ Z_0/λ

- 1) ในแกนนอน หาจุดรัศมี อพोजอร์ a บนแกน a/λ และ R_0 บนแกน R_0/λ
- 2) ลากเส้นเชื่อมระหว่าง a/λ กับ R_0/λ แล้วลากต่อไปยังแกน $\lambda R_0/a^2$
- 3) หา เฟต ดิสทริบิวชัน แพกต์เตอร์ จาก $\lambda R_0/a^2$ แล้วเลือก ∞
- 4) ในแกนตั้ง อ่านค่าจาก Z_0/R_0
- 5) จากจุด Z_0/R_0 ลากตรงไปยังเส้น R_0/λ ที่ตั้งขนานกันอยู่
- 6) อ่านค่า Z_0/λ

3.3 การออกแบบ ซับดิช (SUB DISH DESIGN)

การออกแบบ ซับดิช ในปริณูณานิพนธ์นี้จะออกแบบในลักษณะที่เรียกว่า " เชปปลิ่ง ออฟ ซับ-รีเฟลกเตอร์ (SHAPING OF SUBREFLECTOR) " ซึ่งจะมีการแก้ไขรูปร่างจาก ซับดิช ที่มีลักษณะแบบ ไอเปอร์โบร่า มาเป็นแบบที่มีลักษณะเฉพาะอย่างโดยการใช้ทฤษฎีของ เชปปลิ่ง ออฟ ซับ-รีเฟลกเตอร์ การแก้ไขรูปร่างของ ซับดิช นี้จะทำให้มี อัตราการขยาย ของสายอากาศเพิ่มขึ้นมากกว่าแบบที่เป็น ไอเปอร์โบร่า เชปปลิ่ง ออฟ ซับ-รีเฟลกเตอร์ มีรูปร่างลักษณะที่สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดง เชป ซับ-รีเฟลคเตอร์
(SHAPED SUBREFLECTOR)

ในการออกแบบ ชั้ดชึ แบบ เชป ซับ-รีเฟลคเตอร์ (Shaped Sub reflector) สามารถที่จะทำการออกแบบได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.1 ทำการกำหนดค่า ϕ_c (หาได้จากการออกแบบ พิคฮอร์น) ซึ่งเป็น มิมวิท ของ คอลลูเกต โคนนิคอน ฮอร์น และ ค่า F_0 ซึ่งเป็นค่าของความยาวโฟกัสที่ต้องการ แล้วใช้สมการที่ 1.3 ทำการหาค่า D_s (ขนาดของ ชั้ดชึ) ออกมาได้

3.3.2 ทำการกำหนดค่า β_1 , β_m (ซึ่งก็คือค่า ϕ_c นั้นเอง) และ θ_m หลังจากนั้นหาค่า r_s ของ θ แต่ละค่าจากรูปที่ 3.10 และค่า β_s โดยใช้สมการ 2 สมการดังนี้

$$\cos \beta_1 - \cos \beta = (\cos \beta_1 - \cos \beta_m) * \left[\frac{\int_0^\theta F(\theta) \sin \theta d\theta}{\int_0^{\theta_m} F(\theta) \sin \theta d\theta} \right] \quad \text{----- (3.3)}$$

$$dr / r d\theta = \tan(\theta + \beta) / 2 \quad \text{----- (3.4)}$$

หมายเหตุ:

$F(\theta)$ คือ เวกเตอร์แผ่กระจาย (RADIATION PATTERN) ของฮอร์น สามารถหาได้จากการคำนวณ หรือ จากการทดลองของ ฟิลด์ฮอร์น

β_1 คือ มุมน้อยที่สุดที่คิดจากจุดโฟกัสของ เมนดิชไปยังขอบบนสุดของ ฟิลด์ฮอร์น

β_m คือ มุมที่คิดจากจุดโฟกัสของ เมนดิชไปยังขอบบนสุดของ เมนดิช
 θ_m คือ มุมผลัดจากจุด เฟส เซนเตอร์ ไปยังขอบบนสุดของ ฟิลด์ฮอร์น

3.3.3 หลังจากได้ออกแบบตามข้อ 3.3.1 , 3.3.2 เรียบร้อยแล้ว ก็จะใช้จุด เฟส เซนเตอร์เป็นจุดอ้างอิง และทำการวัดหาค่า r ที่ค่า θ_m หลังจากนั้นใช้ ค่า r ที่ได้เปรียบเทียบกับค่า r จริง โดยหาจากค่า r_1 ที่ได้จากข้อ 3.3.2

3.3.4 หลังจากทำการออกแบบตามข้อ 3.3.1--3.3.3 มาแล้ว สามารถที่จะ พล็อตรูปร่างของ ฟิลด์ฮอร์น ออกมาได้

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบทั้ง 3 ข้อในบทนี้เรียบร้อยแล้ว ก็สามารถที่จะสร้างระบบ แครสซีเกรน รีเฟรคเตอร์ แอนเทนน่า ที่สามารถนำไปใช้งานได้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

สำหรับ ปรินทิพจน์ ชั้นนี้ ได้ทำการทดลองออกแบบและสร้างสายอากาศไมโครเวฟในแบบ "แคสซีเกรน แอนเทนน่า รีเฟลคเตอร์ ซีลเต็ม (CAS SEGRAIN ANTENNA FEED SYSTEM)" และใช้ ฟีดฮอร์น แบบ "คอลลูเกต ฮอร์น (CORRUGATED HORN)" นอกจากนี้ยังทำการออกแบบ ซับดิช แบบ "เซปปลิง ออฟ ซับ-รีเฟรคเตอร์ (SHAPING OF SUBREFLECTER)" โดยจะทำการออกแบบให้ใช้ในย่าน KU-BAND ซึ่งมีความถี่ในการใช้งานดังนี้

- อัปลิง (UP LINK) ใช้ความถี่ 11 GHz
- ดาวลิ่ง (DOWN LINK) ใช้ความถี่ 14 GHz

การออกแบบก็จะทำการออกแบบสายอากาศอยู่ 3 ขั้นตอนดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ผลการทดลองออกแบบทั้ง 3 ขั้นตอนจะเป็นดังนี้

4.1. เมนดิช (MAIN DISH)

4.1.1 จะทำการคำนวณหาขนาดของ เส้นผ่าศูนย์กลางของ เมนดิช (D_m) โดยกำหนดให้

- อัตราการขยาย (gain) $G = 40 \text{ dB}$
- ประสิทธิภาพ (efficiency) $\eta = 80 \% \text{ หรือ } 0.8$
- ความยาวคลื่นสูงสุด $\lambda_{max} = 3 \times 10^8 / 11 \times 10^9$
(มาจาก $v = f\lambda$)

เมื่อกำหนดค่า พารามิเตอร์ ต่างๆ แล้วใช้สมการที่ 3.1 หาค่า D_m ได้ประมาณเท่ากับ 1 เมตร

4.1.2 คำนวณหาค่า ϕ_v ของ เมนดิช โดยกำหนดให้

- ความยาวโฟกัสของ เมนดิช $F_m = 0.35 \text{ เมตร}$

ใช้ค่า D_m ที่ได้จากข้อ 4.1.1 และค่า F_m แทนลงในสมการที่ 2.1 จะได้ค่าของ ϕ_v ประมาณเท่ากับ 67 องศา

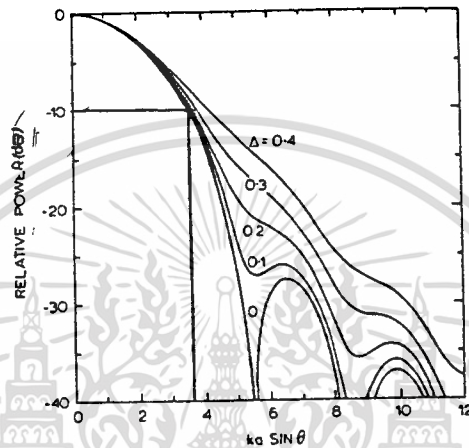
4.1.3 ใช้สมการที่ 2.2 และ ค่าต่างๆในข้อ 4.1.1 , 4.1.2

4.1.4 หลังจากที่ได้ทำการออกแบบข้อที่ 4.1.1--4.1.3 แล้วก็จะได้ เมนดิช

4.2 นีดอร์น (FEED HORN)

4.2.1 ทำการกำหนดค่าเหล่านี้ขึ้นมาตามที่ต้องการโดยในที่นี้กำหนดดังต่อไปนี้

- บีมวิท (BEAM-WIDTH) (θ หรือ $2\phi_p$) มีค่าเท่ากับ 30 องศา ที่
- รีเรทีฟ เพาวเวอร์ (Relative Power) มีค่าเท่ากับ -10 dB
- $\Delta = 0.1$



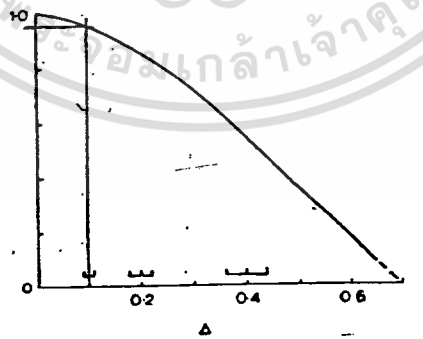
จากการใช้กราฟรูปที่ 3.6 โดยใช้ค่าที่กำหนด คือ $\Delta = 0.1$

Relative Power = -10 dB , $\theta = 30$ องศา ทำให้ได้ค่า $ka \sin \theta$ ดังนี้

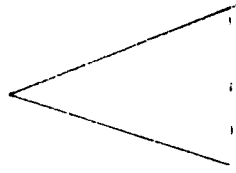
$$ka \sin 30 = 3.55$$

$$ka = 7.1$$

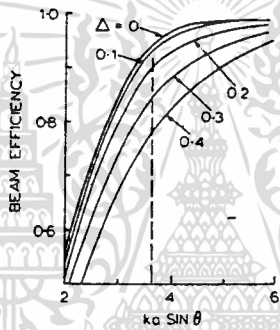
4.2.2



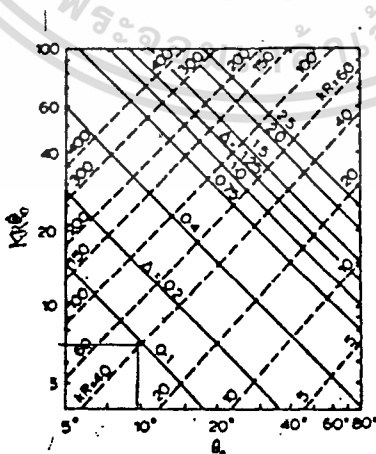
จากกราฟรูปที่ 3.7(a), (b) จะได้ เฟส เซนเตอร์ อยู่ที่ประมาณ 0.97 โดยวัดจากจุดยอดของฮอร์นโดยให้ความยาวจากปากอแพอเจอร์ ถึงจุดตัดยอดกรวยของฮอร์นมีค่าเท่ากับ 1 ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงแบบจำลองของ ฮอร์น



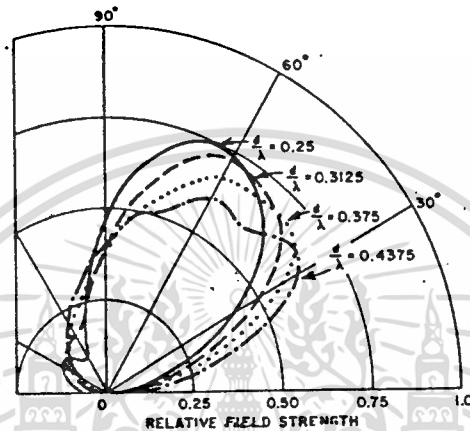
4.2.3 จากรูปกราฟที่ 3.8 ของ ฮอร์น อาร์ฟแองเกิล (Horn Half-angle) θ_0 และกำหนดให้ $KR\theta_0$ มีค่าประมาณเท่ากับ ka ที่ได้จากข้อ 4.2.1



จะได้ค่า $\theta_0 = 10$

4.2.4 จากกราฟรูปที่ 3.8 ของ ฮอร์น ฮาฟแองเกิล หาค่า KR โดยลาก θ_0 ไปตัดกับ $KR\theta_0$ จะได้ค่า KR ประมาณเท่ากับ 40 แล้วแทนค่า $K = 2\pi/\lambda$ (โดยที่คิดที่ความถี่ 12.5 GHz) จะได้ค่า $R = 0.153$ เมตร

4.2.5



รูปที่ 4.2 แสดง RELATIVE FIELD STRENGTH

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่า ที่ค่า d/λ ประมาณ 0.375 รูปร่างของ แพทเทอรัน ยังไม่บิดเบือนนักดังนั้นค่าเริ่มต้นของ คอลลูเกชันดิฟ (Corrugation depth) จึงใช้ค่านี้ และค่าสุดท้ายใช้ค่า d/λ ประมาณ 0.25

$$\begin{aligned} \text{ค่า } \lambda &= 3 \times 10^8 / 12.5 \times 10^9 \\ &= 0.024 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ช่องแรก } D_1 &= 0.375\lambda \\ &= 9 \times 10^{-3} \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ช่องสุดท้าย } D_n &= 0.25\lambda \\ &= 6 \times 10^{-3} \text{ เมตร} \end{aligned}$$

4.2.6 ได้ค่า ϵ ประมาณเท่ากับ 0.3 ที่ด้านความถี่สูง (14 GHz)

$$\begin{aligned} \lambda &= 3 \times 10^8 / 14 \times 10^9 \\ &= 0.021 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่า } \epsilon &= 0.3\lambda \\ &= 6.43 \times 10^{-3} \text{ ม.} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลง (31) และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 6.43 * 10^{-3} \text{ เมตร}$$

4.2.7 หาค่า คอลลูเกชัน เดนซิตี (Corrugated Density (Corrugation /Wavelength)) ได้ออกมาดังนี้

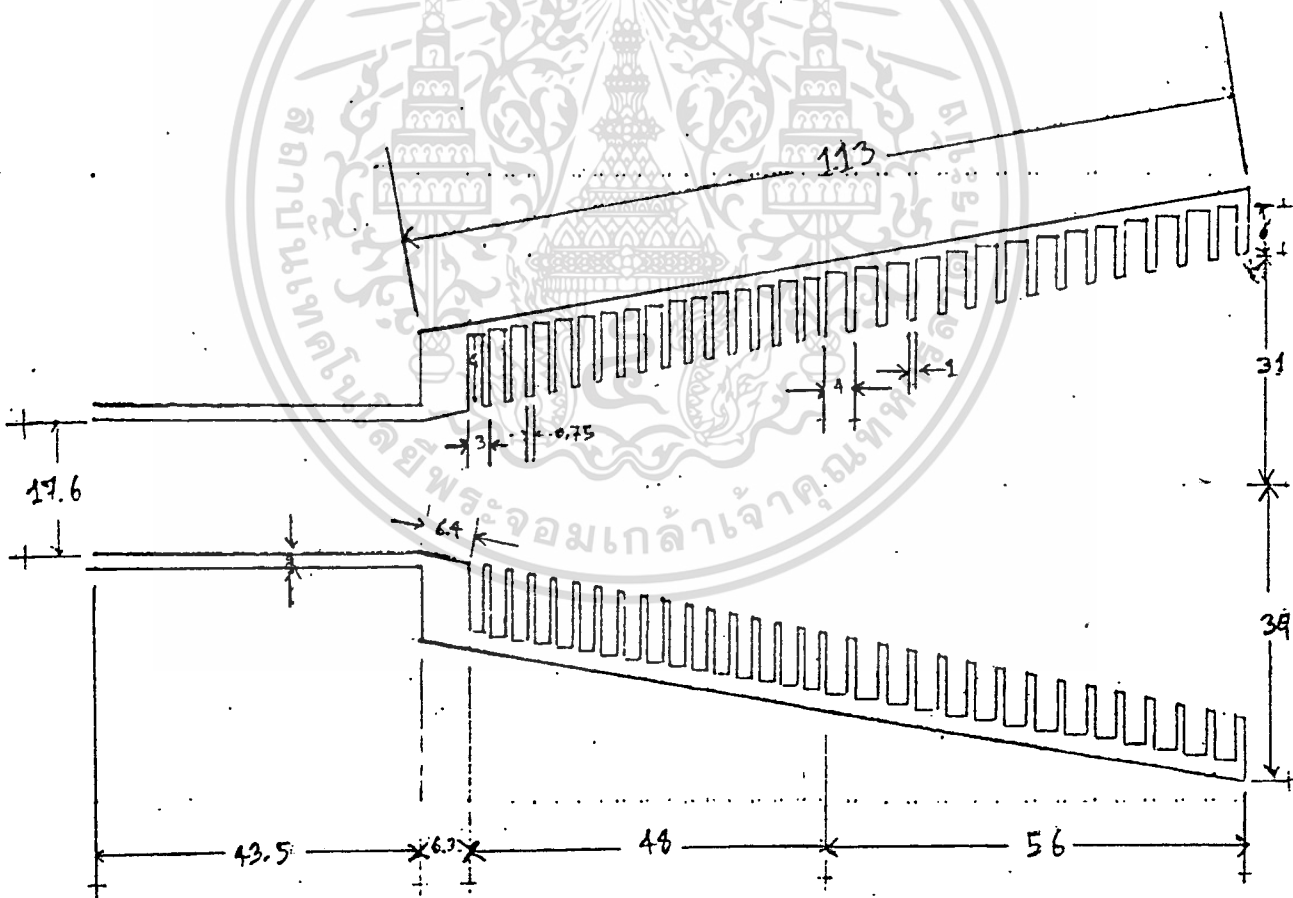
- ที่ Density = 8 จะได้ $W = 2.25 * 10^{-3}$ เมตร
 $T = 0.75 * 10^{-3}$ เมตร

โดย 1 corrugation = $3.00 * 10^{-3}$ เมตร

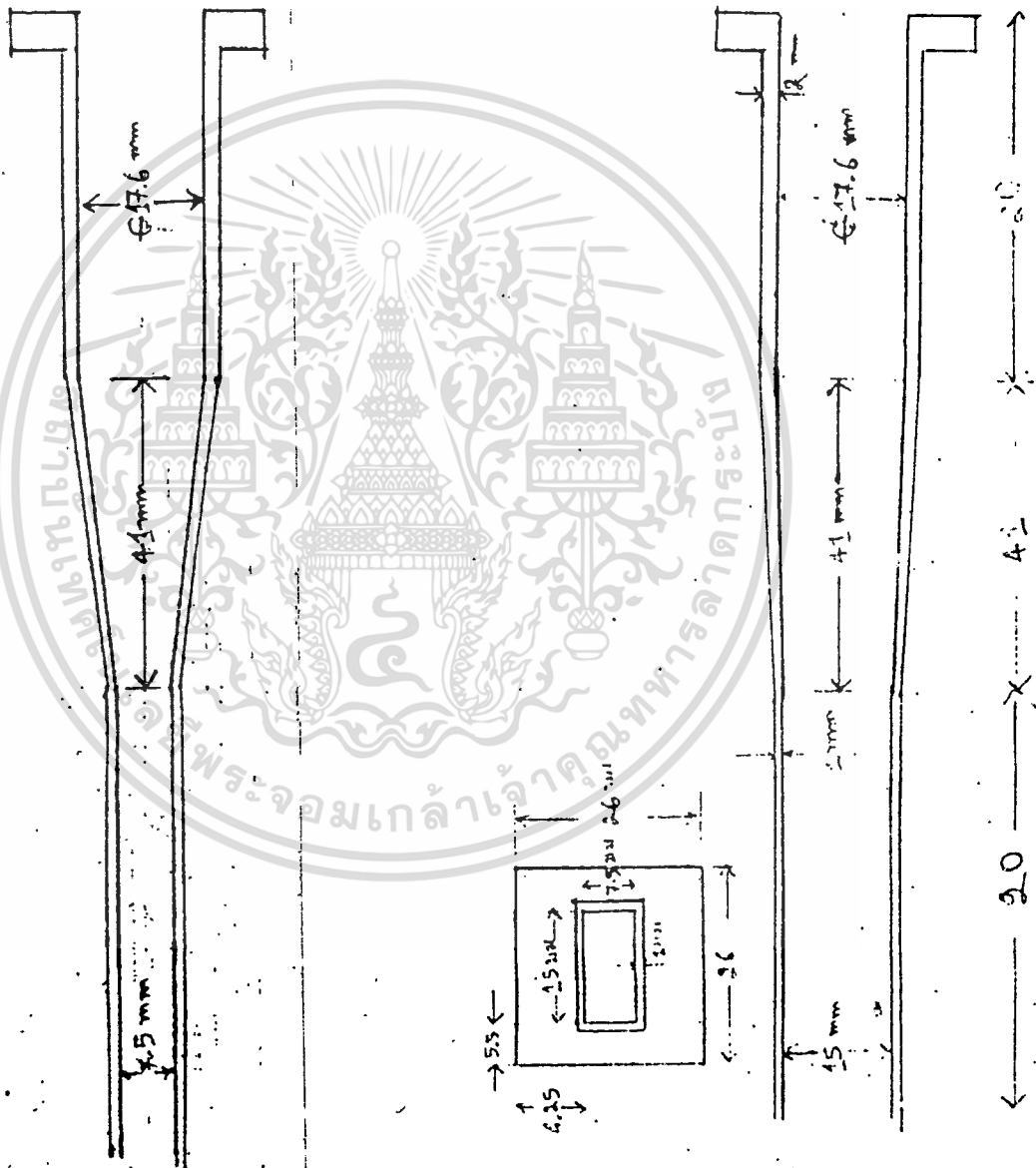
- ที่ Density = 6 จะได้ $W = 3.00 * 10^{-3}$ เมตร
 $T = 1.00 * 10^{-3}$ เมตร

โดย 1 corrugation = $4.00 * 10^{-3}$ เมตร

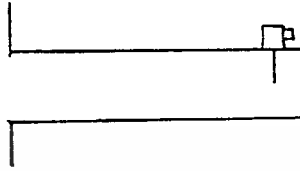
4.2.8 จาก 4.2.1 - 4.2.7 ได้รูปดังนี้



4.2.9 ส่วนที่ใช้ในการแปลง (Transform) จาก Circular Waveguide Rectangular Waveguide มีรูปร่างดังนี้

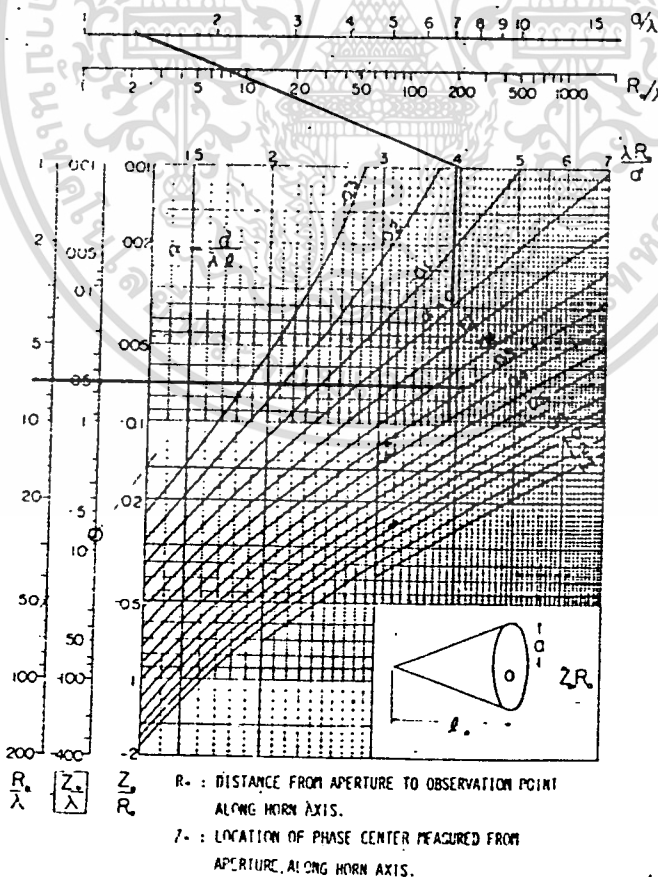


4.2.10 ส่วนต่อมาเป็นส่วนของ Detector โดยจุดที่ใช้ตรวจสอบอยู่ห่างจากปลาย ประมาณ 3.5 mm.



รูปที่ 4.3 แสดงตำแหน่งของโพรบ (Probe) ในดีเทคเตอร์ (Detector)

4.2.11 การหา เฟส เซนเตอร์ หาได้จากรูปกราฟที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดง โนโมกราฟ คอรัเกตเทด ฮอรัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ของหน่วยงานราชการเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$a/\lambda = 1.3$$

$$R_o = 7$$

$$= a^2 = 0.26$$

จากรูปกราฟที่ 4.3 จะได้ค่า $Z_o/\lambda = -0.5$

$$\text{ดังนั้น } Z_o = -0.5 * 0.024$$

$$= 1.2 \text{ cm.}$$

เพราะฉะนั้น เฟส เซนเตอร์ จะลิกเข้าไปปาก ฮอร์น ประมาณ 1.2 cm.

4.3 ซับดิช (SUB DISH)

4.3.1 จะต้องทำการคำนวณหาขนาดของ ซับดิช (Ds) ก่อน โดยการกำหนดค่า

$$- Fc = 22.12 \text{ ซม.}$$

$$- \phi_c = 15 \text{ องศา (ค่านี้ได้จากกำหนดค่า } 2\phi_c \text{ หรือ ในข้อ 4.2.1)}$$

แล้วแทนลงในสมการที่ 1.3 จะได้ค่า Ds ออกมาประมาณ 11.25 ซม.

4.3.2 และทำการกำหนดค่าดังต่อไปนี้

$$- \beta_1 = 9 \text{ องศา}$$

$$- \beta_m = 68.43 \text{ องศา (ก็คือค่า } \phi_c \text{ นั้นเอง)}$$

$$- \phi_m = 15 \text{ องศา (ก็คือค่า } \phi_c \text{ นั้นเอง)}$$

$$- F(\theta) \text{ จำนวนได้โดยการกำหนดให้ บีมวิท ของ ฮอร์น เท่ากับ 30 องศา ที่ } -10 \text{ dB จะได้ } F(\theta) \text{ เท่ากับ } \cos(\theta)^{66.412}$$

หลังจากนั้นจะใช้สมการที่ 3.3 และ 3.4 แก้มสมการ ก็จะได้ค่า r ที่มุม ϕ แต่ละออกมาได้ดังนี้

ϕ_1	β_1	r_1
1	11.254	1.002
2	16.170	1.005
3	22.890	1.011
4	27.743	1.019
5	33.463	1.0293
6	38.907	1.041

7	43.986	1.055
8	48.636	1.072
9	52.896	1.090
10	56.504	1.110
11	59.694	1.137
12	62.398	1.153
13	64.642	1.176
14	66.464	1.200
15	67.910	1.225

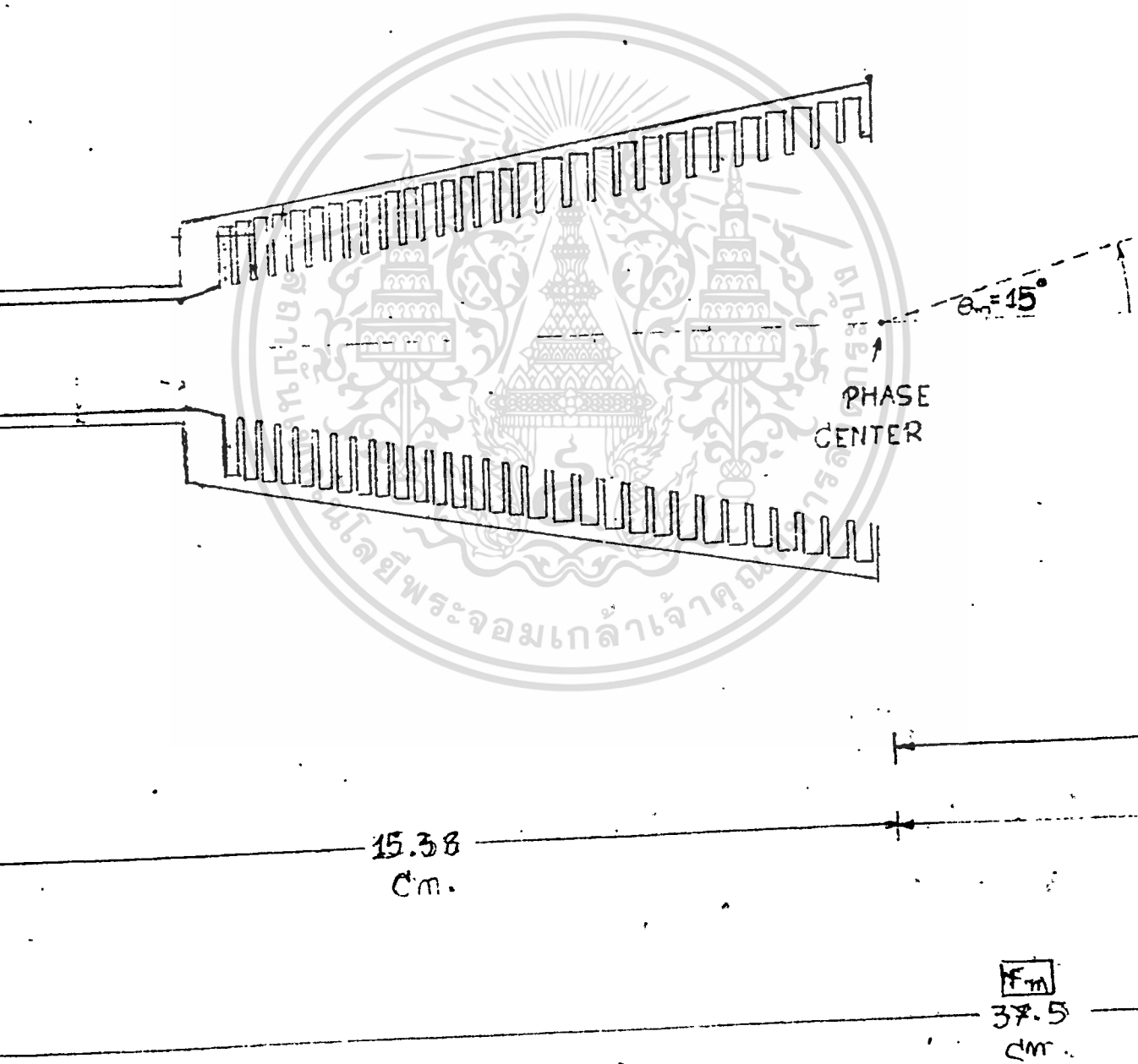
4.3.3 ใช้จุด เฟส เซนเตอร์ เป็นจุดอ้างอิง และ วัดหาค่า r จริงที่ ϕ_m หลังจากนั้นให้ใช้ค่า r นี้เปรียบเทียบกับค่า r จริงที่จุดต่างๆจากข้อ 4.3.2 ออกได้ดังนี้

ϕ_m	r (ค่าจริงหน่วยเป็น ซม.)
1	16.77
2	16.82
3	16.92
4	17.05
5	17.22
6	17.42
7	17.66
8	17.94
9	18.24
10	18.58
11	18.93
12	19.30
13	19.68
14	20.08
15	20.5

4.3.4 เมื่อได้ค่า r จริงที่ตำแหน่งต่าง ๆ ออกมาแล้ว หลังจากนั้นก็สามารถทราบลักษณะของ ชั้นดิช ได้

เมื่อได้ทำการออกแบบระบบสายอากาศแบบ แครสซีเกรน ทั้ง 3 ข้อ ตั้งแต่ข้อ 4.1--4.3 แล้ว ก็สามารถที่จะสร้างระบบสายอากาศชนิดนี้ออกมาใช้งานได้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบระบบสายอากาศ แคลชีเกรน เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่ต้องกระทำก็คือ การทดสอบหรือการทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศที่ได้ออกแบบไว้ โดยในการทดลองนี้จะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆด้วยกันก็คือ

1. การทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นในระนาบต่างๆของ คอลลูเกต ฮอว์น
2. การทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นในระนาบต่างๆของระบบที่มีเฉพาะ คอลลูเกตฮอว์น กับ ซับดิช
3. การทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นในระนาบต่างๆของระบบแคลชีเกรน ทั้งระบบ

4.4.1 คอลลูเกต ฮอว์น จะทำการทดลองดังนี้

- การทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้า มีผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1, 2, 3 และในกราฟรูปที่ 4.5, 4.6, 4.7
- การทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็ก มีผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4, 5, 6 และ ในกราฟรูปที่ 4.8, 4.9, 4.10
- การทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นในแนว ครอสโพลาไรซ์ มีผลการทดลองแสดงในตารางที่ 7, 8, 9 และในกราฟรูปที่ 4.11, 4.12, 4.13

4.4.2 ระบบที่มี คอลลูเกตฮอว์น กับ ซับดิช จะทำการทดลองดังนี้

- การทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็ก มีผลการทดลองแสดงในตารางที่ 10, 11, 12 และ ในกราฟรูปที่ 4.14, 4.15, 4.16
- การทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้า มีผลการทดลองแสดงในตารางที่ 13, 14, 15 และในกราฟรูปที่ 4.17, 4.18, 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นในแนว ครอสมิโกราไรซ์ มีผลการทดลองแสดงในตารางที่ 16, 17, 18 และในกราฟรูปที่ 4.20, 4.21, 4.22

4.4.3 ระบบสายอากาศแคสซีเกรนทั้งระบบ จะทำการทดลองดังนี้

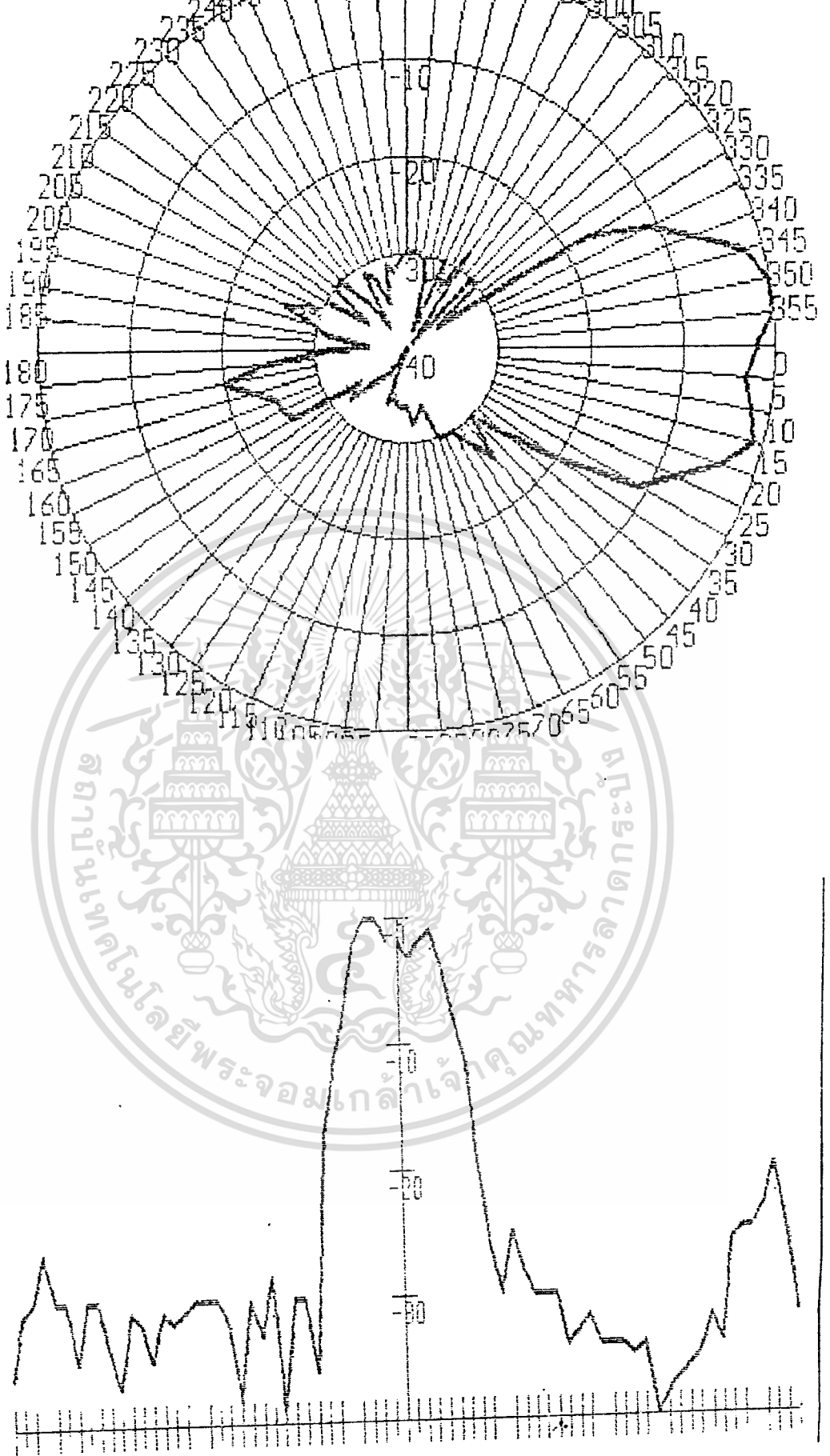
- การทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็ก มีผลการทดลองแสดงในตารางที่ 19 และ ในกราฟรูปที่ 4.23
- การทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้า มีผลการทดลองแสดงในตารางที่ 20 และในกราฟรูปที่ 4.24
- การทดลองหาแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นในแนว ครอสมิโกราไรซ์ มีผลการทดลองแสดงในตารางที่ 21 และในกราฟรูปที่ 4.25



ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้าของ คอลลูเกตฮอร์น (ครั้งที่ 1)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	2	185	36
5	3	190	31
10	2	195	30
15	1	200	26
20	4	205	30
25	8	210	30
30	11	215	35
35	20	220	30
40	26	225	30
45	30	230	30
50	25	235	34
55	28	240	37
60	30	245	31
65	30	250	32
70	30	255	35
75	34	260	31
80	33	265	32
85	32	270	31
90	34	275	30
95	34	280	30
100	34	285	30
105	35	290	32
110	34	295	38
115	40	300	30
120	38	305	33
125	37	310	28
130	36	315	39
135	35	320	30
140	32	325	30
145	34	330	36
150	26	335	17
155	25	340	11
160	25	345	7
165	23	350	2
170	20	355	0
175	25	360	0
180	32		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

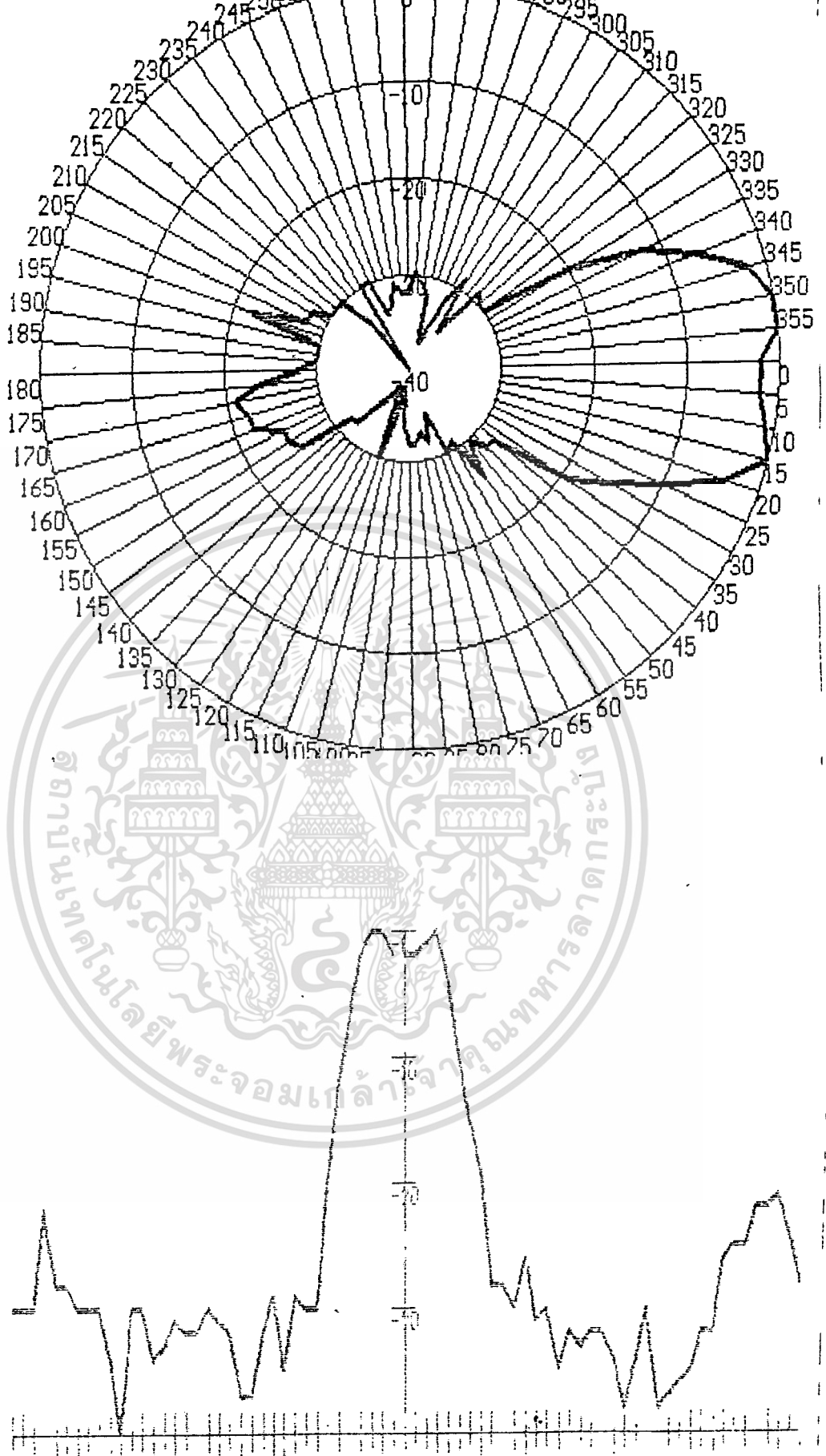


รูปที่ 4.5 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้าของ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ ออร์น (1) ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 a) โพล่า (Polar) b) เรกเทนกล่า (Rectangular)
 ไม่ว่าจะฉีกใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นใช้ระนาบสนามไฟฟ้าของ คอลลูเกตฮอร์น (ครั้งที่ 2)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	2	185	30
5	2	190	30
10	1	195	30
15	0	200	22
20	4	205	28
25	10	210	28
30	15	215	30
35	19	220	30
40	28	225	30
45	28	230	34
50	30	235	40
55	26	240	30
60	31	245	30
65	30	250	34
70	35	255	33
75	32	260	31
80	33	265	32
85	32	270	32
90	32	275	30
95	34	280	31
100	38	285	32
105	34	290	37
110	30	295	37
115	38	300	32
120	37	305	29
125	36	310	35
130	35	315	29
135	32	320	30
140	32	325	30
145	26	330	20
150	25	335	12
155	25	340	7
160	22	345	2
165	22	350	0
170	21	355	0
175	24	360	2
180	28		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



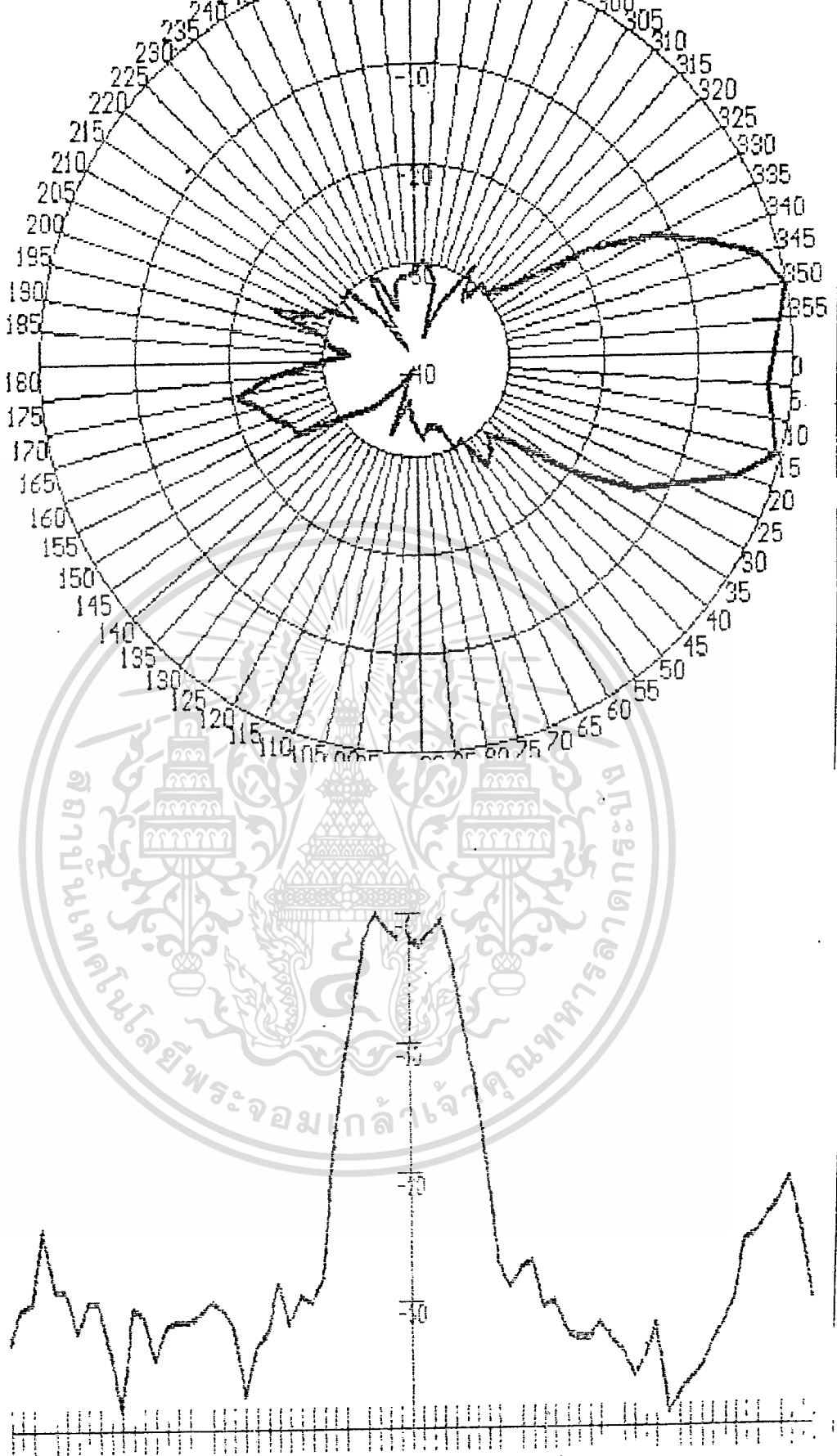
รูปที่ 4.6 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้าของ
คอลลูเกต ออร์น (ครั้งที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
a) โพล่า (Polar) b) เรกเทนกูล่า (Rectangular)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้าของ คอลลูเกตฮอร์น (เฉลี่ยจากทั้ง 2 ครั้ง)

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
0	2	185	33
5	2.5	190	30.5
10	1.5	195	30
15	0.5	200	24
20	4	205	29
25	9	210	29
30	13	215	32.5
35	19.5	220	30
40	27	225	30
45	29	230	34
50	27.5	235	38.5
55	27	240	30.5
60	30.5	245	31
65	30	250	34.5
70	32.5	255	32
75	33	260	31.5
80	33	265	31.5
85	32	270	31
90	33	275	30
95	34	280	30.5
100	36	285	32
105	34.5	290	37.5
110	32	295	33.5
115	39	300	32.5
120	37.5	305	28.5
125	36.5	310	32
130	35.5	315	29.5
135	33.5	320	30
140	32	325	28
145	30	330	18.5
150	25.5	335	11.5
155	25	340	7
160	23.5	345	2
165	22.5	350	0
170	20.5	355	1
175	24.5	360	2
180	30		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้าของ
คอลลเกต ออร์น (เฉลี่ยจากทั้ง 2 ครั้ง)

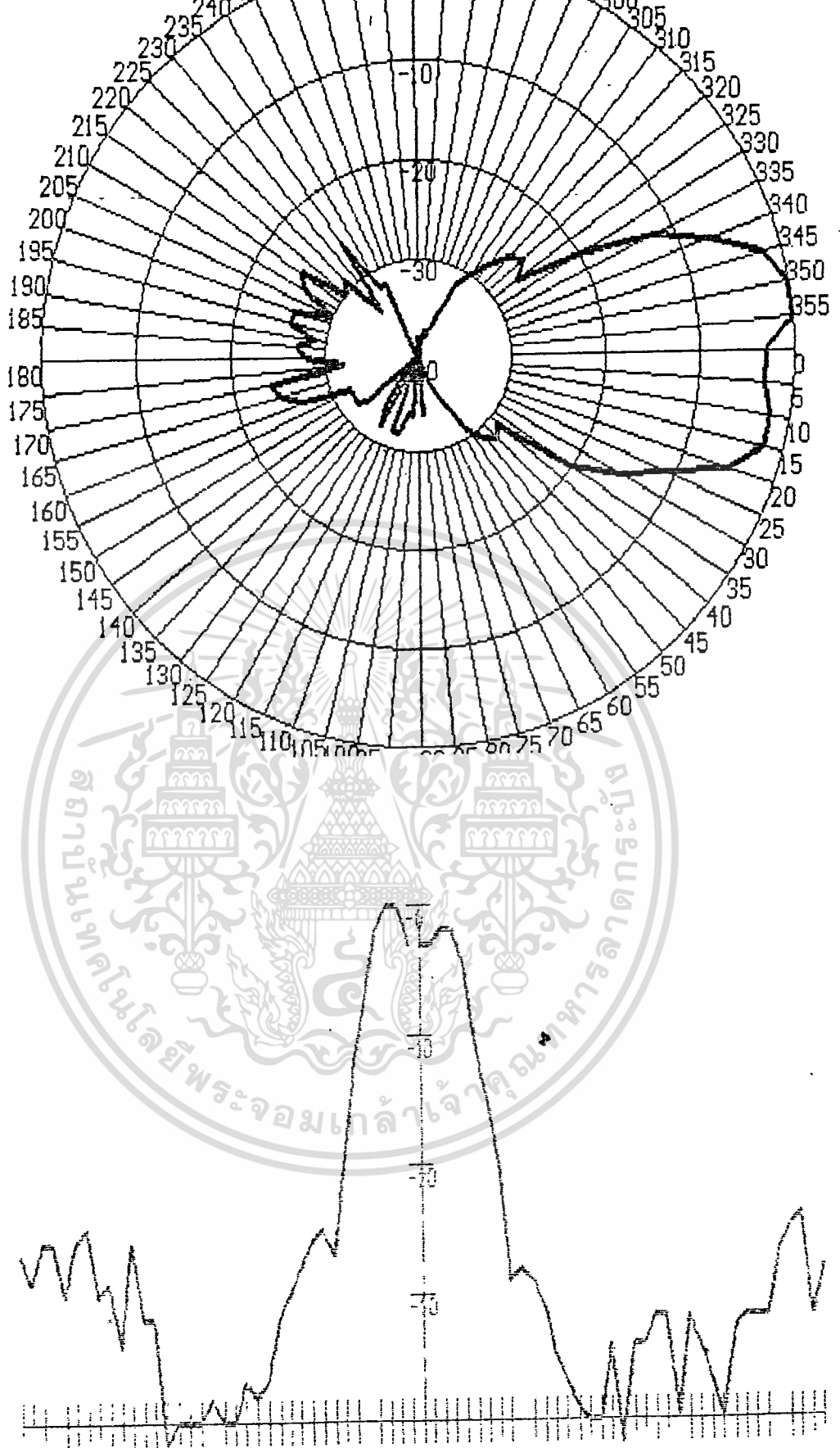
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น
a) โพล่า (Polar) b) เรกเทกนูล่า (Rectangular) ขนด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบ
สนามแม่เหล็กของ คอลลูเกต ออร์น (ครั้งที่ 1)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	3	185	27
5	3	190	29
10	2	195	26
15	2	200	26
20	5	205	30
25	11	210	26
30	15	215	25
35	20	220	30
40	29	225	29
45	28	230	34
50	29	235	26
55	31	240	32
60	35	245	32
65	37	250	42
70	39	255	40
75	40	260	40
80	40	265	40
85	34	270	38
90	42	275	40
95	34	280	40
100	34	285	37
105	32	290	38
110	32	295	37
115	40	300	32
120	32	305	30
125	34	310	28
130	37	315	26
135	40	320	25
140	33	325	27
145	32	330	20
150	32	335	12
155	32	340	7
160	27	345	2
165	25	350	0
170	24	355	0
175	32	360	3
180	28		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงกราฟแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็กของ
คอลลอยด์ ฮอว์น (ครั้งที่ 1)

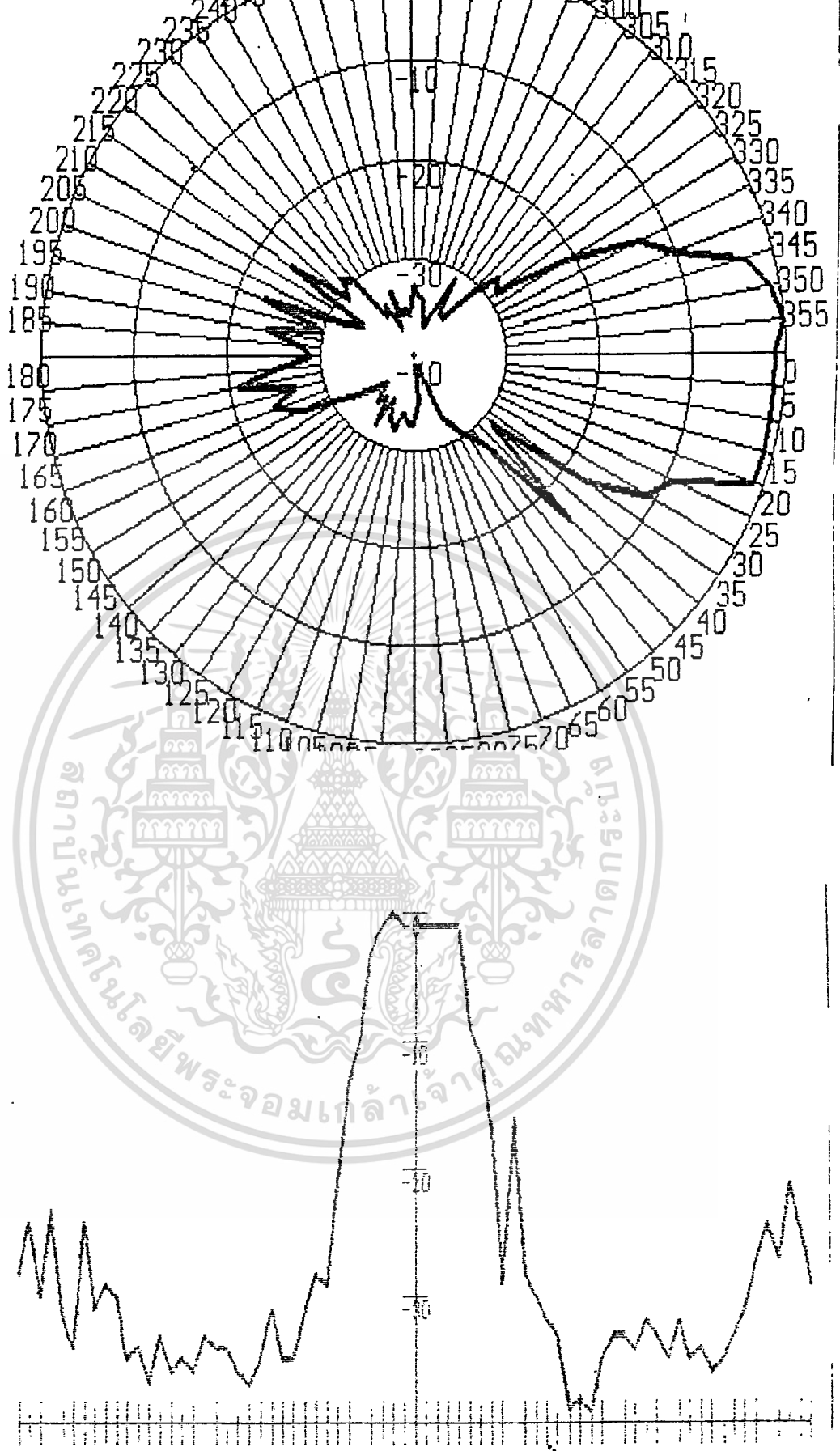
a) โพล่า (Polar) b) เรกเทกูล่า (Rectangular)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ขอสงวนสิทธิ์ในบางประการ
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบ
สนามแม่เหล็กของ คอลลูเกต ออร์น (ครั้งที่ 2)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	1		
5	1	185	28
10	1	190	24
15	1	195	30
20	1	200	23
25	9	205	32
30	11	210	34
35	17	215	24
40	29	220	31
45	16	225	29
50	28	230	30
55	30	235	35
60	32	240	34
65	33	245	37
70	39	250	33
75	38	255	36
80	39	260	35
85	35	265	36
90	33	270	33
95	33	275	34
100	34	280	34
105	32	285	36
110	33	290	37
115	35	295	35
120	32	300	31
125	35	305	35
130	34	310	35
135	36	315	31
140	35	320	28
145	33	325	29
150	31	330	21
155	27	335	13
160	24	340	10
165	27	345	3
170	21	350	1
175	25	355	0
180	29	360	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ห้ามนำไปตีพิมพ์หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็กของ
คอแลกเกต ฮอร์น (ครั้งที่ 2)

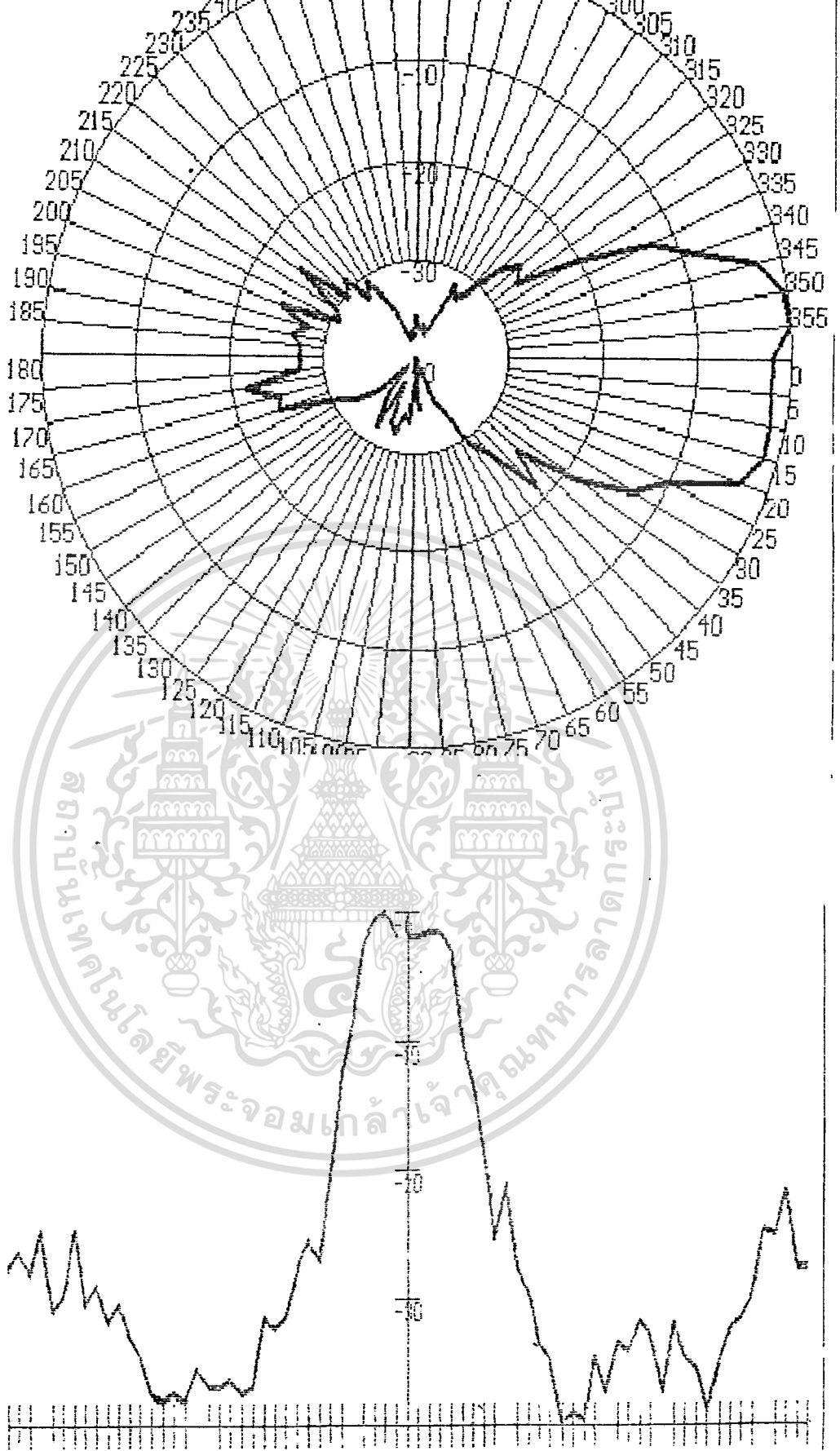
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส.อ.โพธิ์ลาบ (Polar) ที่อ.บ.ว.เรกเท็นกูล่า (Rectangular) บนด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทอรันการกระจายคลื่นในระนาบ
สนามแม่เหล็กของ คอลลูเกตออร์น (เฉลี่ยจากทั้ง 2 ครั้ง)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	2		
5	2	185	27.5
10	1.5	190	26.5
15	1.5	195	28
20	3	200	24.5
25	10	205	31
30	13	210	30
35	18.5	215	24.5
40	25.5	220	30.5
45	21	225	29
50	27.5	230	32
55	29.5	235	30.5
60	33.5	240	33
65	35	245	34.5
70	40	250	37.5
75	39	255	38
80	39.5	260	37.5
85	34.5	265	38
90	37.5	270	35.5
95	33.5	275	37
100	34	280	37
105	32	285	36.5
110	33	290	37.5
115	37.5	295	37
120	32	300	31.5
125	34.5	305	32.5
130	35.5	310	31.5
135	39	315	27.5
140	35	320	25.5
145	32.5	325	27
150	31.5	330	20.5
155	29.5	335	12.5
160	24.5	340	8.5
165	25	345	2.5
170	21.5	350	0.5
175	27.5	355	0
180	27.5	360	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม หักห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็กของ
 คอลเกต ออร์น (เฉลี่ยจากทั้ง 2 ครั้ง)

a) โพล่า (Polar) b) เรกเทนกูล่า (Rectangular)

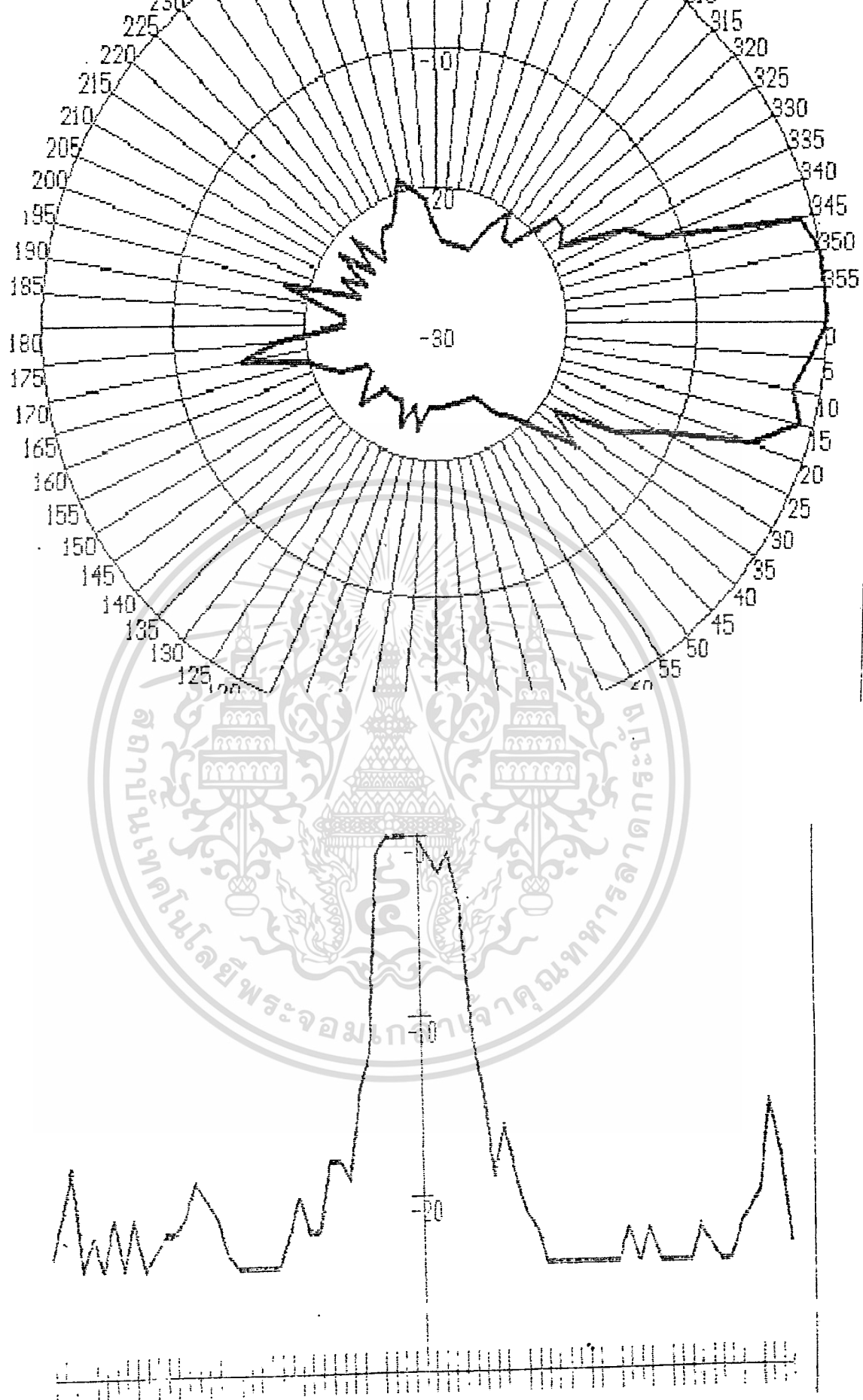
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทอรัการกระจายคลื่นในแนว ครอสมโพราไรเซชันของ คอลลูเกตฮอร์น (ครั้งที่ 1)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	0	185	23
5	1	190	21
10	2	195	18
15	1	200	24
20	4	205	22
25	11	210	24
30	14	215	21
35	19	220	24
40	16	225	21
45	19	230	24
50	21	235	23
55	22	240	22
60	24	245	22
65	24	250	21
70	24	255	19
75	24	260	20
80	24	265	21
85	24	270	23
90	24	275	24
95	24	280	24
100	22	285	24
105	24	290	24
110	22	295	24
115	24	300	22
120	24	305	20
125	24	310	22
130	24	315	22
135	22	320	18
140	23	325	18
145	24	330	19
150	24	335	14
155	22	340	12
160	21	345	1
165	20	350	0
170	15	355	0
175	18	360	0
180	23		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

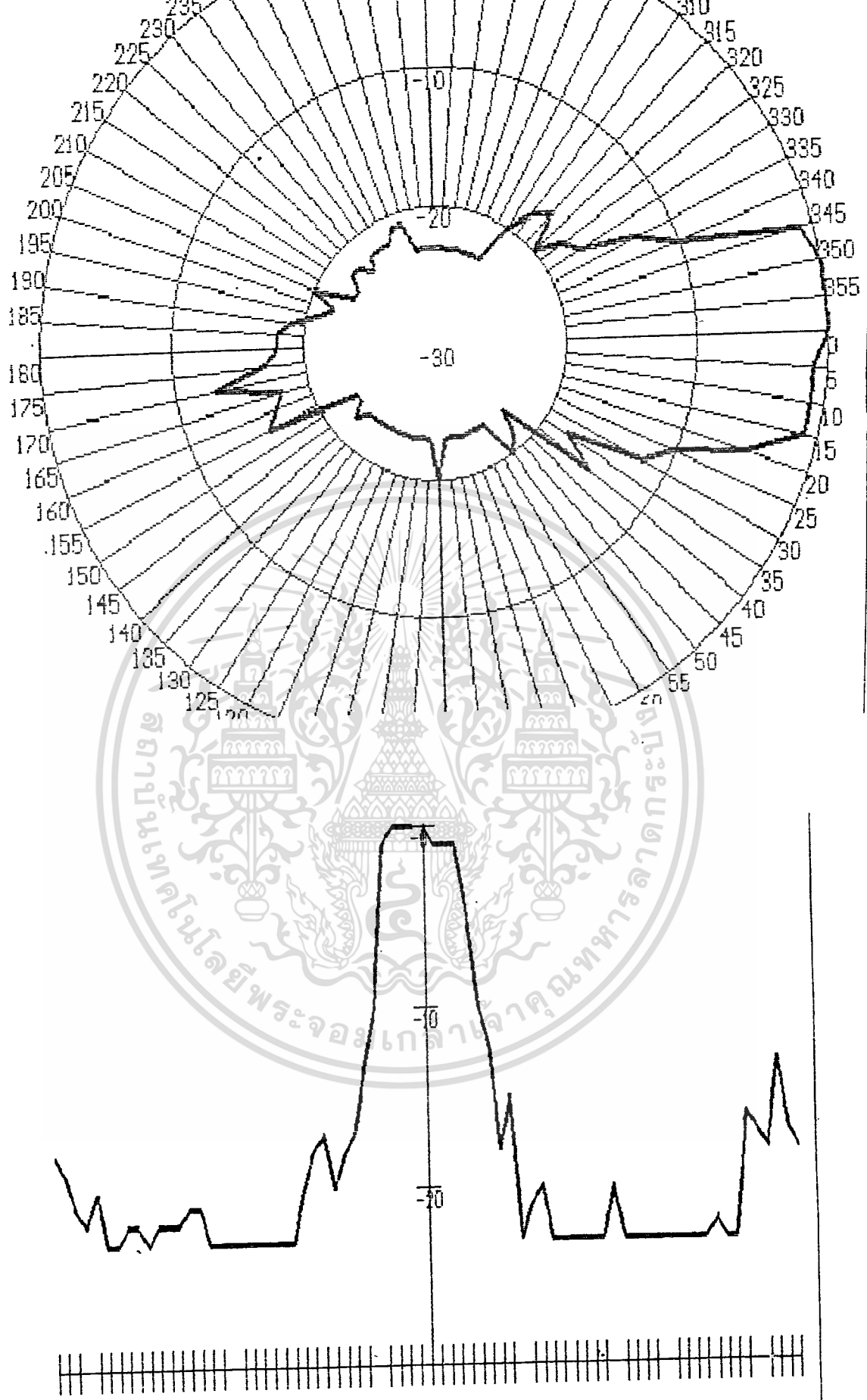


รูปที่ 4.11 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นใน ครอสมิโรวาไรซ์ ของ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า คอลเลกต์ ออร์น (ครั้งที่ 1) ไม่ว่ากรณีใดก็ตามอื่น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 a) โพลาร์ (Polar) b) เรกเทอังกูลาร์ (Rectangular)

ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในแนว ครอสม
โพราไรเซชันของ คอลลูเกตฮอร์น (ครั้งที่ 2)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	0		
5	1	185	18
10	1	190	19
15	1	195	21
20	5	200	22
25	10	205	20
30	12	210	23
35	18	215	23
40	15	220	22
45	23	225	22
50	21	230	23
55	20	235	22
60	23	240	22
65	23	245	22
70	23	250	21
75	23	255	21
80	23	260	23
85	23	265	23
90	20	270	23
95	23	275	23
100	23	280	23
105	23	285	23
110	23	290	23
115	23	295	23
120	23	300	23
125	23	305	20
130	23	310	18
135	23	315	17
140	22	320	20
145	23	325	18
150	23	330	17
155	16	335	13
160	17	340	10
165	18	345	1
170	13	350	0
175	17	355	0
180	18	360	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ห้ามนำไปตีพิมพ์หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงกราฟแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในครอสโพลาไรซ์ ของ

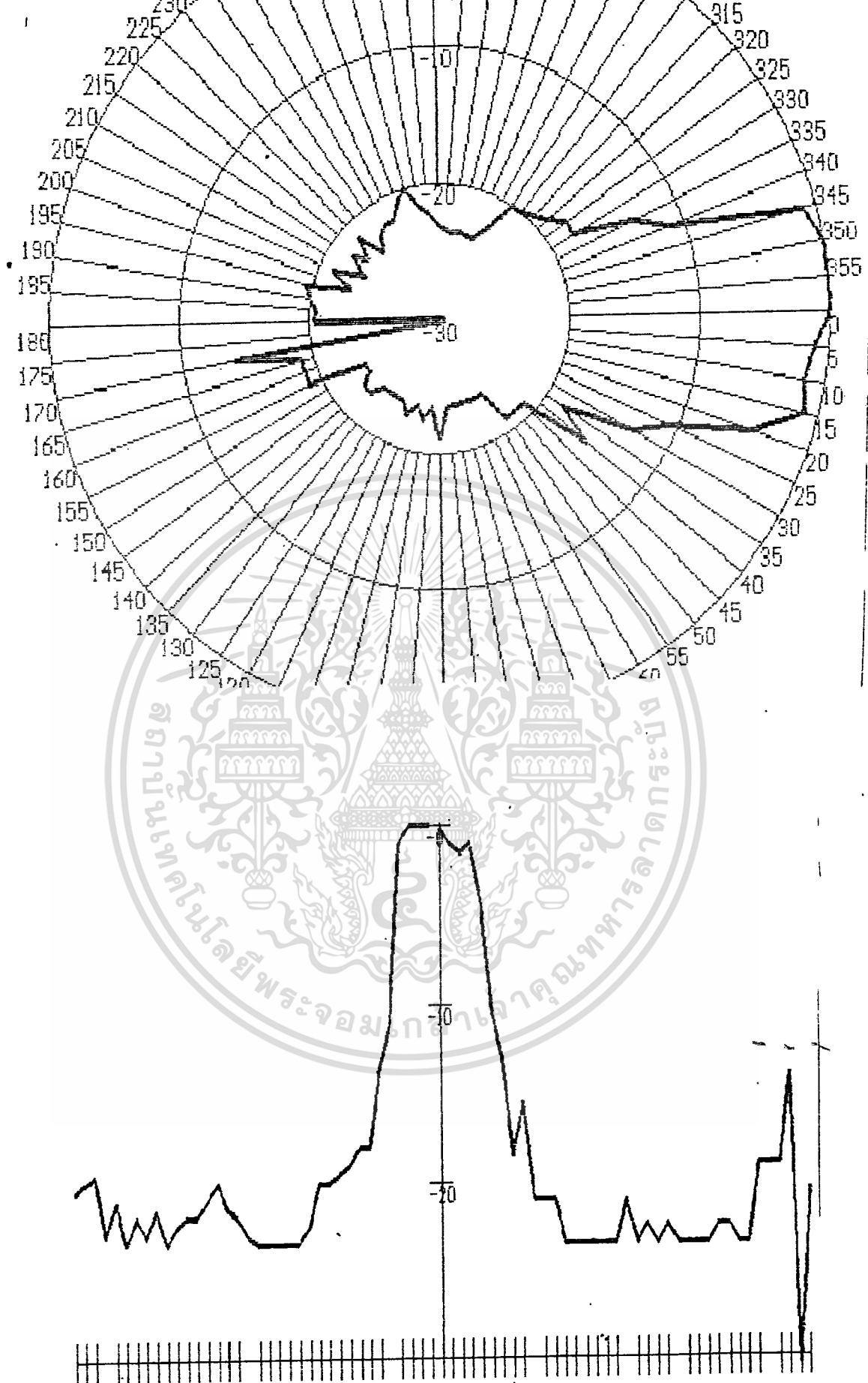
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ (ครั้งที่ 2) เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในแนว ครอกล
โพราไรเซชันของ คอลลูเกตฮอร์น (เฉลี่ยจากทั้ง 2 ครั้ง)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	0		
5	1	185	20.5
10	1.5	190	20
15	1	195	19.5
20	4.5	200	23
25	10.5	205	21
30	13	210	23.5
35	18.5	215	22
40	15.5	220	23
45	21	225	21.5
50	21	230	23.5
55	21	235	22.5
60	23.5	240	22
65	23.5	245	22
70	23.5	250	21
75	23.5	255	20
80	23.5	260	21.5
85	23.5	265	22
90	21	270	23
95	23.5	275	23.5
100	22.5	280	23.5
105	23.5	285	23.5
110	22.5	290	23.5
115	23.5	295	23.5
120	23.5	300	22.5
125	23.5	305	20
130	23.5	310	20
135	22.5	315	19.5
140	22.5	320	19
145	23.5	325	18
150	23.5	330	18
155	19	335	13.5
160	19	340	11
165	19	345	1
170	14	350	0
175	30.5	355	0
180	20.5	360	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา-56-อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นใน ครอสมิโรวาไรซ์ ของ

คอกลูกเกต ฮอว์น (เฉลี่ยจากทั้ง 2 ครั้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการค้าเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

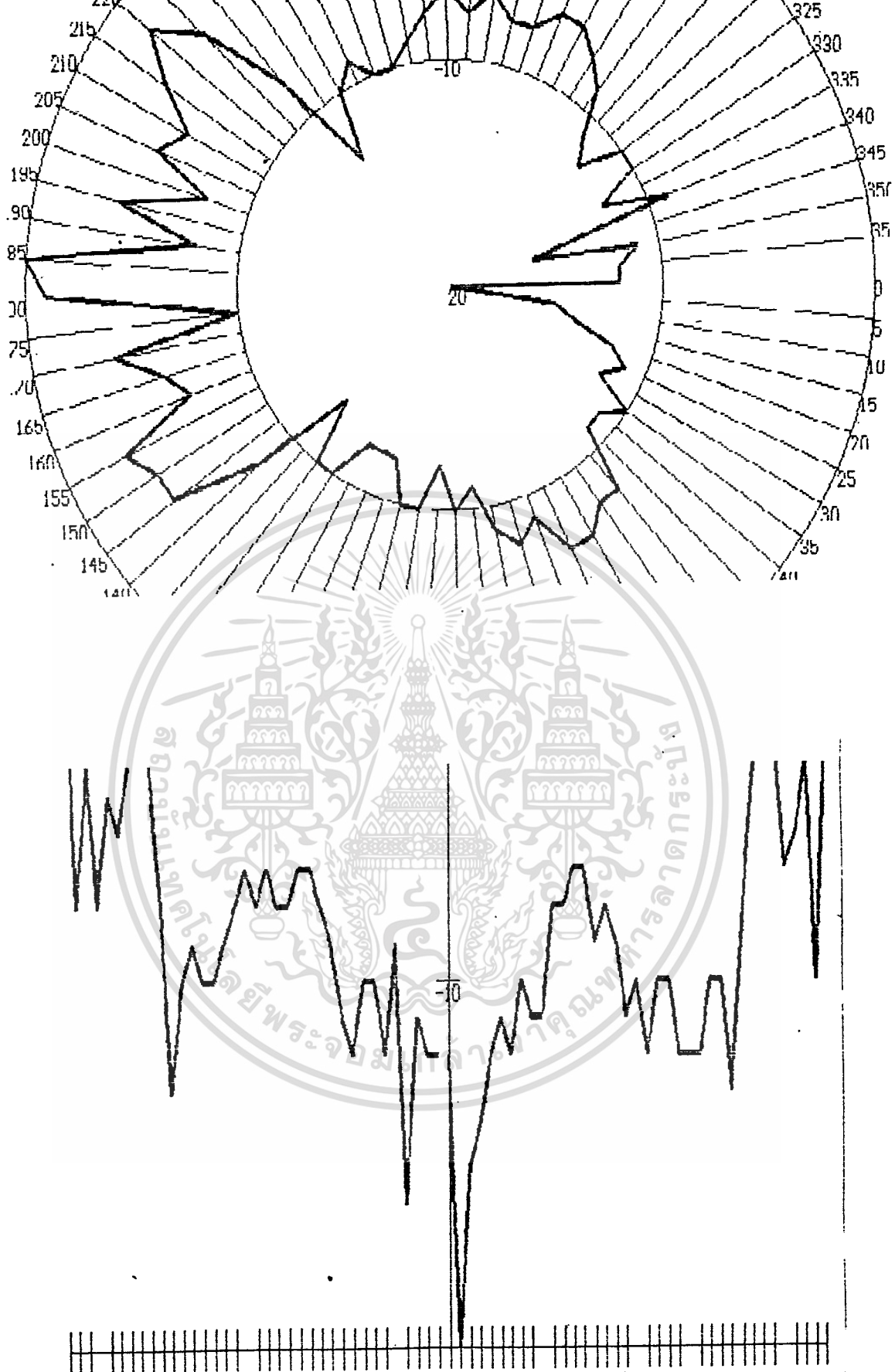
a) โพล่า (Polar) b) เรกเทนกล่า (Rectangular)

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบ
สนามแม่เหล็กของ คอลลูเกตออร์น กับ ซับดิช (ครั้งที่ 1)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	12	185	0
5	20	190	8
10	15	195	4
15	14	200	8
20	12	205	5
25	11	210	6
30	12	215	4
35	10	220	2
40	11	225	4
45	11	230	8
50	8	235	13
55	8	240	10
60	7	245	9
65	7	250	10
70	9	255	10
75	8	260	9
80	9	265	8
85	11	270	7
90	10	275	8
95	12	280	7
100	10	285	8
105	10	290	8
110	12	295	7
115	12	300	7
120	12	305	8
125	10	310	9
130	10	315	11
135	13	320	12
140	8	325	10
145	4	330	10
150	4	335	12
155	3	340	9
160	7	345	16
165	6	350	11
170	4	355	12
175	10	360	12
180	1		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็กของคอลลูเกตออร์น กับ ซับดิช (ครั้งที่ 1)

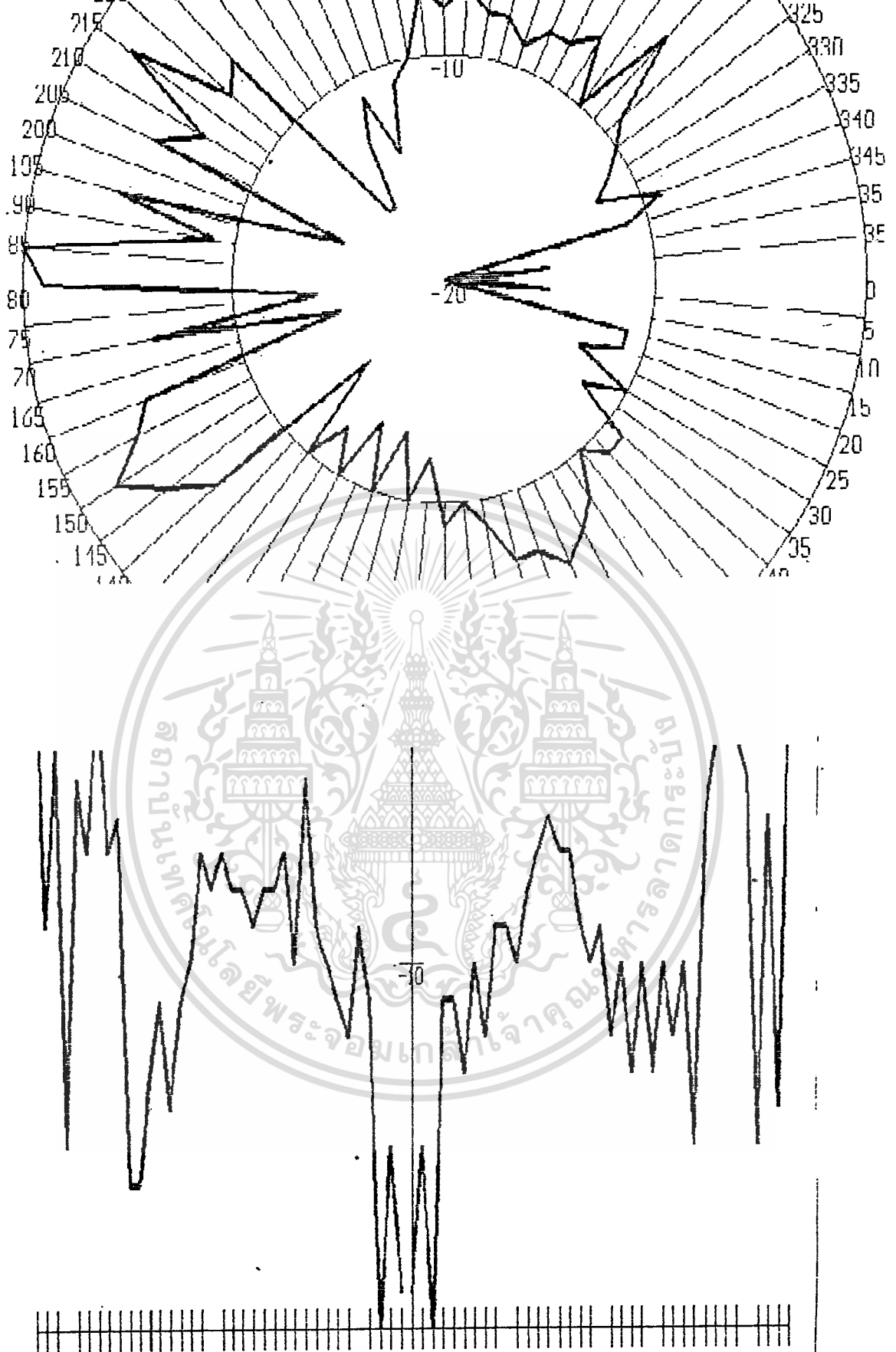
a) โพล่า (Polar) b) เรกเทงกูล่า (Rectangular)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบ
สนามแม่เหล็กของ คอลลูเกตฮอร์น กับ ชั้นดีซ (ครั้งที่ 2)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับ (-dB)
0	19	185	0
5	15	190	9
10	20	195	4
15	11	200	15
20	11	205	5
25	13	210	7
30	10	215	2
35	12	220	7
40	9	225	6
45	9	230	16
50	10	235	16
55	8	240	13
60	7	245	11
65	6	250	14
70	7	255	11
75	7	260	10
80	9	265	7
85	10	270	8
90	9	275	7
95	12	280	8
100	10	285	8
105	13	290	9
110	10	295	8
115	13	300	8
120	10	305	7
125	12	310	10
130	10	315	5
135	15	320	9
140	6	325	10
145	4	330	11
150	2	335	12
155	4	340	9
160	5	345	11
165	15	350	20
170	6	355	15
175	14	360	19
180	1		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็กของ
 คอลลูเกตออร์น กับ ซับดิช (ครั้งที่ 2)

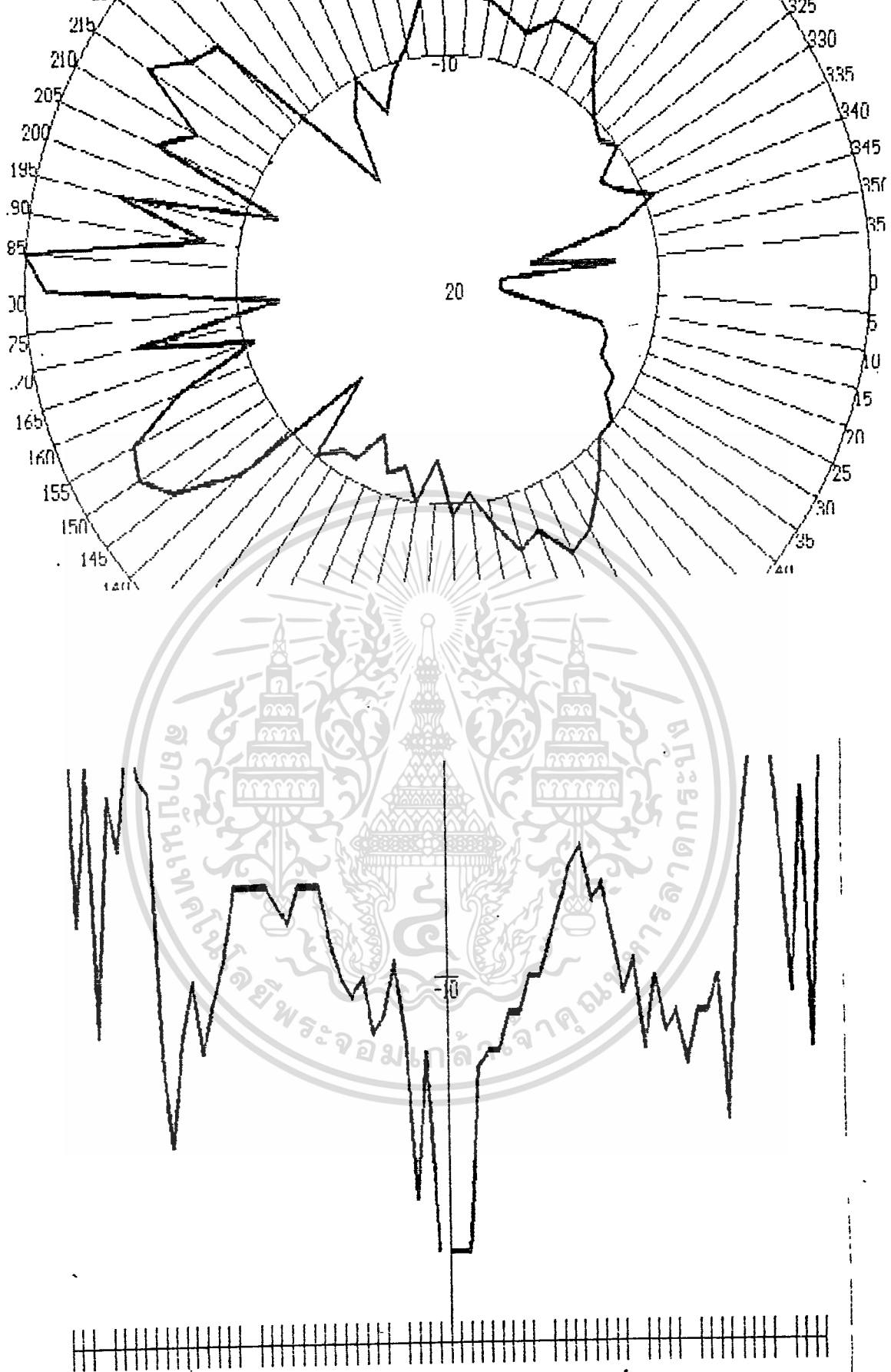
a) โพล่า (Polar) b) เรกเทงกูล่า (Rectangular)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบ
สนามแม่เหล็กของ คอลลูเกตออร์น กับ ซับดิช (เฉลี่ยทั้ง 2 ครั้ง)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	17.5	185	0
5	17.5	190	8.5
10	17.5	195	4
15	12.5	200	11.5
20	12	205	5
25	12	210	6.5
30	11	215	3
35	11	220	4.5
40	10	225	5
45	10	230	12
50	9	235	14.5
55	8	240	11.5
60	7	245	10
65	6.5	250	12
70	8	255	10.5
75	7.5	260	9.5
80	9	265	7.5
85	10.5	270	7.5
90	9.5	275	7.5
95	12	280	7.5
100	10	285	8
105	11.5	290	8.5
110	11	295	7.5
115	12.5	300	7.5
120	11	305	7.5
125	11	310	9
130	10	315	10
135	14	320	10.5
140	7	325	10
145	4	330	11.5
150	3	335	11
155	3.5	340	9.5
160	6.5	345	11.5
165	10.5	350	16
170	5	355	12
175	12	360	17.5
180	1		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ห้ามนำไปตีพิมพ์หรือเผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็กของ
คอลลเกทออร์น กับ ซับดิซ (เฉลี่ยจากทั้ง 2 ครั้ง)

a) โพล่า (Polar) b) เรกเทนกูล่า (Rectangular)

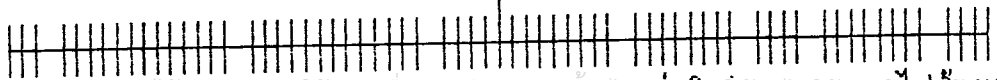
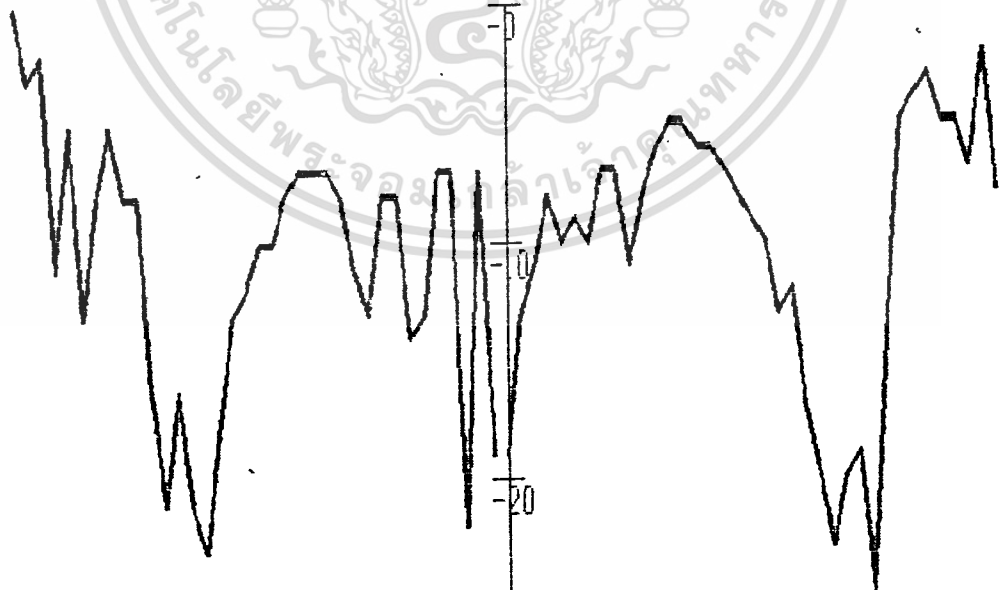
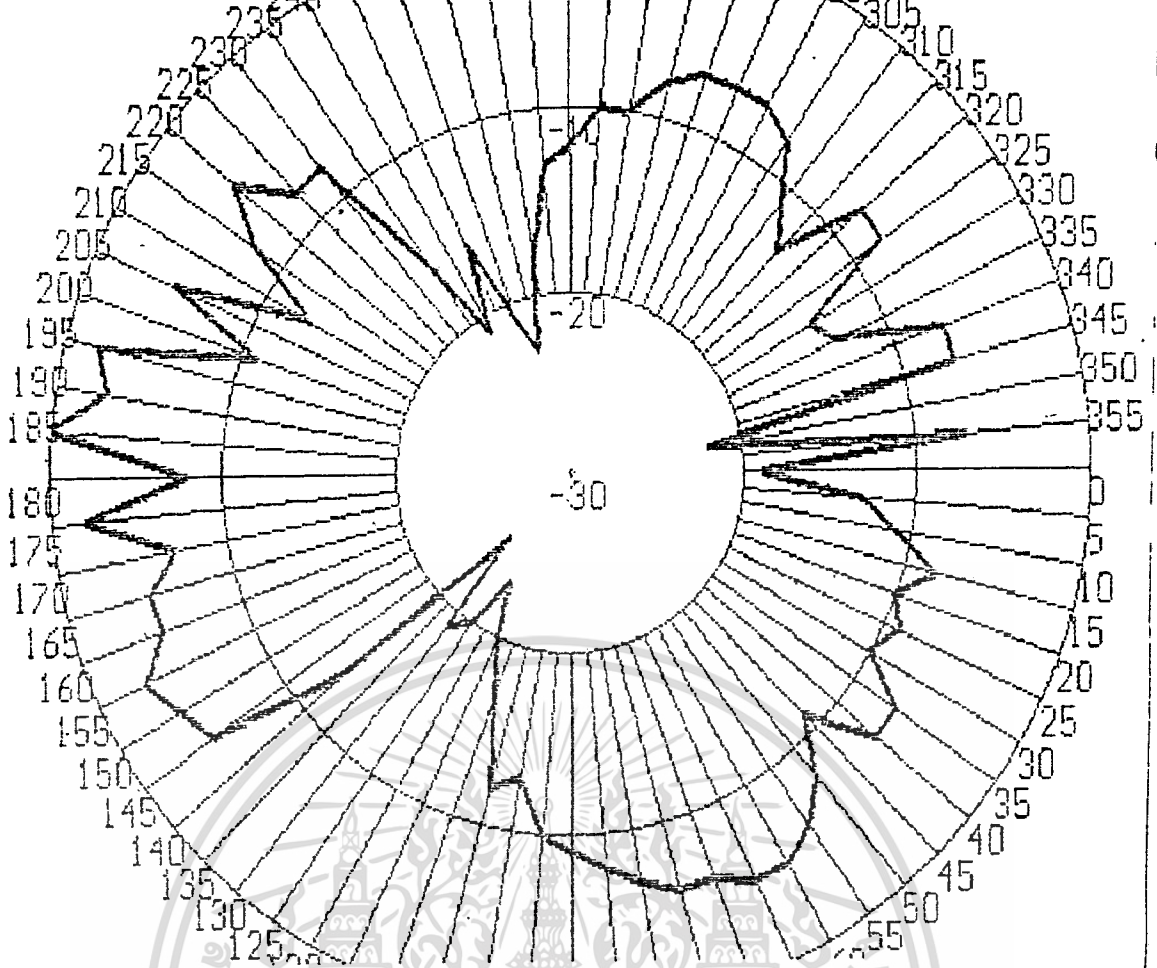
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทอริ์นการกระจายคลื่นในระนาบ
สนามไฟฟ้าของ คอลลูเกตฮอร์น กับ ซับดิซ (ครั้งที่ 1)

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
0.	19	185	0
5	13	190	3
10	11	195	2
15	8	200	11
20	10	205	5
25	9	210	13
30	10	215	8
35	7	220	5
40	7	225	8
45	11	230	8
50	8	235	16
55	6	240	21
60	5	245	16
65	5	250	21
70	6	255	23
75	6	260	18
80	7	265	13
85	8	270	12
90	9	275	10
95	10	280	10
100	13	285	8
105	12	290	7
110	17	295	7
115	20	300	7
120	23	305	8
125	20	310	11
130	19	315	13
135	25	320	8
140	13	325	8
145	5	330	14
150	4	335	13
155	3	340	7
160	5	345	7
165	5	350	22
170	7	355	7
175	2	360	19
180	8		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

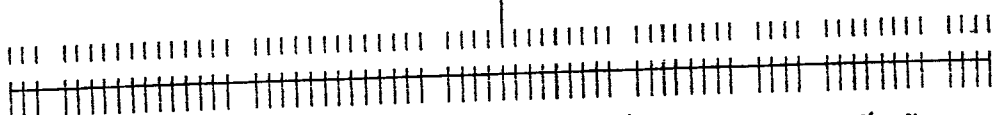
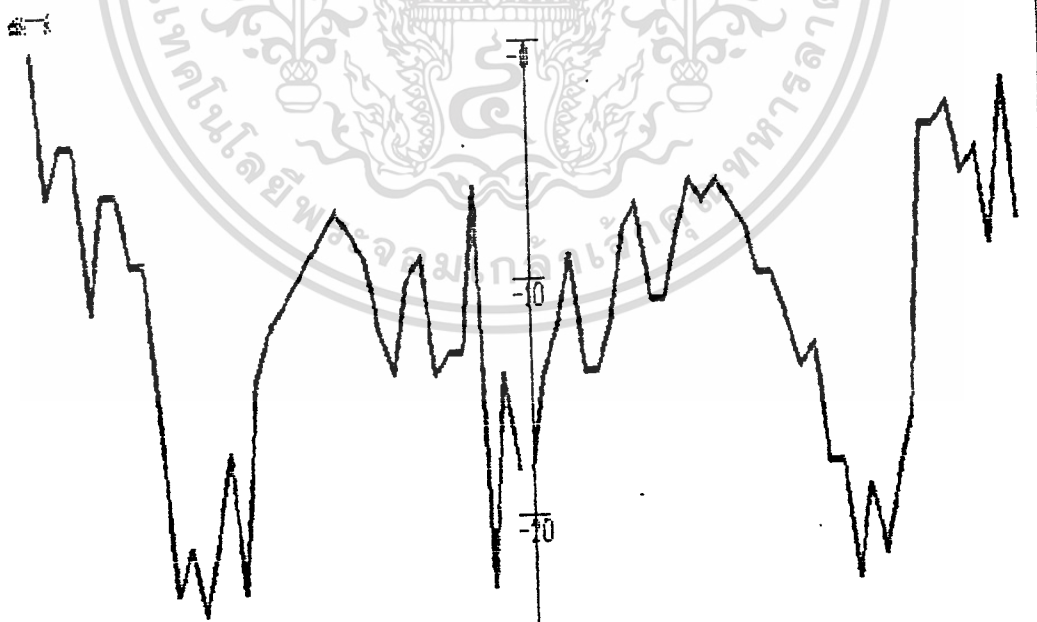
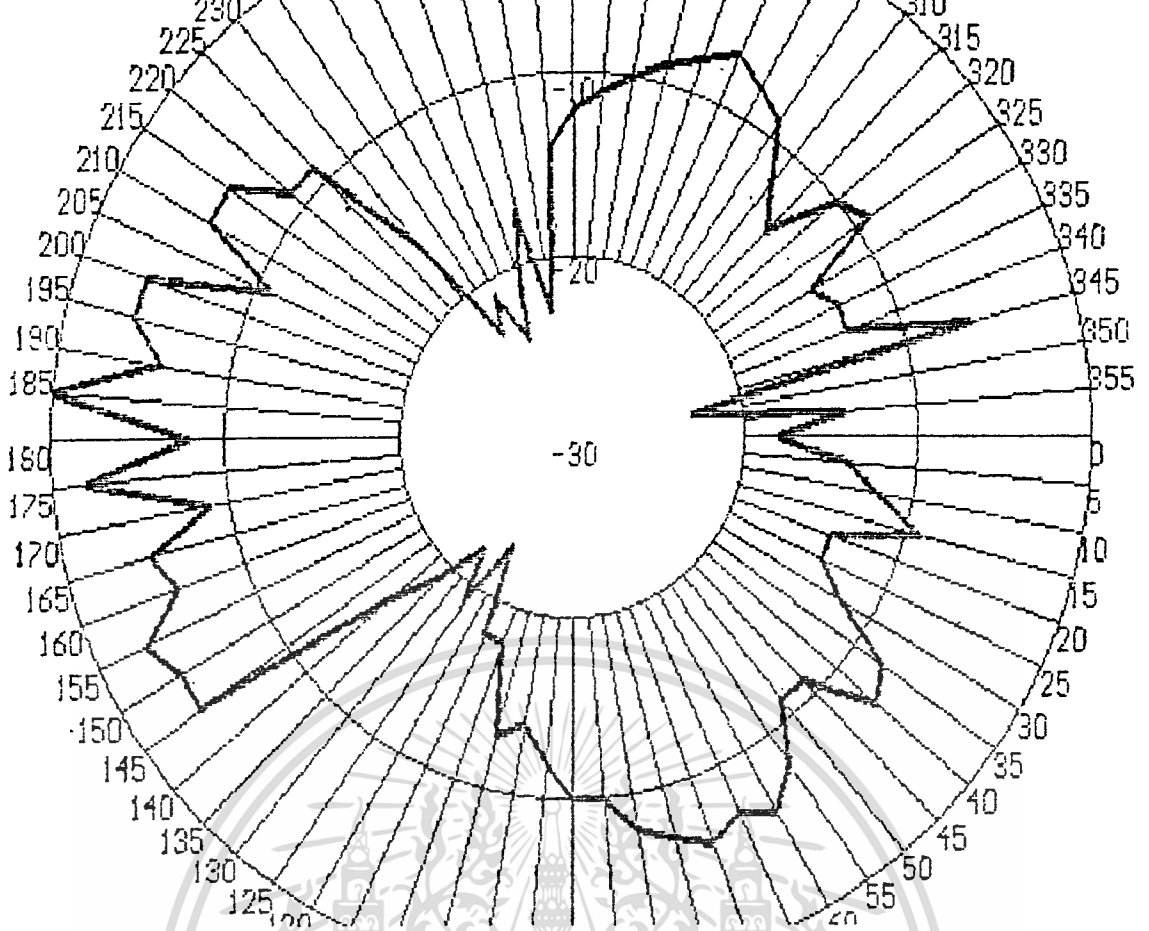


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาและการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้าของ
 รูปที่ 4.17 แสดงกราฟแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้าของ
 ไม่ว่าการณเกิดทางอื่น อีกที่ฐานมีในคลื่นเป็นขึ้นกับ ซัดดิช (ครั้งที่ 1) ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้าของ คอลลูเกตฮอร์น กับ ซับดิซ (ครั้งที่ 2)

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
0	18	185	0
5	14	190	6
10	12	195	4
15	9	200	4
20	14	205	11
25	14	210	6
30	12	215	6
35	8	220	9
40	7	225	9
45	11	230	16
50	11	235	23
55	8	240	21
60	6	245	24
65	7	250	21
70	6	255	17
75	7	260	23
80	8	265	14
85	10	270	12
90	10	275	11
95	12	280	10
100	14	285	9
105	13	290	8
110	18	295	7
115	18	300	8
120	23	305	9
125	19	310	12
130	22	315	14
135	19	320	10
140	16	325	9
145	4	330	14
150	4	335	13
155	3	340	13
160	6	345	6
165	5	350	23
170	9	355	14
175	2	360	18
180	8		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

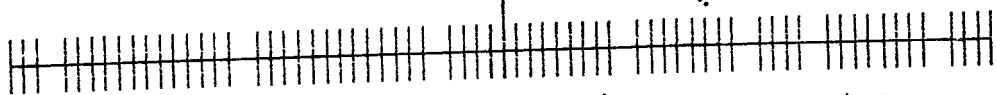
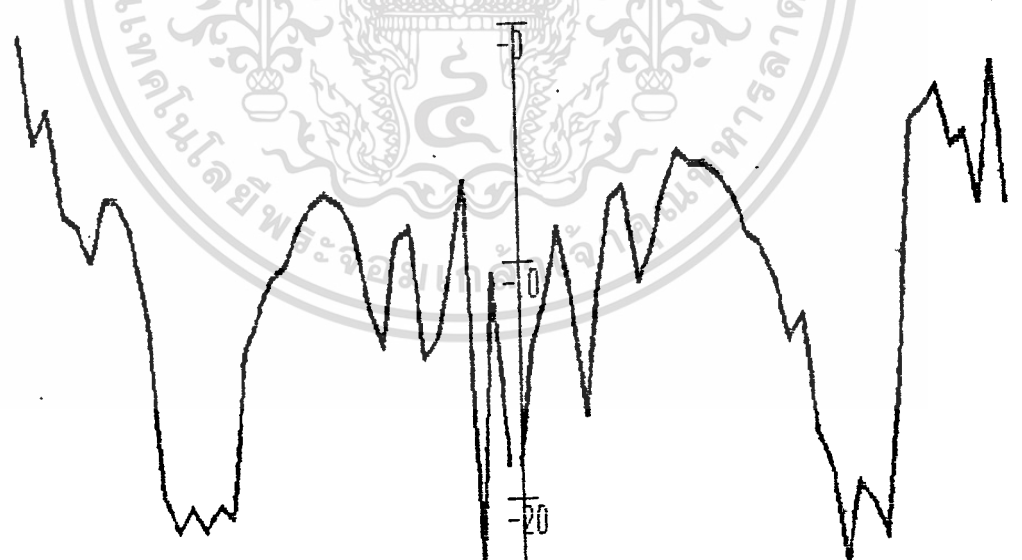
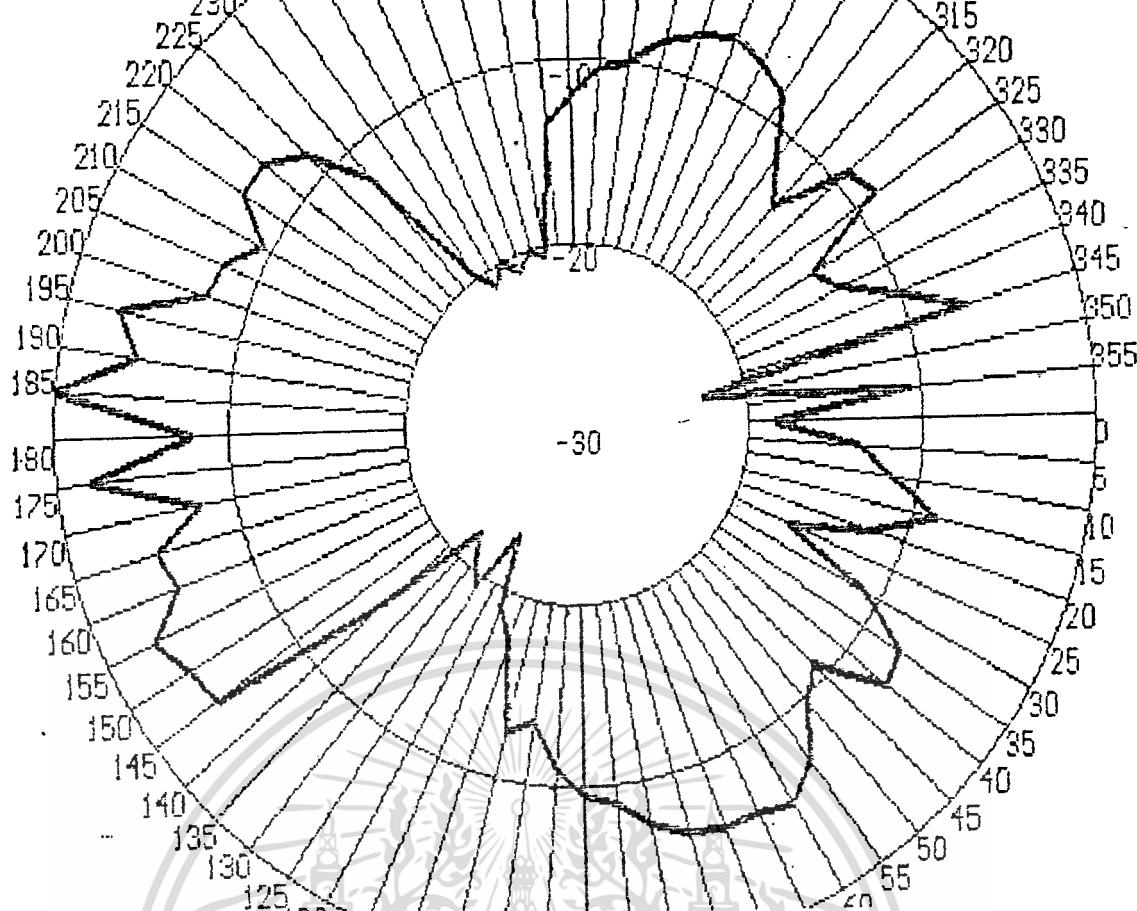


เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ แสดงกราฟแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้าของ
 รูปที่ 4.18 คอลลูเกเตอร์น กับ ซีบิตซ์ (ครั้งที่ 2)
 ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบ
สนามไฟฟ้าของ คอลลูเกตฮอร์น กับ ชั้นดิซ (เฉลี่ยจากทั้ง 2 ครั้ง)

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
0	18.5	185	0
5	13.5	190	4.5
10	11.5	195	3
15	8.5	200	7.5
20	12	205	8
25	16.5	210	9.5
30	11	215	7
35	7.5	220	7
40	7	225	8.5
45	11	230	12
50	9.5	235	19.5
55	7	240	21
60	5.5	245	20
65	6	250	21
70	6	255	20
75	6.5	260	20.5
80	7.5	265	13.5
85	9	270	12
90	9.5	275	10.5
95	11	280	10
100	13.5	285	8.5
105	12.5	290	7.5
110	17.5	295	7
115	19	300	7.5
120	23	305	8.5
125	19.5	310	11.5
130	20.5	315	13.5
135	22	320	9
140	14.5	325	8.5
145	4.5	330	14
150	4	335	13
155	3	340	10
160	5.5	345	6.5
165	5	350	22.5
170	8	355	10.5
175	2	360	18.5
180	8		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

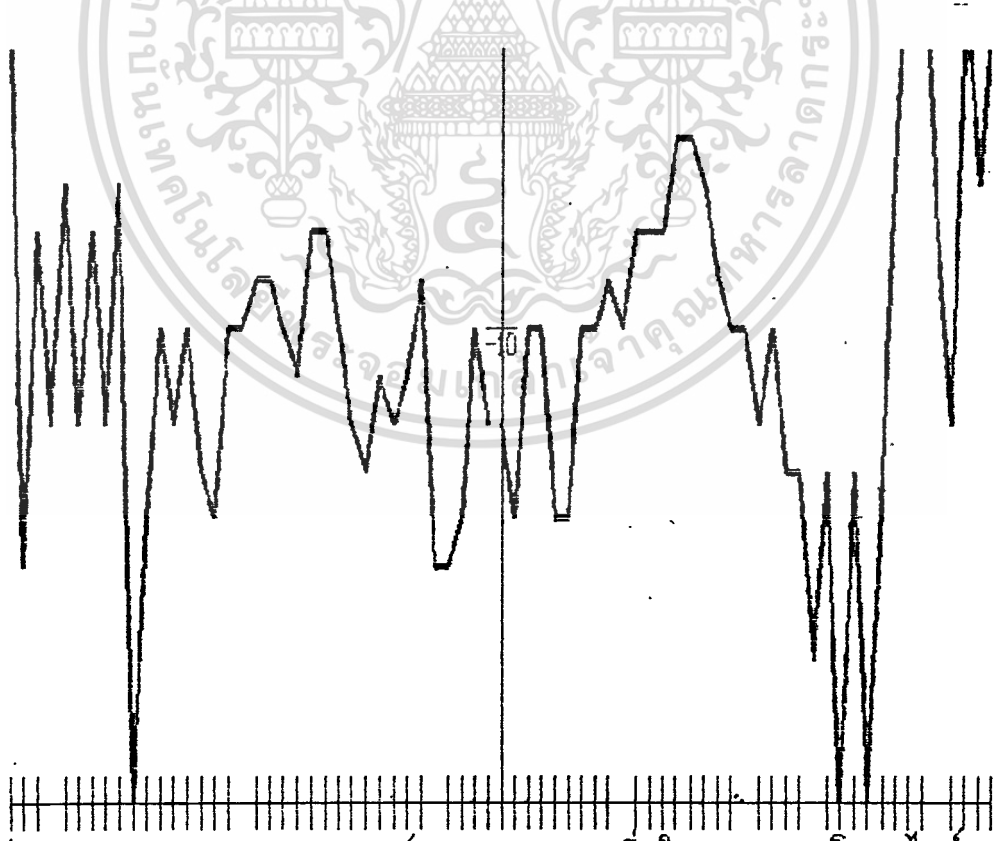
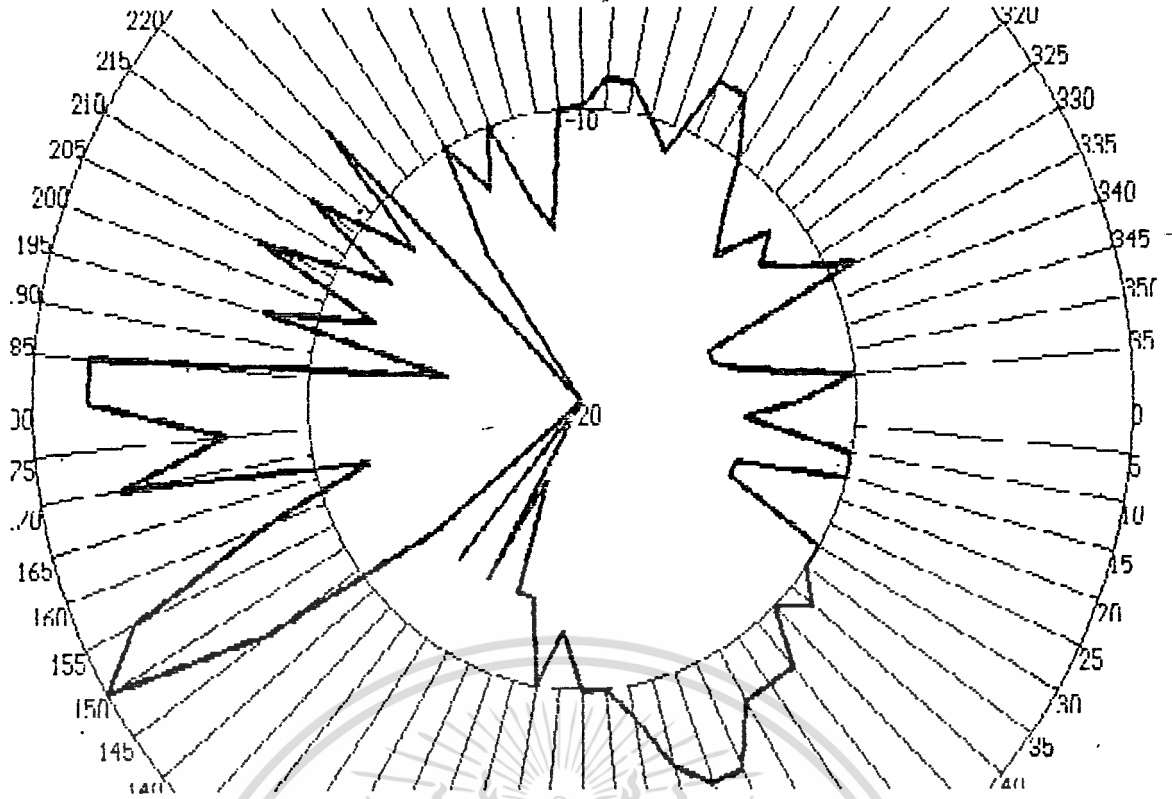


รูปที่ 4.19 แสดงกราฟแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้าของ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ภายใต้อิทธิพลของสัญญาอนุญาตให้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าการณีใดที่ทั้งสิ้น อีกรูปที่ 4.19 a) ที่โพลาร์ (Polar) และ b) เรกเทกนูล่า (Rectangular)

ตารางที่ 16 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในแนว ครอสม
โพราไรเซชันของ คอลลูเกตฮอร์น กับ ชั้นดีซ (ครั้งที่ 1)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับ (-dB)
0	12		
5	14	185	2
10	10	190	15
15	10	195	8
20	14	200	12
25	14	205	7
30	10	210	12
35	10	215	8
40	9	220	12
45	10	225	7
50	8	230	20
55	8	235	14
60	8	240	10
65	6	245	12
70	6	250	10
75	7	255	13
80	9	260	14
85	10	265	10
90	10	270	10
95	12	275	9
100	10	280	9
105	13	285	10
110	13	290	11
115	17	295	8
120	13	300	8
125	20	305	10
130	13	310	12
135	20	315	13
140	13	320	11
145	6	325	12
150	0	330	11
155	2	335	9
160	8	340	15
165	12	345	15
170	3	350	14
175	7	355	10
180	2	360	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในแนวคอรอลโพราไรซ์ของ
คอลลูเกตฮอร์น กับ ซับดิซ (ครั้งที่ 1)

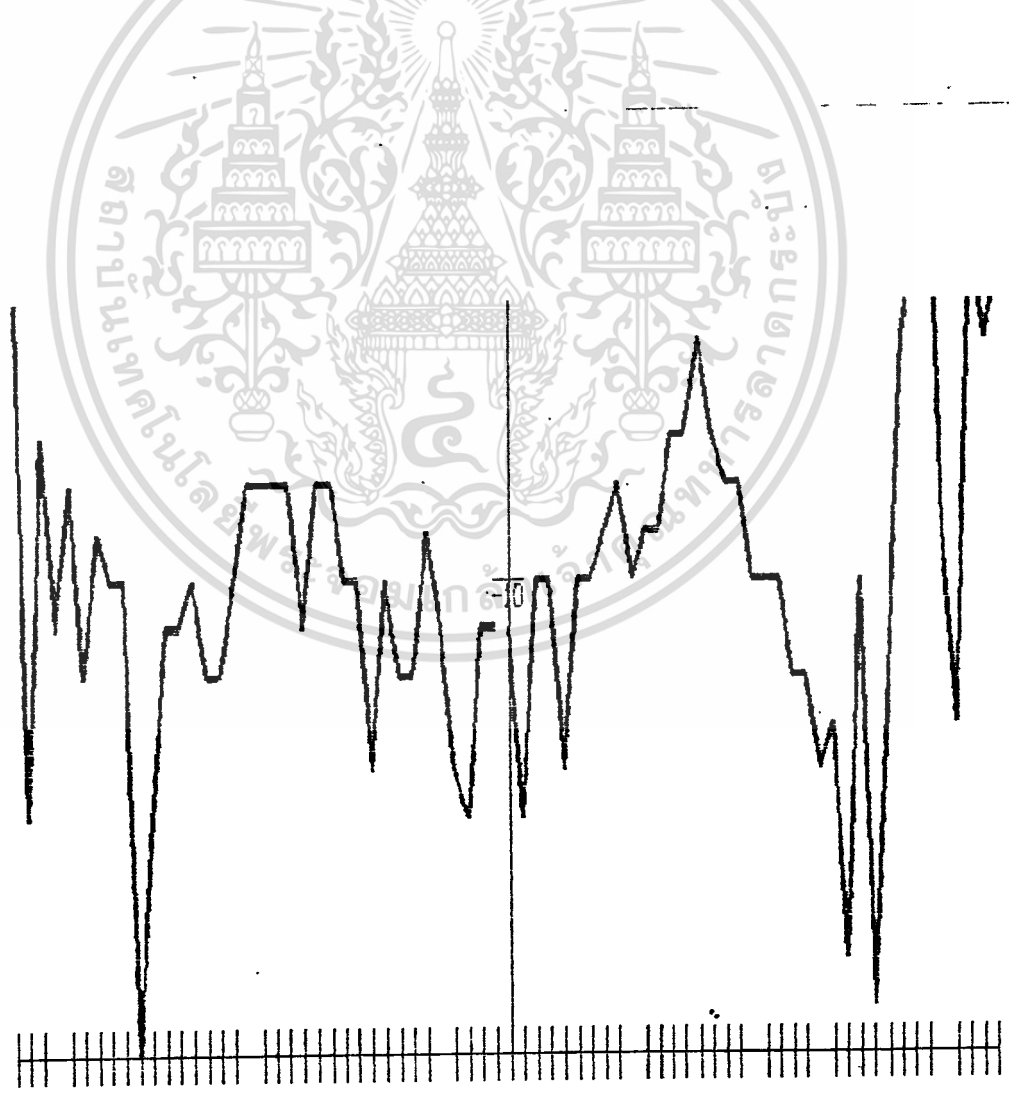
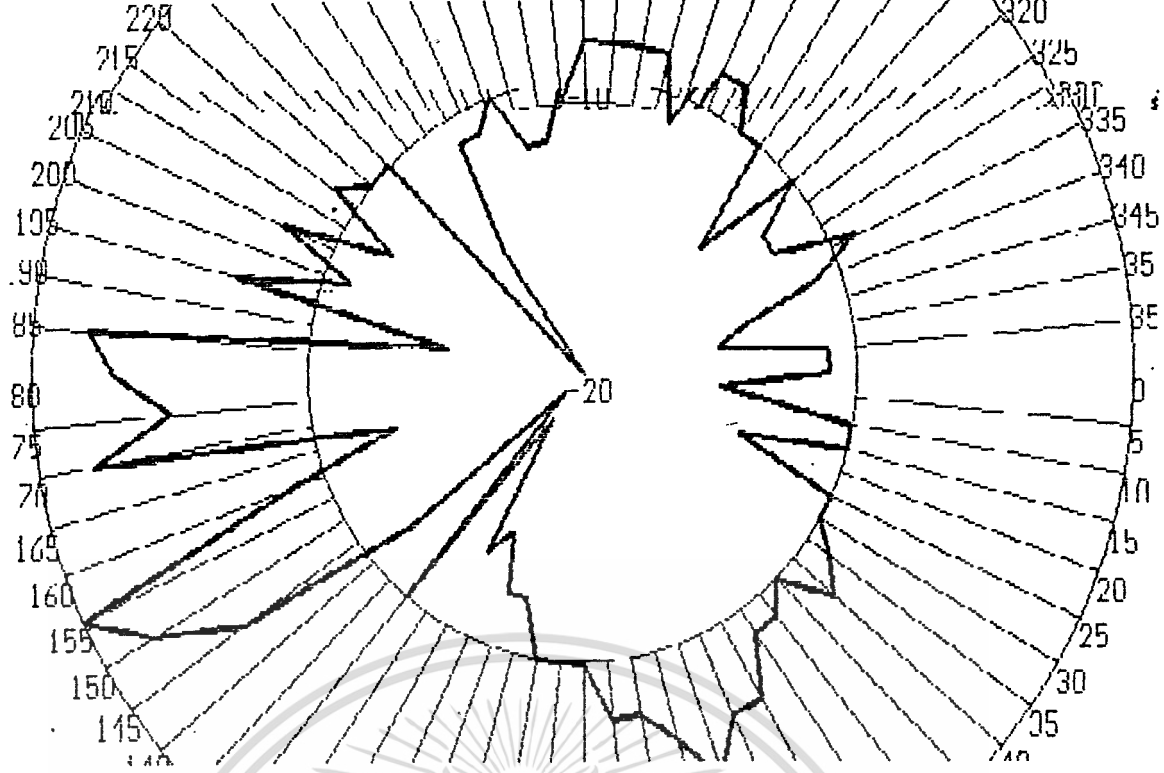
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อการค้า
a) โพลาร์ (Polar) b) เรกเทนกูลาร์ (Rectangular)

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทอรัณการกระจายคลื่นในแนว ครอสม
โพราไรเซชันของ คอลลูเกตอรัณ กับ ซับดิช (ครั้งที่ 2)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	11	185	2
5	15	190	15
10	10	195	7
15	10	200	11
20	14	205	8
25	10	210	12
30	10	215	9
35	9	220	10
40	8	225	10
45	10	230	20
50	9	235	15
55	9	240	11
60	7	245	11
65	7	250	10
70	5	255	12
75	7	260	12
80	8	265	10
85	8	270	8
90	10	275	8
95	10	280	8
100	10	285	8
105	12	290	11
110	12	295	8
115	14	300	8
120	13	305	10
125	18	310	10
130	10	315	14
135	19	320	10
140	12	325	12
145	5	330	12
150	2	335	9
155	0	340	11
160	9	345	14
165	13	350	15
170	2	355	11
175	5	360	11
180	3		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

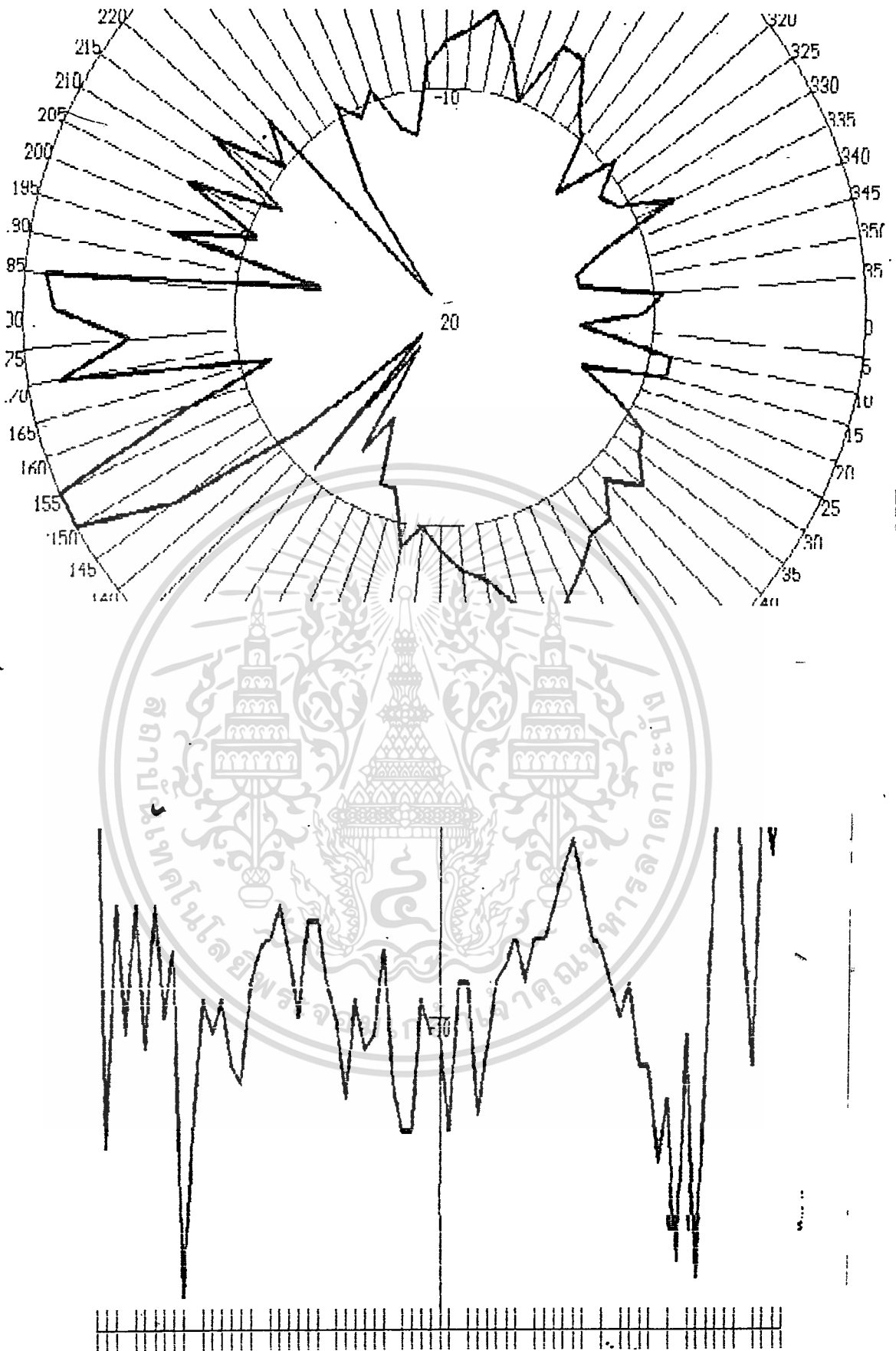


รูปที่ 4.21 แสดงกราฟแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในแนวคอรอลโพราไรซ์ของ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยที่ดำเนินการโดยสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ
 คอลลเกออรัน กับ ซับดิช (ครั้งที่ 2) ไปอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีวัตถุประสงค์โดยปริยาย และ b) องค์กรมูลค่า (Rectangular) นำไปใช้
 a) โพล่า (Polar)

ตารางที่ 18 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในแนว ครอสม
โพราไรเซชันของ คอลลูเกตออร์น กับ ซับดิช (เฉลี่ยจากทั้ง 2 ครั้ง)

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	10.5	185	1
5	13.5	190	14
10	9	195	6.5
15	9	200	10.5
20	13	205	6.5
25	11	210	11
30	9	215	6.5
35	8.5	220	10
40	7.5	225	8
45	9	230	19
50	7.5	235	13.5
55	7.5	240	9.5
60	6.5	245	10.5
65	5.5	250	9.5
70	4.5	255	11.5
75	6	260	12
80	7.5	265	9
85	8	270	8
90	9	275	7.5
95	10	280	6.5
100	9	285	8
105	11.5	290	10
110	11.5	295	7
115	14.5	300	7
120	12.5	305	9
125	18	310	10
130	10.5	315	12.5
135	18.5	320	9.5
140	11.5	325	11
145	4.5	330	10.5
150	0	335	8
155	0	340	12
160	7.5	345	13.5
165	11.5	350	13.5
170	1.5	355	9.5
175	5	360	10.5
180	1.5		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในแนวครอสโพลาไรซ์ของ
คอลลูเกตออร์น กับ ซับดิซ (เฉลี่ยจากทั้ง 2 ครั้ง)

a) โพล่า (Polar) b) เรกเทนกูล่า (Rectangular)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิฉะนั้นผู้ใดเห็นประโยชน์อื่นใดในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบ
สนามแม่เหล็กของ ระบบแคสซิเกรน

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
0	0.0	36	20.0
1	0.0	37	22.0
2	0.0	38	22.0
3	1.5	39	22.0
4	4.0	40	22.0
5	9.0	41	24.0
6	6.0	42	24.0
7	20.0	43	25.0
8	11.0	44	24.0
9	23.0	45	24.0
10	15.0	46	25.0
11	15.0	47	26.0
12	22.0	48	23.0
13	15.0	49	23.0
14	16.0	50	22.0
15	16.0	51	26.0
16	15.0	52	26.0
17	15.0	53	26.0
18	16.0	54	26.0
19	14.0	55	23.0
20	13.0	56	24.0
21	13.0	57	24.0
22	12.0	58	24.0
23	11.0	59	24.0
24	12.0	60	24.0
25	12.0	61	26.0
26	12.0	62	22.0
27	12.0	63	22.0
28	14.0	64	20.0
29	14.0	65	24.0
30	13.0	66	22.0
31	13.0	67	22.0
32	13.0	68	22.0
33	16.0	69	24.0
34	8.0	70	24.0
35	9.0	71	23.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
72	22.0	108	19.0
73	22.0	109	20.0
74	22.0	110	22.0
75	22.0	111	26.0
76	23.0	112	20.0
77	23.0	113	24.0
78	22.0	114	20.0
79	23.0	115	26.0
80	22.0	116	22.0
81	24.0	117	23.0
82	22.0	118	26.0
83	22.0	119	20.0
84	22.0	120	24.0
85	22.0	121	24.0
86	23.0	122	23.0
87	23.0	123	26.0
88	23.0	124	22.0
89	23.0	125	23.0
90	24.0	126	28.0
91	21.0	127	28.0
92	20.0	128	28.0
93	20.0	129	26.0
94	19.0	130	26.0
95	23.0	131	26.0
96	26.0	132	28.0
97	21.0	133	28.0
98	19.0	134	28.0
99	20.0	135	25.0
100	21.0	136	25.0
101	18.0	137	25.0
102	18.0	138	23.0
103	21.0	139	24.0
104	18.0	140	26.0
105	18.0	141	26.0
106	23.0	142	24.0
107	18.0	143	24.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
144	23.0	180	28.0
145	28.0	181	24.0
146	28.0	182	28.0
147	22.0	183	23.0
148	24.0	184	22.0
149	26.0	185	22.0
150	24.0	186	25.0
151	26.0	187	24.0
152	26.0	188	24.0
153	28.0	189	24.0
154	28.0	190	25.0
155	28.0	191	28.0
156	26.0	192	25.0
157	28.0	193	28.0
158	28.0	194	24.0
159	28.0	195	24.0
160	28.0	196	28.0
161	28.0	197	22.0
162	28.0	198	23.0
163	28.0	199	28.0
164	28.0	200	26.0
165	28.0	201	26.0
166	28.0	202	24.0
167	28.0	203	24.0
168	28.0	204	24.0
169	28.0	205	25.0
170	28.0	206	25.0
171	28.0	207	25.0
172	28.0	208	28.0
173	28.0	209	28.0
174	28.0	210	28.0
175	28.0	211	28.0
176	28.0	212	28.0
177	28.0	213	28.0
178	28.0	214	25.0
179	28.0	215	28.0

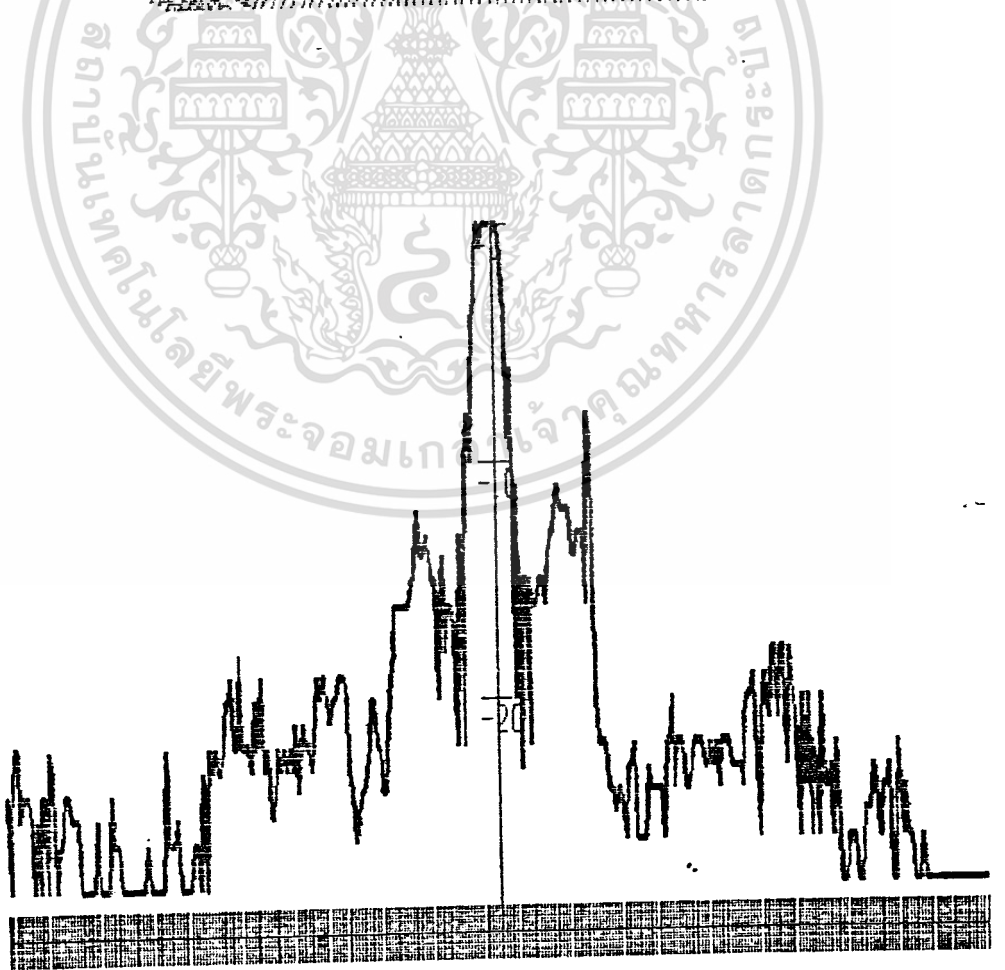
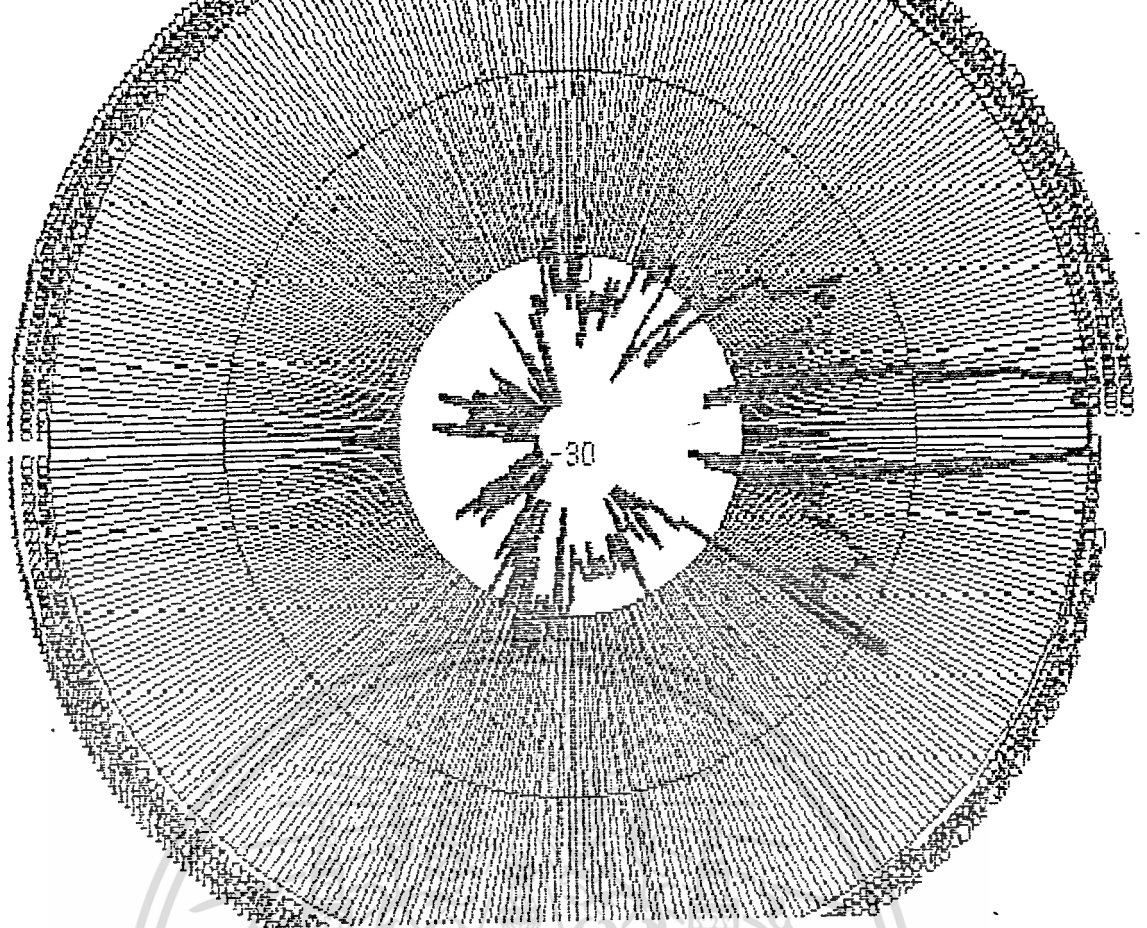
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
216	28.0	252	23.0
217	28.0	253	28.0
218	28.0	254	28.0
219	24.0	255	22.0
220	26.0	256	23.0
221	26.0	257	22.0
222	26.0	258	23.0
223	28.0	259	23.0
224	28.0	260	22.0
225	28.0	261	20.0
226	28.0	262	20.0
227	28.0	263	19.0
228	28.0	264	22.0
229	28.0	265	22.0
230	28.0	266	18.0
231	28.0	267	22.0
232	26.0	268	22.0
233	28.0	269	22.0
234	28.0	270	23.0
235	28.0	271	20.0
236	28.0	272	22.0
237	28.0	273	22.0
238	28.0	274	19.0
239	22.0	275	23.0
240	26.0	276	22.0
241	26.0	277	25.0
242	26.0	278	25.0
243	25.0	279	23.0
244	28.0	280	22.0
245	28.0	281	23.0
246	28.0	282	22.0
247	28.0	283	23.0
248	28.0	284	22.0
249	26.0	285	23.0
250	26.0	286	21.0
251	28.0	287	24.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
288	22.0	324	16.0
289	21.0	325	16.0
290	22.0	326	16.0
291	22.0	327	16.0
292	23.0	328	16.0
293	22.0	329	15.0
294	19.0	330	15.0
295	20.0	331	13.0
296	19.0	332	12.0
297	19.0	333	14.0
298	20.0	334	14.0
299	21.0	335	13.0
300	20.0	336	14.0
301	20.0	337	15.0
302	19.0	338	15.0
303	19.0	339	20.0
304	19.0	340	16.0
305	20.0	341	14.0
306	23.0	342	18.0
307	24.0	343	16.0
308	26.0	344	16.0
309	25.0	345	17.0
310	24.0	346	22.0
311	24.0	347	13.0
312	23.0	348	14.0
313	22.0	349	22.0
314	20.0	350	10.0
315	20.0	351	8.0
316	22.0	352	10.0
317	22.0	353	4.0
318	24.0	354	3.0
319	24.0	355	0.0
320	21.0	356	0.0
321	19.0	357	1.0
322	18.0	358	0.0
323	16.0	359	0.0
		360	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 แสดงกราฟแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็กของ
 เอกสารชนิดเอกสารที่สังเคราะห์โดยทางเคมีเพื่อการศึกษาคู่ขนาน ไม่นุญาติเหนียวไปไซประโยชน์ด้านการค้า
 ระบบแคลซิเกรน ทั้งระบบ
 ไม่ว่าจะชนิดใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบ
สนามไฟฟ้าของ ระบบแคลซิเกรน

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
0	12.0	36	12.0
1	3.0	37	12.0
2	6.0	38	13.0
3	5.0	39	16.0
4	4.0	40	14.0
5	9.0	41	15.0
6	12.0	42	16.0
7	10.0	43	16.0
8	8.0	44	14.0
9	11.0	45	14.0
10	16.0	46	13.0
11	16.0	47	13.0
12	11.0	48	14.0
13	12.0	49	16.0
14	13.0	50	16.0
15	16.0	51	16.0
16	16.0	52	16.0
17	16.0	53	16.0
18	16.0	54	16.0
19	12.0	55	16.0
20	12.0	56	16.0
21	16.0	57	16.0
22	16.0	58	16.0
23	16.0	59	16.0
24	16.0	60	16.0
25	16.0	61	16.0
26	13.0	62	16.0
27	11.0	63	16.0
28	11.0	64	14.0
29	12.0	65	16.0
30	12.0	66	16.0
31	11.0	67	16.0
32	10.0	68	16.0
33	14.0	69	16.0
34	13.0	70	13.0
35	12.0	71	16.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
72	13.0	108	14.0
73	14.0	109	12.0
74	16.0	110	13.0
75	15.0	111	16.0
76	15.0	112	16.0
77	16.0	113	16.0
78	16.0	114	16.0
79	16.0	115	16.0
80	12.0	116	16.0
81	16.0	117	16.0
82	14.0	118	16.0
83	16.0	119	16.0
84	16.0	120	16.0
85	16.0	121	16.0
86	16.0	122	16.0
87	16.0	123	16.0
88	16.0	124	16.0
89	16.0	125	14.0
90	16.0	126	16.0
91	14.0	127	14.0
92	13.0	128	16.0
93	16.0	129	16.0
94	16.0	130	16.0
95	16.0	131	16.0
96	16.0	132	14.0
97	16.0	133	14.0
98	13.0	134	15.0
99	16.0	135	14.0
100	16.0	136	16.0
101	16.0	137	16.0
102	16.0	138	16.0
103	14.0	139	16.0
104	14.0	140	16.0
105	16.0	141	16.0
106	13.0	142	16.0
107	13.0	143	16.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
144	16.0	180	16.0
145	16.0	181	16.0
146	16.0	182	16.0
147	16.0	183	16.0
148	16.0	184	16.0
149	16.0	185	16.0
150	13.0	186	16.0
151	16.0	187	16.0
152	16.0	188	16.0
153	16.0	189	16.0
154	16.0	190	16.0
155	16.0	191	16.0
156	16.0	192	16.0
157	16.0	193	16.0
158	16.0	194	16.0
159	16.0	195	16.0
160	16.0	196	16.0
161	16.0	197	16.0
162	16.0	198	16.0
163	16.0	199	16.0
164	16.0	200	16.0
165	16.0	201	16.0
166	16.0	202	16.0
167	16.0	203	16.0
168	16.0	204	16.0
169	16.0	205	16.0
170	16.0	206	16.0
171	16.0	207	16.0
172	16.0	208	16.0
173	16.0	209	16.0
174	16.0	210	16.0
175	16.0	211	16.0
176	16.0	212	16.0
177	16.0	213	16.0
178	16.0	214	16.0
179	16.0	215	16.0

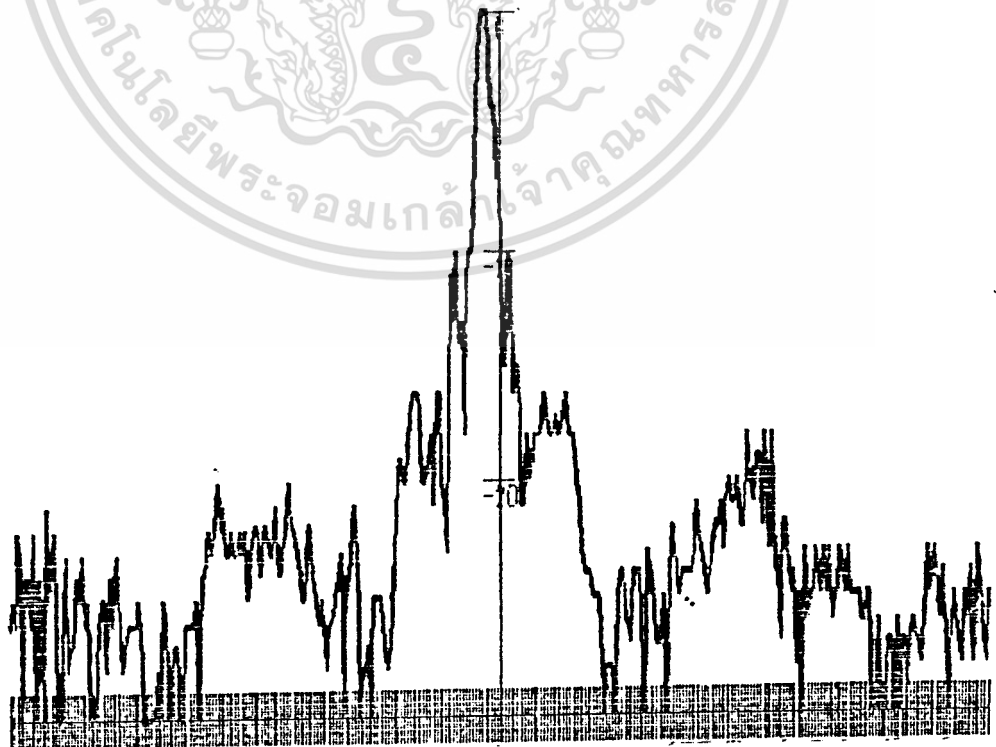
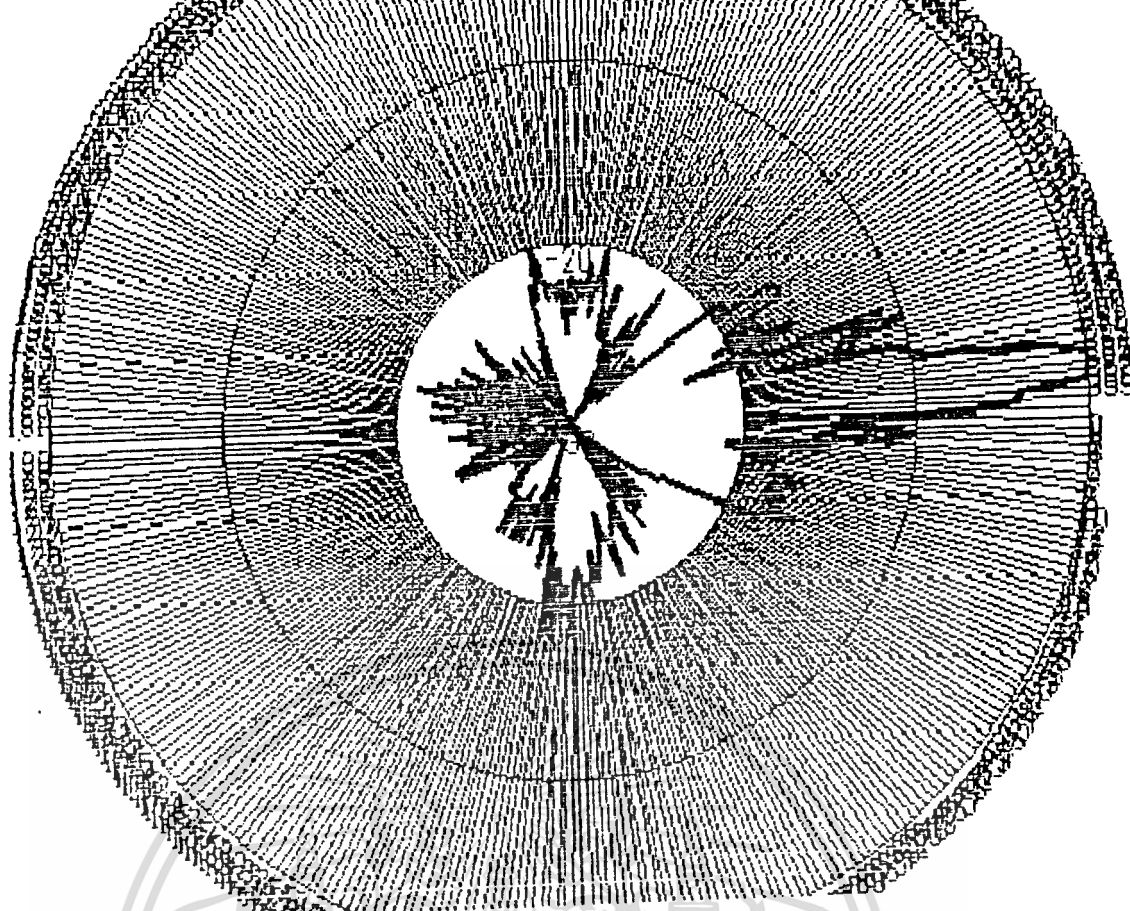
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
216	16.0	252	16.0
217	16.0	253	16.0
218	16.0	254	14.0
219	12.0	255	13.0
220	14.0	256	13.0
221	14.0	257	14.0
222	14.0	258	16.0
223	16.0	259	12.0
224	14.0	260	12.0
225	16.0	261	12.0
226	16.0	262	11.0
227	16.0	263	11.0
228	13.0	264	13.0
229	14.0	265	12.0
230	14.0	266	11.0
231	16.0	267	16.0
232	16.0	268	12.0
233	16.0	269	12.0
234	16.0	270	16.0
235	16.0	271	11.0
236	16.0	272	16.0
237	16.0	273	12.0
238	16.0	274	12.0
239	16.0	275	12.0
240	16.0	276	14.0
241	16.0	277	12.0
242	16.0	278	16.0
243	16.0	279	12.0
244	16.0	280	14.0
245	16.0	281	16.0
246	16.0	282	14.0
247	16.0	283	16.0
248	16.0	284	16.0
249	14.0	285	16.0
250	14.0	286	16.0
251	14.0	287	16.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
288	16.0	324	13.0
289	16.0	325	14.0
290	16.0	326	12.0
291	16.0	327	12.0
292	16.0	328	13.0
293	16.0	329	13.0
294	16.0	330	12.0
295	16.0	331	13.0
296	16.0	332	14.0
297	16.0	333	13.0
298	16.0	334	14.0
299	16.0	335	12.0
300	16.0	336	12.0
301	16.0	337	12.0
302	16.0	338	10.0
303	16.0	339	11.0
304	16.0	340	12.0
305	16.0	341	9.0
306	16.0	342	10.0
307	16.0	343	11.0
308	16.0	344	6.0
309	16.0	345	6.0
310	16.0	346	13.0
311	16.0	347	11.0
312	16.0	348	11.0
313	16.0	349	4.0
314	16.0	350	5.0
315	16.0	351	16.0
316	16.0	352	6.0
317	16.0	353	9.0
318	16.0	354	1.0
319	16.0	355	6.0
320	16.0	356	2.0
321	16.0	357	0.0
322	16.0	358	0.0
323	16.0	359	16.0
		360	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นรูปที่ 4.24 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้าของครีตา
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งระบบแคสซิเกรนนี้ทั้งระบบนี้ อ้างอิงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 21 แสดงข้อมูลการทดลองวัดหาแพทเทิร์นการกระจายคลื่นในแนว
 ครอสมิโรว์ไรเซชัน ของ ระบบแคสซีเกรน

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
0	4.0	36	14.0
1	9.0	37	15.0
2	12.0	38	16.0
3	10.0	39	16.0
4	8.0	40	14.0
5	11.0	41	14.0
6	16.0	42	13.0
7	16.0	43	13.0
8	11.0	44	14.0
9	12.0	45	16.0
10	13.0	46	16.0
11	16.0	47	16.0
12	16.0	48	16.0
13	16.0	49	16.0
14	16.0	50	16.0
15	12.0	51	16.0
16	12.0	52	16.0
17	16.0	53	16.0
18	16.0	54	16.0
19	16.0	55	16.0
20	16.0	56	16.0
21	16.0	57	16.0
22	13.0	58	16.0
23	11.0	59	16.0
24	11.0	60	14.0
25	12.0	61	16.0
26	12.0	62	16.0
27	11.0	63	16.0
28	10.0	64	16.0
29	14.0	65	16.0
30	13.0	66	13.0
31	12.0	67	16.0
32	12.0	68	13.0
33	12.0	69	14.0
34	13.0	70	16.0
35	16.0	71	15.0

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
72	15.0	108	16.0
73	16.0	109	16.0
74	16.0	110	16.0
75	16.0	111	16.0
76	12.0	112	16.0
77	16.0	113	16.0
78	14.0	114	16.0
79	16.0	115	16.0
80	16.0	116	16.0
81	16.0	117	16.0
82	16.0	118	16.0
83	16.0	119	16.0
84	16.0	120	16.0
85	16.0	121	14.0
86	16.0	122	16.0
87	14.0	123	14.0
88	13.0	124	16.0
89	16.0	125	16.0
90	16.0	126	16.0
91	16.0	127	16.0
92	16.0	128	14.0
93	16.0	129	14.0
94	13.0	130	15.0
95	16.0	131	14.0
96	16.0	132	16.0
97	16.0	133	16.0
98	16.0	134	16.0
99	14.0	135	16.0
100	14.0	136	16.0
101	16.0	137	16.0
102	13.0	138	16.0
103	13.0	139	16.0
104	14.0	140	16.0
105	12.0	141	16.0
106	13.0	142	16.0
107	16.0	143	16.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
144	16.0	180	16.0
145	16.0	181	16.0
146	13.0	182	16.0
147	16.0	183	16.0
148	16.0	184	16.0
149	16.0	185	16.0
150	16.0	186	16.0
151	16.0	187	16.0
152	16.0	188	16.0
153	16.0	189	16.0
154	16.0	190	16.0
155	16.0	191	16.0
156	16.0	192	16.0
157	16.0	193	16.0
158	16.0	194	16.0
159	16.0	195	16.0
160	16.0	196	16.0
161	16.0	197	16.0
162	16.0	198	16.0
163	16.0	199	16.0
164	16.0	200	16.0
165	16.0	201	16.0
166	16.0	202	16.0
167	16.0	203	16.0
168	16.0	204	16.0
169	16.0	205	16.0
170	16.0	206	16.0
171	16.0	207	16.0
172	16.0	208	16.0
173	16.0	209	16.0
174	16.0	210	16.0
175	16.0	211	16.0
176	16.0	212	16.0
177	16.0	213	16.0
178	16.0	214	16.0
179	16.0	215	12.0

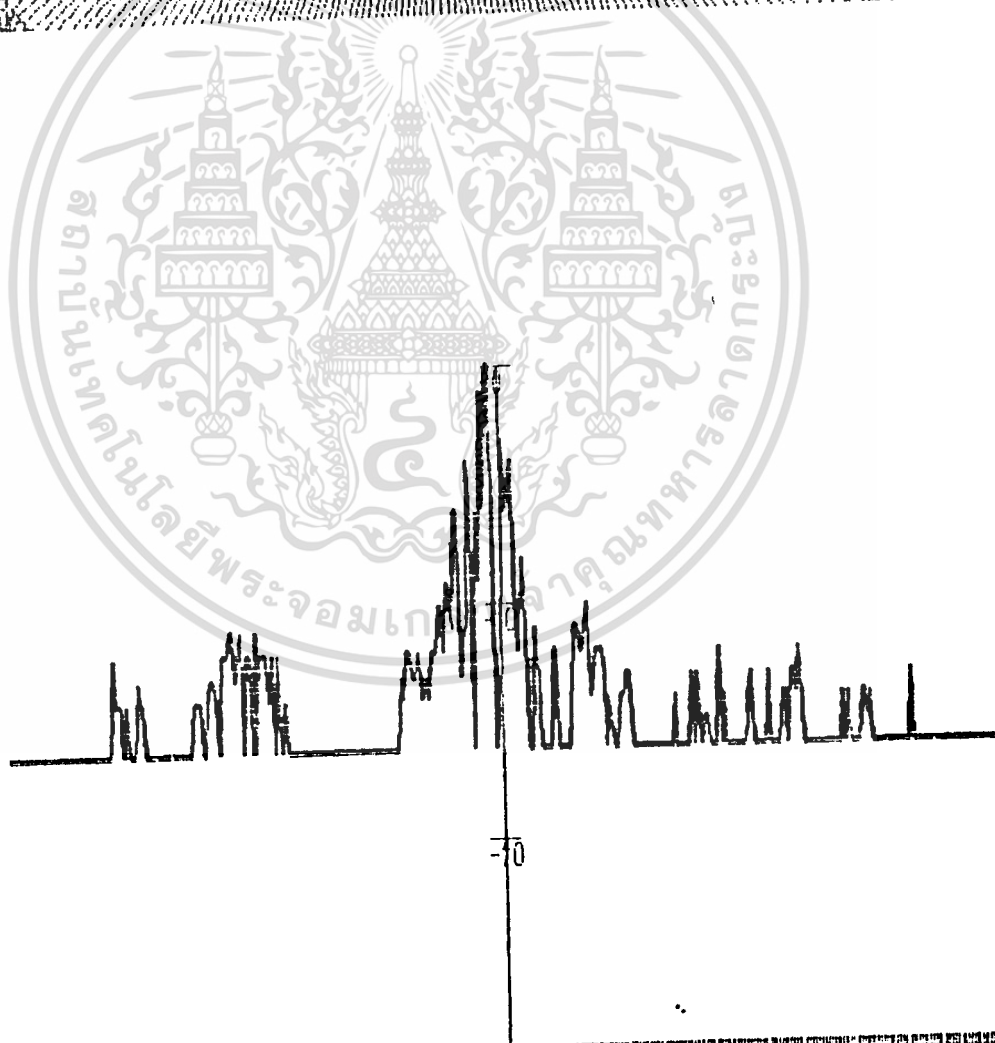
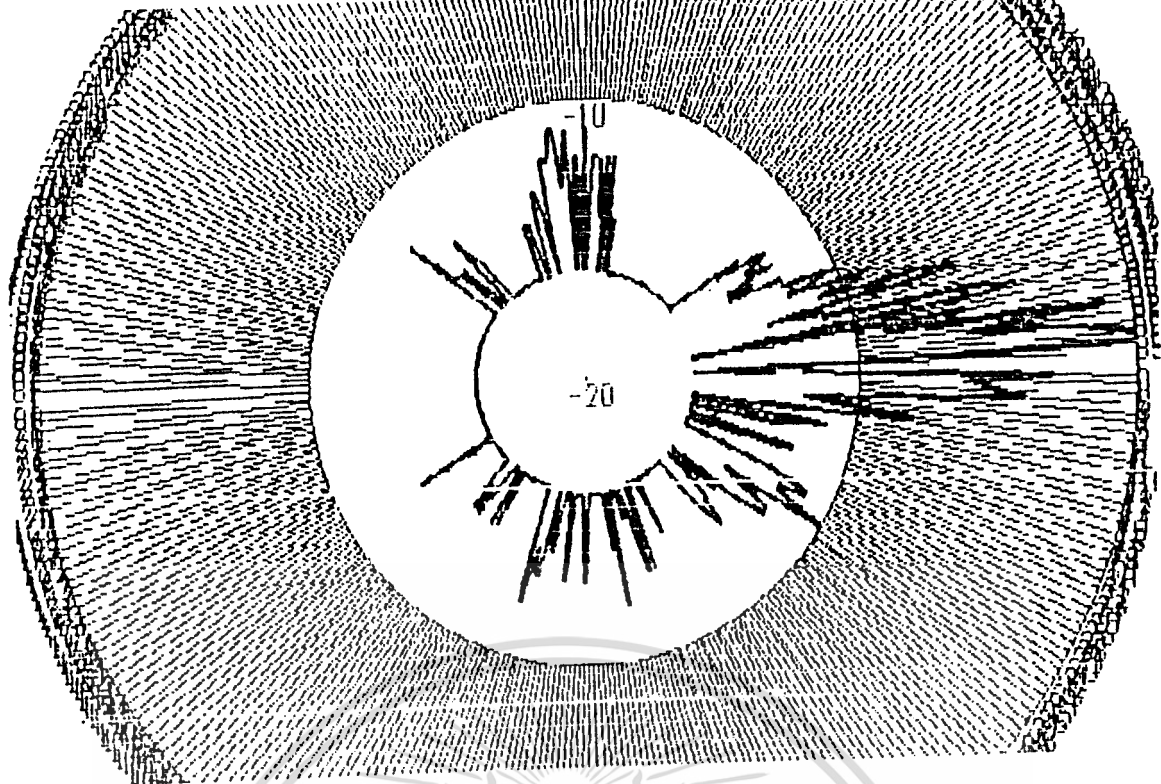
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่รับได้ (-dB)
216	14.0	252	13.0
217	14.0	253	14.0
218	14.0	254	16.0
219	16.0	255	12.0
220	14.0	256	12.0
221	16.0	257	12.0
222	16.0	258	11.0
223	16.0	259	11.0
224	13.0	260	13.0
225	14.0	261	12.0
226	14.0	262	11.0
227	16.0	263	16.0
228	16.0	264	12.0
229	16.0	265	12.0
230	16.0	266	16.0
231	16.0	267	11.0
232	16.0	268	16.0
233	16.0	269	12.0
234	16.0	270	12.0
235	16.0	271	12.0
236	16.0	272	14.0
237	16.0	273	12.0
238	16.0	274	16.0
239	16.0	275	12.0
240	16.0	276	14.0
241	16.0	277	16.0
242	16.0	278	14.0
243	16.0	279	16.0
244	16.0	280	16.0
245	14.0	281	16.0
246	14.0	282	16.0
247	14.0	283	16.0
248	16.0	284	16.0
249	16.0	285	16.0
250	14.0	286	16.0
251	13.0	287	16.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)	องศาที่	สัญญาณที่ได้รับได้ (-dB)
288	16.0	324	13.0
289	16.0	325	13.0
290	16.0	326	12.0
291	16.0	327	13.0
292	16.0	328	14.0
293	16.0	329	13.0
294	16.0	330	14.0
295	16.0	331	12.0
296	16.0	332	12.0
297	16.0	333	12.0
298	16.0	334	10.0
299	16.0	335	11.0
300	16.0	336	12.0
301	16.0	337	9.0
302	16.0	338	10.0
303	16.0	339	11.0
304	16.0	340	6.0
305	16.0	341	6.0
306	16.0	342	13.0
307	16.0	343	11.0
308	16.0	344	11.0
309	16.0	345	4.0
310	16.0	346	5.0
311	16.0	347	16.0
312	16.0	348	6.0
313	16.0	349	9.0
314	16.0	350	1.0
315	16.0	351	6.0
316	16.0	352	2.0
317	16.0	353	0.0
318	16.0	354	0.0
319	16.0	355	16.0
320	13.0	356	13.0
321	14.0	357	0.0
322	12.0	358	0.0
323	12.0	359	0.0
		360	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 แสดงกราฟแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในแนวโครสโพราไรซ์ของระบบแคลซิเอน ทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และที่ยังอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์ และ สรุป

สามารถที่จะทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยการแบ่งผลการวิเคราะห์ออกได้เป็น 3 กรณี คือ

- กรณีที่ 1 เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับ คอลลูเกต ฮอว์น
- กรณีที่ 2 เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับ คอลลูเกต ฮอว์น และ ซับรีเฟล็กเตอร์
- กรณีที่ 3 เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับ ระบบแครสซิเกรน

5.1 คอลลูเกต ฮอว์น

(CORRUGATED HORN)

จากผลการทดลอง บีมวิทที่ระดับ -10 dB ก็มีค่าในระนาบสนามไฟฟ้าเท่ากับ 55 องศา และในระนาบสนามแม่เหล็กมีค่าเท่ากับ 47 องศา จะเห็นว่าแพทเทอร์น ที่วัดได้มีความสมมาตรใกล้เคียงกัน ค่า ครอสม โพรราไรซ์ มีค่าสูงสุดในทิศทางเดียวกับ บีมหลัก (Main Beam) แต่มีค่าต่ำกว่ามาก ดังนั้นจึงไม่ก่อให้เกิด ไซด์โลบ มากนัก ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี และจากการทดลองหา แพทเทอร์นของ คอลลูเกต ฮอว์น ปรากฏว่า แพทเทอร์นที่วัดได้สมมาตรทั้งในแนวระนาบสนามไฟฟ้า และแนวระนาบสนามแม่เหล็ก ซึ่งก็เป็นไปตามทฤษฎี อีกทั้ง ไซด์โลบ ก็ยังมีค่าน้อย และ โลบด้านหลัง ก็มีค่าน้อยด้วยเช่นกัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่า คอลลูเกต ฮอว์น ที่ทำการออกแบบไว้ สามารถใช้งานได้จริงตามทฤษฎี

5.2 คอลลูเกต ฮอว์น ร่วมกับ ซับ รีเฟล็กเตอร์

(CORRUGATED-HORN WITH SUB-REFLECTOR)

ผลการทดลองจะสามารถทำการวิเคราะห์เฉพาะ รูปที่ 4.17--4.25 เป็นหลัก

จากการทดลอง แพทเทอร์นของระนาบสนามไฟฟ้าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งจะสามารถนำมาวิเคราะห์ผลการทดลองได้ ดังนี้

รูปที่ 4.17 ในช่วง $0 - 180$ องศา สามารถแบ่งเป็นช่วงย่อยได้ ดังนี้

- ช่วง 0-15 องศา สัญญาณที่รับได้จะเกิดการลดทอนลง ทั้งนี้เนื่องมาจาก ฟีดฮอร์น ไปบัง (Blocking) สัญญาณที่สะท้อนออกมาจาก ชับดิช เข้าไปสู่ เมนดิช
- ช่วง 15-65 องศา ซึ่งจะเป็นช่วง ไอโซโทรปิก (Isotropic) คือ คลื่นที่สะท้อนจะตกในบริเวณนี้มาก
- เมื่อเลยช่วง 65 องศา ไปแล้วจะเป็นส่วนของ สปิลโอเวอร์ (spillover) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ในแต่ละส่วนย่อยของช่วงนี้ได้ โดยตั้งแต่ 65 องศา ถึงประมาณ 90 องศา เป็น แรร์สปีลโอเวอร์ รีเจียน (rear spillover region) ซึ่งเป็นช่วงที่เลยขอบ ชับดิช ไประดับสัญญาณของสนามไฟฟ้าที่ได้รับจึงลดลงอย่างรวดเร็ว และตั้งแต่ช่วง 90 -180 องศา จะเป็น ฟอว์เวิร์ดสปีลโอเวอร์ รีเจียน (forward spillover region) ซึ่งจะมีค่าสูงสุดที่ประมาณ 175 องศา อันเป็นผลมาจาก ดิฟแฟรคชั่น (diffraction) ของคลื่น

อนึ่ง ช่วงตั้งแต่ 80-145 องศา กราฟที่ได้ควรจะมีค่าลดลงต่ำกว่านี้ เพราะเป็นช่วงของ สปีลโอเวอร์ แต่ผลที่ได้มีค่ามากพอควรทั้งนี้เกิดจาก โลบหลังของฮอร์นไปทำให้เกิดกระแสบน เมนดิช ทำให้สะท้อนคลื่นออกมาอีกส่วนหนึ่งด้วย

รูปที่ 4.18 และ รูปที่ 4.19 ก็ให้ผลเช่นเดียวกันกับ รูปที่ 4.17 จึงใช้หลักการวิเคราะห์อย่างเดียวกัน

รูปที่ 4.20, 4.21, 4.22 แสดงค่า ครอสม โพรราไรซ์ ซึ่งมีค่าสูงสุดที่ประมาณ -40 dB ซึ่งถือว่ามีย่าน้อยมากเมื่อเทียบกับเมนโลบใน co-polarization ดังนั้นจึงไม่มีผลต่อ ไซดโลบ พรินซิพอล เพลน (principle plane) มากนัก

5.3 ระบบ แครสซีเกรน

(CASSEGRAIN SYSTEM)

พิจารณาระบบ แครสซีเกรน ทั้งระบบ แพทเทอร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็ก และในระนาบสนามแม่ไฟฟ้าเป็นดังรูปที่ 4.23 และ รูปที่ 4.25 ตามลำดับ ดังนั้นจะพิจารณาทีละรูปได้ดังนี้

- รูปที่ 4.23 เมนโลบที่ระดับ -10 dB มีค่าบีมวิทประมาณ 11 องศา และมีโลบหลังน้อยมาก โลบหลักจะมีค่ามากกว่าโลบข้างประมาณ 10 dB
- รูปที่ 4.25 เมนโลบที่ระดับ -10 dB มีค่าบีมวิทประมาณ 9 องศา และมีโลบหลังน้อยมากเช่นกัน โลบหลักจะมีค่ามากกว่าโลบข้างประมาณ 10 dB

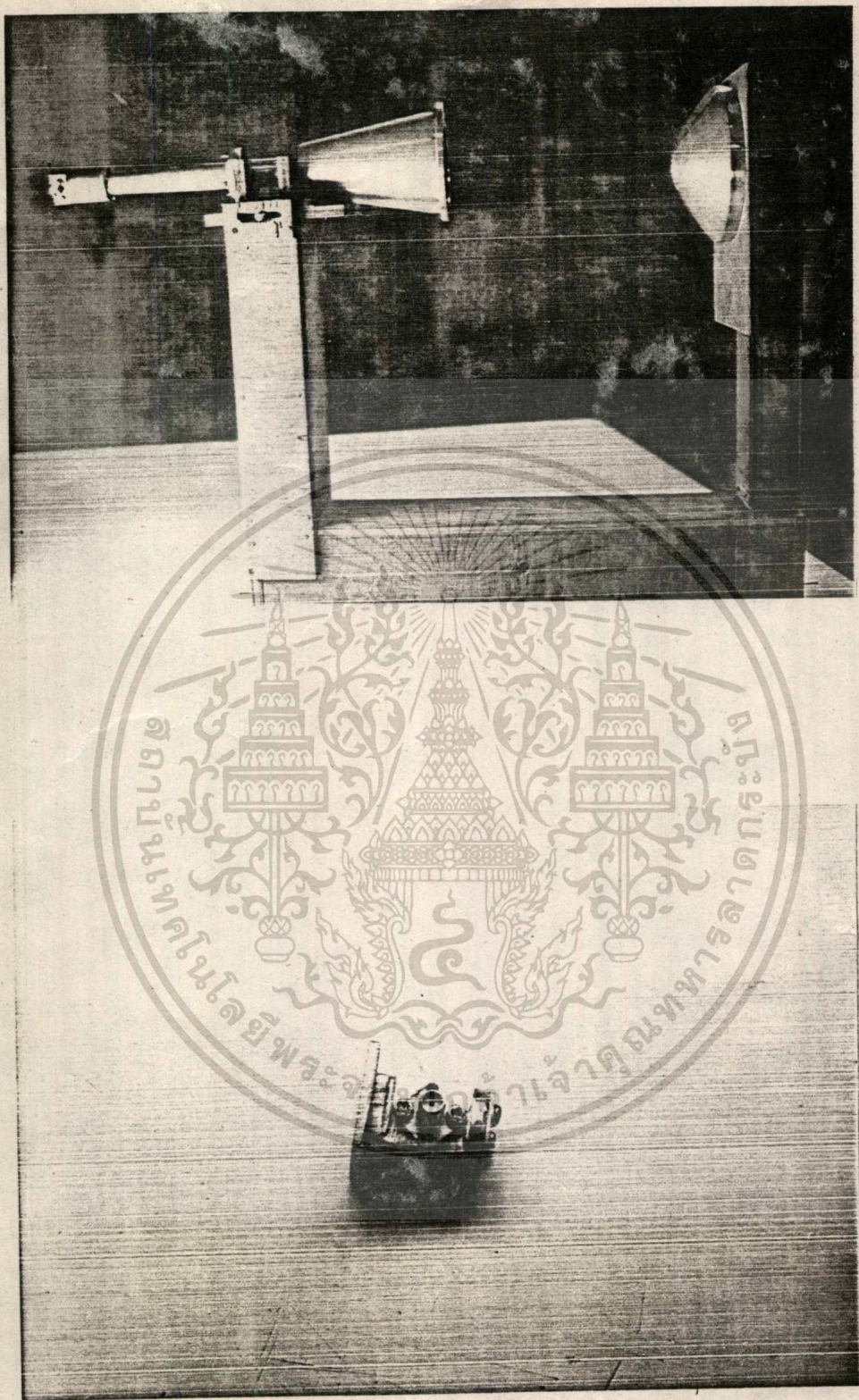
จะเห็นว่า แพทเทิร์นการกระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้า และ แพทเทิร์นการกระจายคลื่นในสนามแม่เหล็กมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก ทั้งนี้เพราะเราใช้ คอลลูเกต ฮอ์น เป็นตัวพีด นั้นเอง

- รูปที่ 4.24 จะเป็นการกล่าวถึง ค่า cross-polarization ซึ่งมีลักษณะตามทฤษฎี คือ มีค่าลดต่ำที่ 0 องศา และค่อยๆสูงขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 2 โลบที่แคบมากใกล้ๆกับบริเวณ 0 องศา

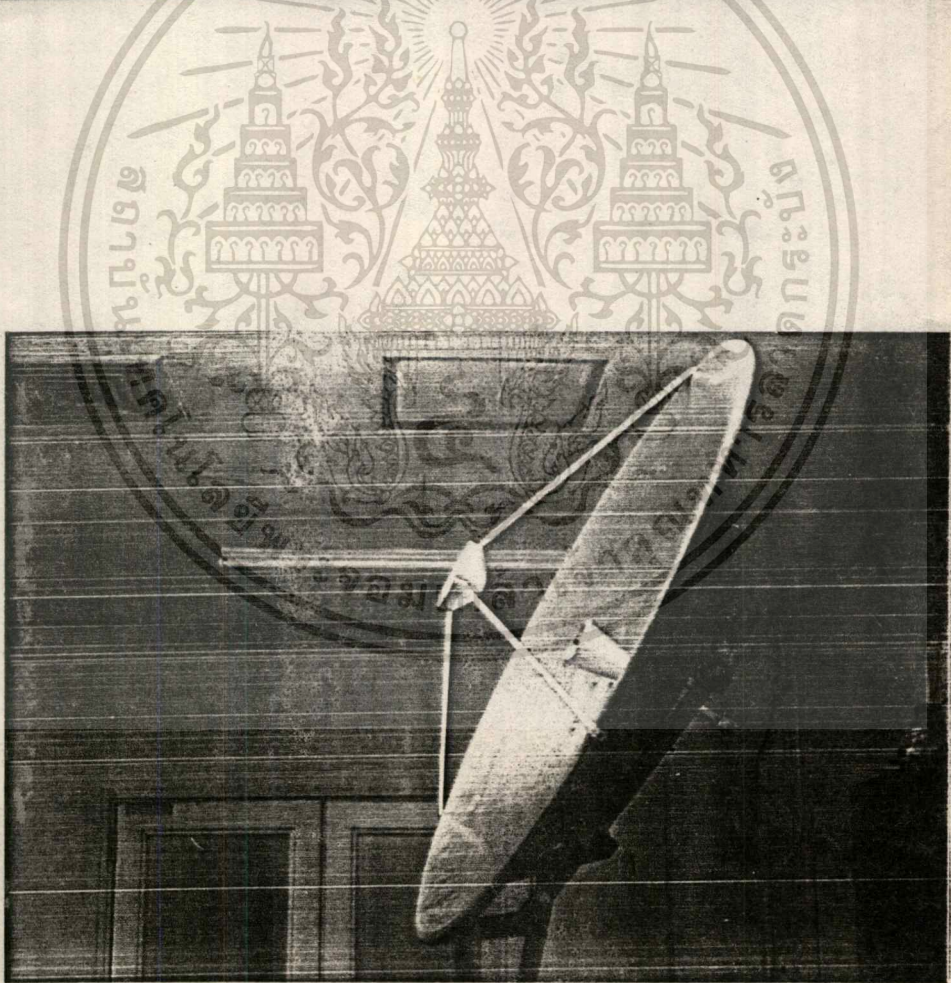
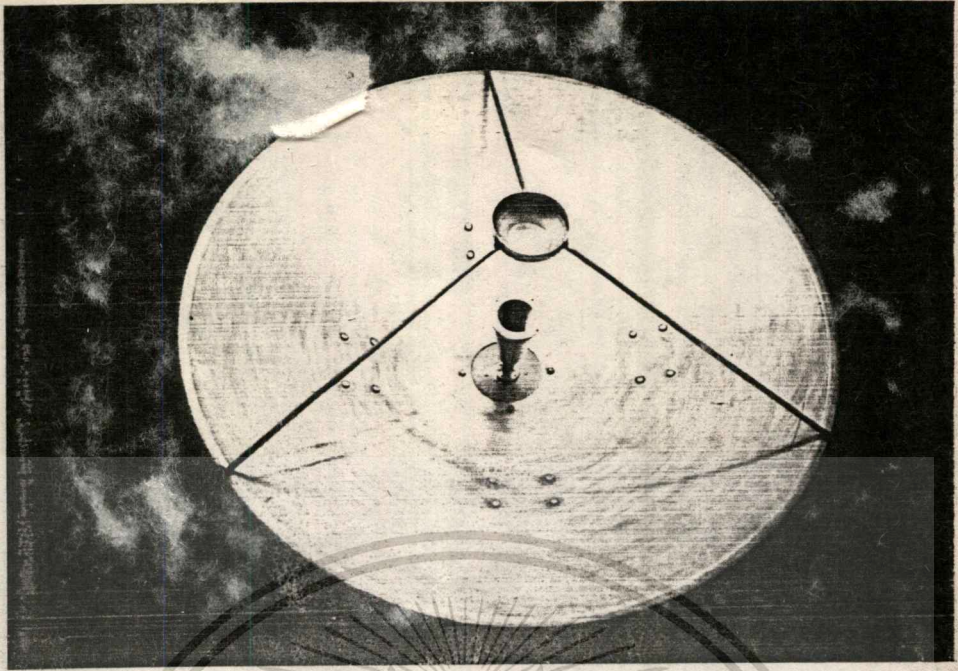
ในการทดลองนี้ มีความยุ่งยากพอสมควรในด้านอุปกรณ์ต่างๆ เพราะว่า เป็นย่านความถี่ที่ยังไม่นิยมใช้กัน อุปกรณ์บางส่วนต้องสร้างขึ้นเองทำให้เกิดค่าผิดพลาดขึ้น เริ่มตั้งแต่ตัวเชื่อมระหว่างคอลลูเกต ฮอ์น ซึ่งเป็น เซอคูลาร์ เวฟไกด์ กับ ท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยม นอกจากนี้ยังต้องสร้าง ดีเทคเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็น เวฟไกด์ ทู โคแอก (Waveguide to coax) อุปกรณ์จำพวกนี้ต้องมีความละเอียดในการสร้างพอสมควร ปัญหาอีกประการหนึ่งก็คือ ช่วงแรกของการทดลองได้ออกแบบไว้ให้ใช้ กันน์ ไดโอด (Gunn diode) เป็น ซอร์ส (source) แต่จากการใช้สเปกตรัม อนุไลเซอร์ ตรวจจับความถี่ที่ กันน์ไดโอด ปล่อยคลื่นออกมา ปรากฏว่า ความถี่ที่ กันน์ ไดโอด ปล่อยออกมาสูงถึง 23 GHz ซึ่งเกินย่านความถี่ที่เราออกแบบไว้ จึงเปลี่ยนไปใช้ ซอร์ส ตัวใหม่ ซึ่งมีกำลังต่ำกว่ามาก ดังนั้นการทดลองนี้ จึงไม่สามารถทดลองที่ สนามระยะไกล (far field) จริงๆ ซึ่งสนามระยะไกลจากการคำนวณจะต้องมีระยะประมาณ 80 เมตร แต่ที่ทำการทดลองเมื่อเกิน 10 เมตร ขึ้นไประดับสัญญาณก็เกือบจะตรวจจับไม่ได้ ดังนั้นผลที่ได้ อาจจะคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไปบ้าง



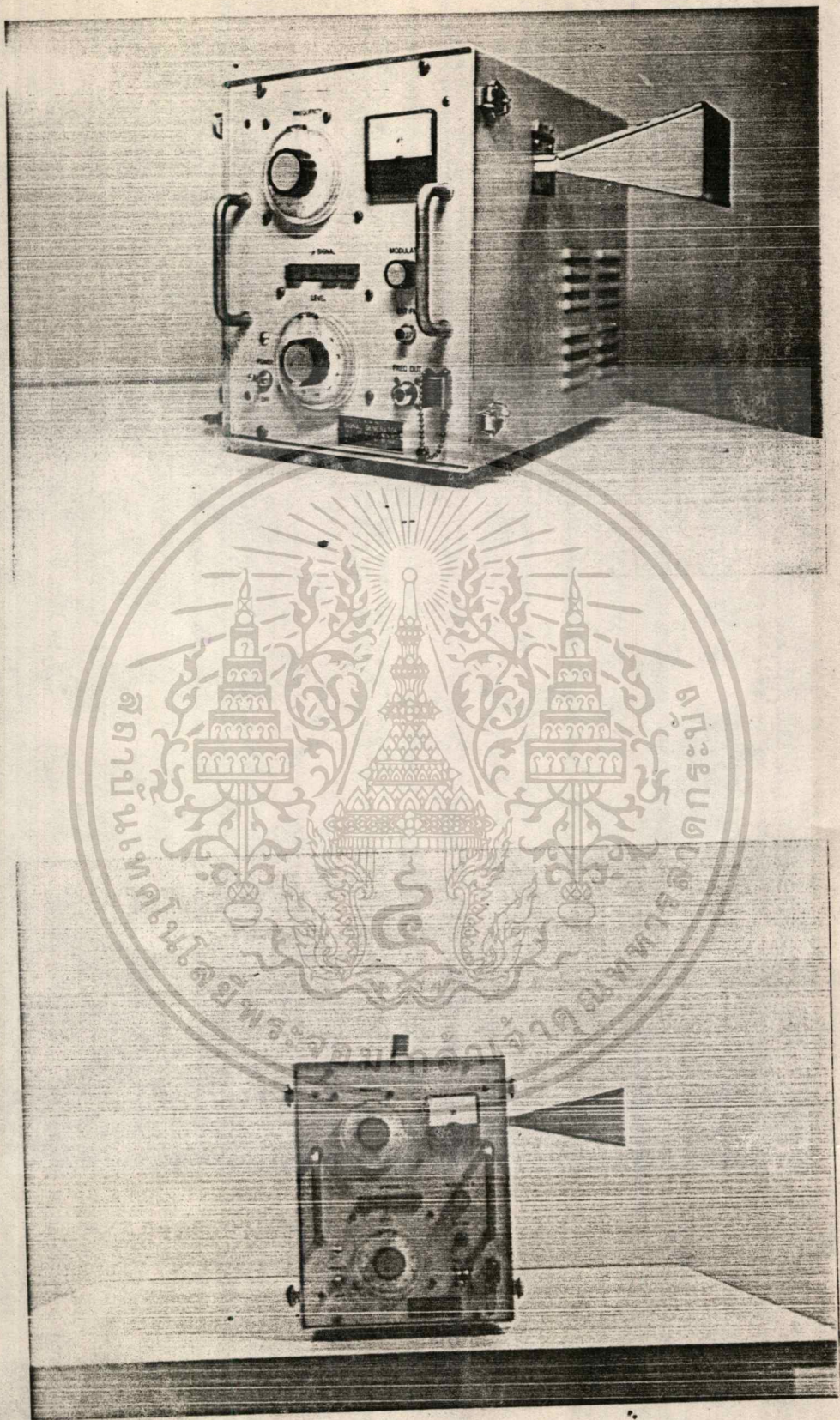
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



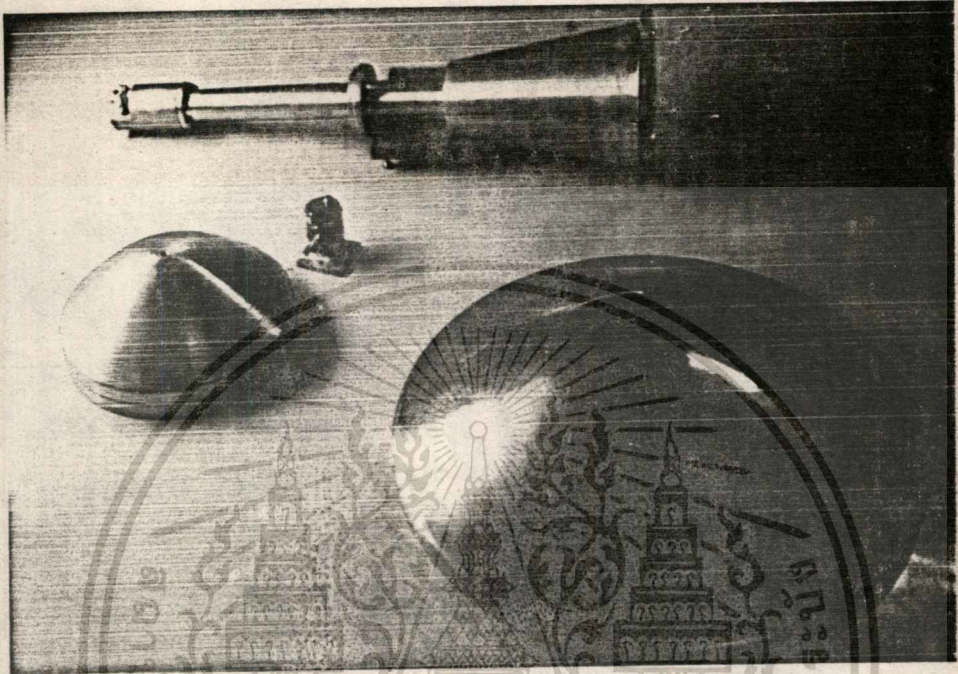
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ห้ามนำไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีได้ ถ้าหากไม่ได้รับความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษาทั้ง 2 ท่าน คือ ผ.ศ. โมไนย ไกรฤกษ์ และ อาจารย์ กิตติชัย พานิชปฐมพงศ์ ซึ่งอาจารย์ได้ให้คำปรึกษา และคำแนะนำ พร้อมทั้งแนวความคิดต่างๆที่เกี่ยวกับโครงงาน " สายอากาศแบบแคสซิเกรน " นี้ จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาทั้ง 2 ท่านไว้ ณ.ที่นี้ นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่าน และเพื่อนนักศึกษาทุกคนที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาเกี่ยวกับการทำงานต่างๆ จนโครงงานชิ้นนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



หนังสืออ้างอิง

ก. เอกสารอ้างอิงที่เป็นวารสารภาษาอังกฤษ จัดเรียงลำดับดังนี้

1. Bruce Mac A. Thomas, " Antenna design notes ", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol.AP-26, No.2, 1978, pp.367-372
2. Cral A. Mentzer and Leon Peters, " Pattern Analysis of Corrugated Horn Antennas ", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol.AP-24, No.3, 1976, pp.304-309
3. Cral A. Mentzer and Leon Peters, " Properties of Cutoff Corrugated Surfaces for Corrugated Horn Design ", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol.AP-22, No.2, 1974, pp.191-195
4. Isao Ohtera and Hiroshi Ujiie, " Communications ", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 1975, pp.858-859

ข. เอกสารอ้างอิงที่เป็นหนังสือภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

จัดเรียงลำดับดังนี้

1. โมไนย ไกรฤกษ์ และวิวัฒน์ กิรานนท์, "ทฤษฎีสายอากาศ", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 239 หน้า, 2531
2. Constantine A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design", John Wiley & Sons, 790 P., 1982.
3. A.W. Love, " Reflector Antennas ", John Wiley & Sons, 425 P., 1987.