



เรื่อง การออกแบบการทดสอบสายอากาศ (ระยะไกล)  
DESIGN OF ANTENNA MEASUREMENT SYSTEM(FAR FIELD)



โดย  
นาย ทรายชัย แสงนิยม  
นาย สมหวัง เดชะทรงเดช

.....ที่ มอดุณ นที  
.....ศูนย์เทคโนโลยี  
.....สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

034945

เรื่อง การออกแบบการทดสอบสายอากาศ (ระยะไกล)  
DESIGN OF ANTENNA MEASUREMENT SYSTEM(FAR FIELD)

โดย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2537

ภาควิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบการทดสอบสายอากาศ (ระยะไกล)

ผู้จัดทำ

1 นาย ศราชัย แสงนิยม

2 นาย สมหวัง เดชะทรงเดช



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ดร. ไม่น้อย ไกรฤกษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบทดสอบสายอากาศ(ทดสอบระยะไกล)  
DESIGN OF ANTENNA MEASUREMENT SYSTEM(FAR FIELD)

โดย : ศราชัย แสงนิยม  
สมหวัง เดชะทรงเดช

อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.โมไนย ไกรฤกษ์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการทำซอฟต์แวร์เกี่ยวกับการรับค่าข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวิเคราะห์ความถี่ และนำข้อมูลที่ได้อไปพล็อตเป็นรูปภาพในแบบที่ต้องการ ได้แก่

-แบบกราฟวงกลม

-แบบกราฟเส้นตรง

ซึ่งจะแสดงผลออกมาทางจอแสดงผล แล้วสามารถพิมพ์ออกมาโดยเครื่องพิมพ์ ได้

การเขียนซอฟต์แวร์นี้จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ภาษาซี และ การใช้การ์ดอินเตอร์เฟส ซึ่งจะมีคำสั่งพิเศษต่างๆเพิ่มเติมเข้ามาและต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องวิเคราะห์ความถี่พอสมควร

Abstract

This project is discussed about software that can be used for received data , measured from Spectrum Analyzer .We can display the result of measured data either monitor or printer. The result show on printer or monitor can be 2 types.

- Polar Plot

- Rectangular Plot

Writing this program , We must be concerned about C-programing and GPIB-card which we must have new group of special command.Before writing this program,we must have been understood about the application of Spectrum Analyzer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

บทที่1 บทนำ	1
บทที่2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่3 IEEE 488 (GPIB)	6
การเชื่อมต่อโดยใช้ INTERFACE BUS IEEE 488 (GPIB)	10
บทที่4 การทดสอบสายอากาศระยะไกล	23
บทที่5 แพทเทิร์นของการแพร่กระจายคลื่น	49
บทที่6 การทดลอง เงื่อนไขการทดลอง และผลการทดลอง	61
ผลการทดลองที่ 1	61
ผลการทดลองที่ 2	84
บทที่7 สรุปและวิจารณ์	93
บทแทรก โปรแกรมที่ใช้ทั้งหมด	94
กิตติกรรมประกาศ	109
เอกสารอ้างอิง	110



## บทที่ 1

### บทนำ

ในโครงการนี้เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบสายอากาศในระยะไกล (Far Field ) โดยจะเน้นที่การพล็อตแพทเทิร์นของสายอากาศที่นำมาทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งจะต้องมีส่วนที่เพิ่มเติมขึ้นมาคือ

1) การ์ดที่ใช้ในการอินเตอร์เฟสระหว่างตัวเครื่องวิเคราะห์ความถี่กับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการรับข้อมูล

2) แท่นหมุน(Turtable) เป็นส่วนที่จะใช้ในการหมุนสายอากาศ ซึ่งสามารถควบคุมการหมุนจากคอมพิวเตอร์ได้

ขั้นตอนการทำงานทั้งหมดประกอบด้วย

1) แท่นหมุนจะหมุนทีละองศา ในขณะที่เสาที่ทำการทดสอบส่งค่าที่รับมาได้มาให้แก่เครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์ซึ่งเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์จะทำการเก็บค่าข้อมูลที่รับได้ลงไปไว้ในไฟล์ที่กำหนดไว้ จนครบ 360 ค่า (360 องศา)

2) เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการอ่านค่าข้อมูลทั้ง 360 ค่าที่เก็บไว้ในไฟล์ออกมาเพื่อทำการพล็อตกราฟในลักษณะที่ต้องการ 2 แบบ ได้แก่

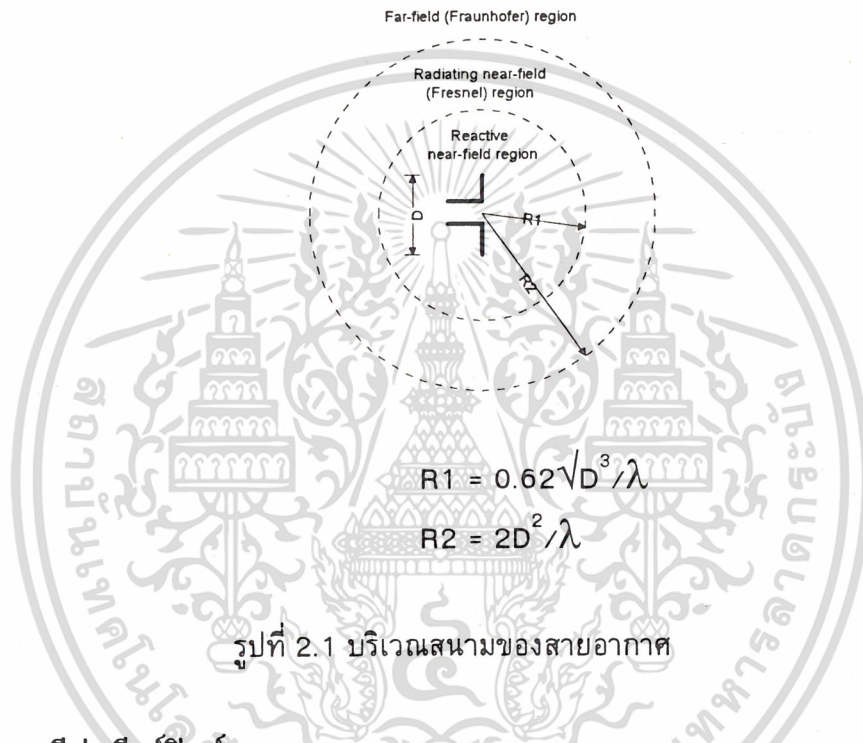
-แบบกราฟวงกลม

-แบบกราฟเส้นตรง

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### บริเวณสนาม

พื้นที่รอบๆ สายอากาศ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 บริเวณ ได้แก่ รีแอกทีฟเนียร์ฟิลด์ (reactive near-field), เรดิเอตติ้ง เนียร์ฟิลด์ (radiating near-field ; Fresnel) และฟาร์ฟิลด์ (far-field ; Fraunhofer) แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บริเวณสนามของสายอากาศ

### บริเวณรีแอกทีฟ เนียร์ฟิลด์ (reactive near-field region)

เป็นบริเวณสนามที่อยู่รอบๆ ใกล้ตัวสายอากาศมากที่สุด ซึ่งบริเวณนี้พลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อระยะห่างจากสายอากาศเพิ่มขึ้นจึงแทบจะไม่มีการแพร่กระจายคลื่นเกิดขึ้นในบริเวณนี้ สำหรับสายอากาศโดยทั่วๆ ไป ขอบเขตของบริเวณนี้จะกำหนดไว้ที่ระยะ  $R < 0.62 \sqrt{D^3 / \lambda}$  จากพื้นผิวของสายอากาศ เมื่อ  $\lambda$  แทนความยาวคลื่น และ  $D$  แทนขนาดที่ใหญ่ที่สุดของสายอากาศ

### บริเวณเรดิเอตติ้งเนียร์ฟิลด์ (radiating near-field region)

เป็นบริเวณสนามที่มีการแพร่กระจายคลื่นสัมพันธ์กับระยะทางจากสายอากาศ โดยเราจะทำการวัดสนามระยะใกล้ของสายอากาศในบริเวณนี้ และแปลงข้อมูล ที่ได้จากการวัดโดยใช้การแปลงทางคณิตศาสตร์ ไปเป็นข้อมูลของสนามระยะไกล สำหรับขอบเขตบริเวณนี้อยู่ระหว่างระยะ  $R \geq$

$$0.62\sqrt{D^3/\lambda} \text{ กับระยะ } R < 2D^2/\lambda$$

### บริเวณฟาร์ฟิลด์ (far-field region)

เป็นบริเวณสนามที่มีการแจกแจงเชิงมุมไม่ขึ้นกับระยะทางจากสายอากาศตั้งนั้นจึงใช้บริเวณนี้สำหรับทดสอบการวัดโดยตรงจากสนามระยะไกล ซึ่งจะวัดที่ระยะห่าง  $R > 2D^2/\lambda$  จากสายอากาศ สำหรับขอบเขตบริเวณนี้จะเริ่มตั้งแต่  $R = 2D^2/\lambda$  ไปจนถึงจุดอินฟินิตี้ (infinity)

### การแบ่งขอบเขตสนาม

ก่อนที่จะพยายามหาสนามการแพร่กระจายของไดโพลที่มีความยาวจำกัดในแต่ละความยาวนั้นจำเป็นต้องรู้ลักษณะของสนามทั้ง 3 ก่อนดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว จากสมการ

$$A(x, y, z) = \frac{\mu}{4\pi} \int_V \mathbf{I}_c(x', y', z') \frac{e^{-jkR}}{R} dV' \quad (2-1)$$

ซึ่ง

$$R = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2} \quad (2-2)$$

ในเสาอากาศแบบ ไดโพลจิว ( $l \ll \lambda$ ) เราจะได้  $R = r$  และใน ไดโพลเล็ก ( $l \leq \lambda/10$ ) เราจะได้  $R \approx r$

เราจะพิจารณาจากไดโพลพอมมากตัวหนึ่งที่มีความยาวเป็น  $l$  วางที่ตำแหน่งจุดกำเนิดโดยวางตามแนวแกน  $z$  ดังรูป (2.2) จากที่เป็นไดโพลพอมมาก ๆ ดังนั้นเราจึงสมมติว่า  $x'=y'=0$  ซึ่งเราจะได้ว่า

$$R = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2} = \sqrt{x^2 + y^2 + (z-z')^2} \quad (2-3)$$

ทำการกระจายสมการจะได้

$$R = \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2) + (-2zz' + z'^2)} = \sqrt{r^2 + (-2rz' \cos \theta + z'^2)} \quad (2-4)$$

ซึ่ง

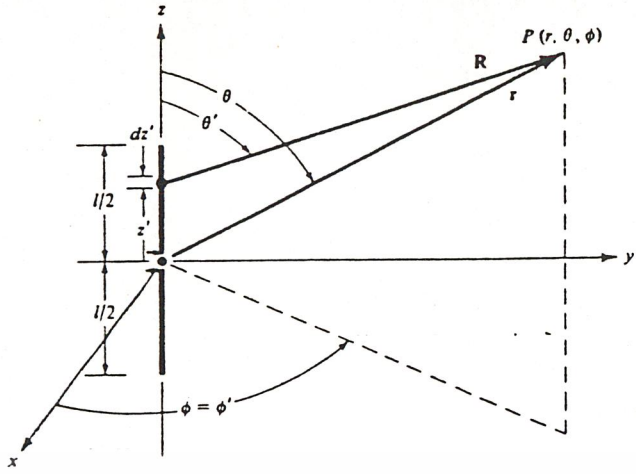
$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2 \quad (2-5)$$

$$z = r \cos \theta \quad (2-6)$$

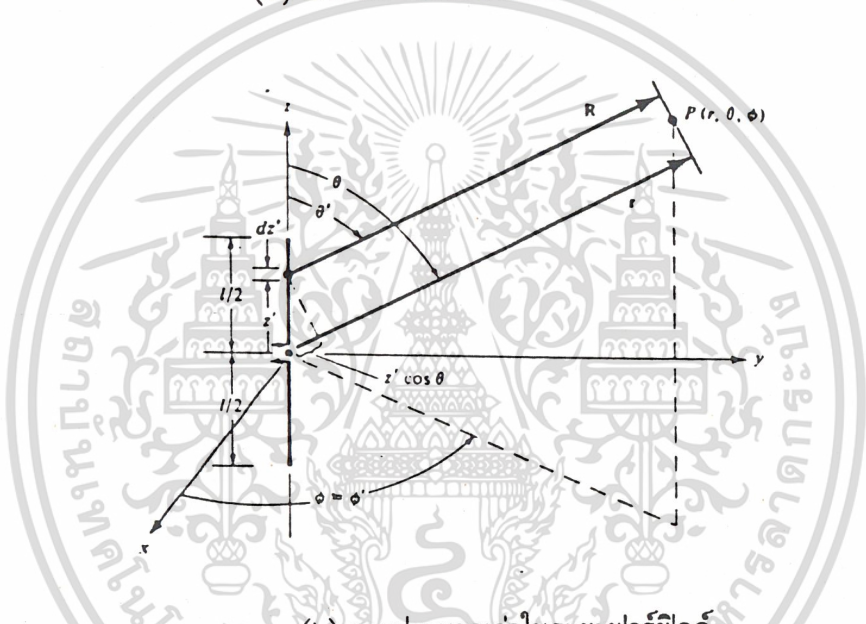
จากนั้นจะกระจายสมการโดยใช้ การกระจายแบบไบนอมิเยล (binomial expansion) จะได้ว่า

$$R = r - z' \cos \theta + \frac{1}{r} \left( \frac{z'^2}{2} \sin^2 \theta \right) + \frac{1}{r^2} \left( \frac{z'^3}{2} \cos \theta \sin^2 \theta \right) + \dots \quad (2-7)$$

โดยเทอมที่สูงขึ้นไปนั้นจะมีค่าน้อยลงเรื่อยๆ เนื่องจาก  $r \gg z'$  ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) ลักษณะของไดโพลที่มีความยาวจำกัด



(b) การประมาณค่าในระยะฟาร์ฟิลด์

รูปที่ 2.2 ลักษณะของไดโพลที่มีความยาวจำกัดและการประมาณค่าในระยะฟาร์ฟิลด์  
 การพิจารณาขอบเขตของ Far-Field

ในสนามระยะไกลนั้นการประมาณค่า R เราจะได้ว่า

$$R \approx r - z' \cos \theta \tag{2-8}$$

ค่า R จะประมาณเพียง 2 เทอมเท่านั้น เนื่องจาก  $r \gg z'$  โดยเทอมที่ตัดออกและสำคัญที่สุดนั้น จะเป็นเทอมที่ 3 โดยมีค่าสูงสุดคือ

$$\text{เมื่อ } \theta = \pi/2 \tag{2-9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเทอมที่ 4 และเทอมอื่นๆที่สูงกว่าจะหายไปด้วยเมื่อ  $\theta = \pi/2$  นั่นคือที่  $\theta = \pi/2$  จะเกิดค่าผิดพลาดสูงสุด (maximum error)

ในส่วนของค่าเฟสผิดพลาดสูงสุด (maximum total phase error) นั้นมาตรฐานกำหนดให้ว่าจะต้องเท่ากับหรือน้อยกว่า  $\pi/8$  (22.5) ดังนั้น

$$\frac{k(z')^2}{2r} \leq \frac{\pi}{8} \quad (2-10)$$

โดยที่  $-1/2 \leq z' \leq 1/2$  และ  $k = 2\pi/\lambda$

จะได้ว่า

$$r \geq 2D^2/\lambda \quad (2-11)$$

การประมาณค่าใน Far-Field

$R \approx r - z' \cos \theta$  สำหรับเฟส

แล้ว  $R \approx r$  สำหรับขนาด

เมื่อ  $\theta$  เป็นมุมที่ทำกับแกน  $z$  ในรูปที่ เวกเตอร์  $R$  และ  $r$  จะขนานกันไปและถ้า  $D$  เป็นขนาดที่ใหญ่ที่สุดของเสาอากาศก็จะได้จุดสังเกตในระยะ Far-Field เป็น  $r \approx 2D^2/\lambda$

### บทที่ 3

#### IEEE-488 (GPIB)

#### โครงสร้างของ IEEE-488

ในระบบพื้นฐานของ GPIB จะประกอบด้วยอุปกรณ์ คือ ผู้ส่ง (Talker), ผู้รับ (Listener) และ ผู้ควบคุม (Controller)

-ผู้ส่ง ทำหน้าที่ส่งข้อมูล โดยในระบบสามารถมีผู้ส่งได้หลายตัวแต่จะมีเพียงตัวเดียวเท่านั้นที่กำลังทำงานอยู่

-ผู้รับ ทำหน้าที่เป็นผู้รับข้อมูล โดยในระบบเดียวกันสามารถมีผู้รับได้หลายตัว เช่นเดียวกัน แต่ ผู้รับ สามารถทำงานได้ครั้งละหลายๆตัว นั่นคือในระบบที่กำลังทำงานจะมี ผู้ส่ง 1 ตัว แต่จะมี ผู้รับ หลายตัวได้

-ผู้ควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆในระบบ โดยกำหนดให้ผู้ส่งทำการส่งข้อมูล หรือ กำหนดให้ ผู้รับ ทำการรับข้อมูล

อุปกรณ์ที่มี GPIB นั้นสามารถแบ่งตามหน้าที่ได้ดังนี้

1. ทำหน้าที่เป็น ผู้ส่ง เท่านั้น เช่น เครื่องมือวัด เป็นต้น
2. ทำหน้าที่เป็น ผู้รับ เท่านั้น เช่น เครื่องพิมพ์ (Printer), เครื่องบันทึก (Recorder) เป็นต้น
3. ทำหน้าที่เป็นทั้ง ผู้ส่ง และ ผู้รับ เช่น คอมพิวเตอร์ , เครื่องมือวัดที่สามารถควบคุมได้จากภายนอก เป็นต้น
4. ทำหน้าที่เป็น ผู้ส่ง , ผู้รับ และ ผู้ควบคุม ในตัวเดียวกัน เช่น คอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบ

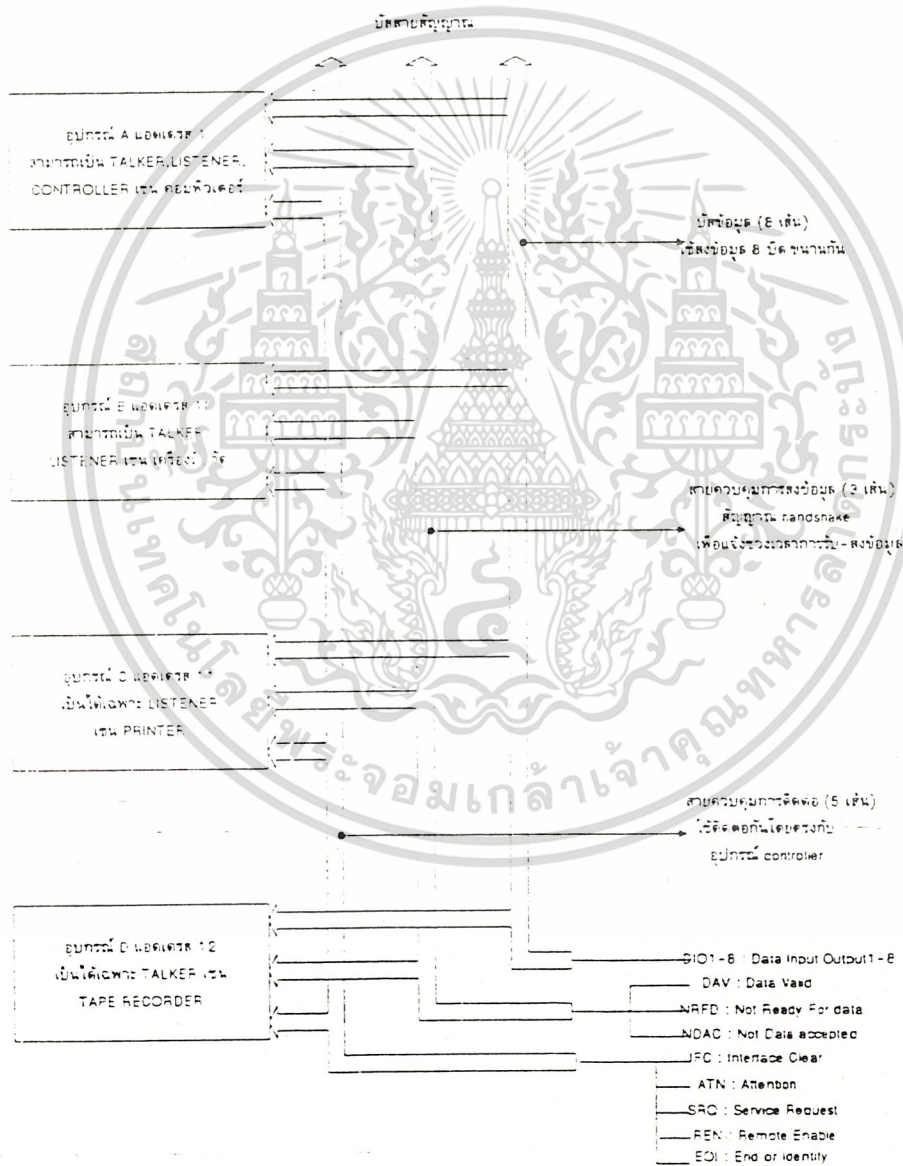
#### ขีดจำกัดของ IEEE-488

1. จำนวนอุปกรณ์ในระบบ (ผู้ส่ง, ผู้รับ, ผู้ควบคุม) ที่ต่อกับสายสัญญาณ 1 เส้นจะต้องมีไม่เกิน 15 เครื่อง
2. สายเคเบิลที่ต่อระหว่างอุปกรณ์ จะต้องยาวไม่เกิน 4 เมตร และความยาวรวมของสายเคเบิลในระบบจะต้องไม่เกิน 20 เมตร
3. ความเร็วในการส่งข้อมูลจะต้องไม่เกิน 1Mb / Sec ( 1 ล้านบิตต่อวินาที )
4. ต้องมีการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์มากกว่าครึ่งหนึ่งของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดเกี่ยวกับ IEEE-488

ลักษณะทางกายภาพของ IEEE-488 นั้นคือ เป็นสายสัญญาณแบบ 24 เส้นขนานกันและมีขั้วต่ออยู่ปลายทางทั้ง สองสาย เพื่อต่อกับอุปกรณ์ หรือต่อกัน เพื่อให้สายสัญญาณมีความ ยาวเพิ่มขึ้น ในจำนวนสายสัญญาณ 24 เส้นนี้มีเพียง 16 เส้นเท่านั้นที่ทำหน้าที่นำสัญญาณ ส่วนที่เหลืออีก 8 เส้นทำหน้าที่ กราวนด์ (ground) และ ชิลด์ (shield) โดยจำนวนสายที่ใช้นำสัญญาณ 16 เส้น นั้นยังแบ่ง ได้เป็น 3 ประเภท ตามรูปที่ 3.1 คือ



รูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บัสข้อมูล (Data Bus) จำนวน 8 สาย คือ  
DIO1-DIO8
2. สายสัญญาณควบคุม (Control Line) จำนวน 5 สาย คือ  
IFC (Interface Clear)  
ANT (Attention)  
SRQ (Service request)  
REN (Remote Enable)  
EOI (End or Identify)
3. สายแฮนด์เชค (Hand Shake)  
DAV (Data Valid)  
NRFD (Not Ready For Data)  
NDAC (Not Data Accepted)

### ความหมายของสัญญาณต่าง ๆ ภายใน IEEE-488

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าสายสัญญาณต่าง ๆ ใน GPIB ได้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ในหัว ข้อนี้จะอธิบายความหมายของสัญญาณต่าง ๆ ดังนี้

#### กลุ่มสัญญาณข้อมูล

1. DIO1-DIO8 (Data Input/Output) สายสัญญาณทั้ง 8 เส้นนี้ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของข้อมูลในระบบ

#### กลุ่มสัญญาณควบคุมการเชื่อมต่อ (Interface)

1. IFC (Interface Clear) เป็นสัญญาณรีเซ็ต หรือเคลียร์ระบบกำเนิด ได้โดยตัวควบคุม (ผู้ควบคุม) เท่านั้นเมื่ออุปกรณ์ในบัสได้รับสัญญาณเคลียร์นี้ จะกลับคืนสู่สภาวะเริ่มต้นใหม่ซึ่งเป็นสภาวะแรกเริ่มก่อนการกำหนดฟังก์ชันเหมือนแรกเปิดสวิตช์

2. ATN (Attention) เป็นสัญญาณที่ถูกส่งโดยอุปกรณ์ที่เป็นตัวควบคุม เช่นเดียวกัน ใช้ในการสั่งให้อุปกรณ์ทุกตัวในระบบเตรียมพร้อมเพื่อรอรับคำสั่งต่อไป

3. SQR (Service Request) เป็นสัญญาณที่ถูกส่งจากอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นการ บอกแก่ระบบว่าขณะนี้อุปกรณ์ดังกล่าวต้องการติดต่อจากตัวควบคุม

4. REN (Remote Enable) เป็นสัญญาณที่ถูกส่งมาจากตัวควบคุมเพียง ตัวเดียวเท่านั้น เพื่อใช้สั่งให้อุปกรณ์ต่าง ๆ เปลี่ยนจากโหมดที่ใช้งานปกติมาเป็นการควบคุมโดยตัวควบคุมแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5. EOI(End or Identify)เป็นสัญญาณที่ถูกส่งได้โดยอุปกรณ์ที่เป็นตัวควบคุม (ผู้ควบคุม) หรืออุปกรณ์ที่เป็นผู้ส่ง (ผู้ส่ง) ก็ได้ ใช้สำหรับแสดงว่าข่าวสารที่ส่งเป็นชุดนั้น ได้เสร็จสิ้นลงแล้ว

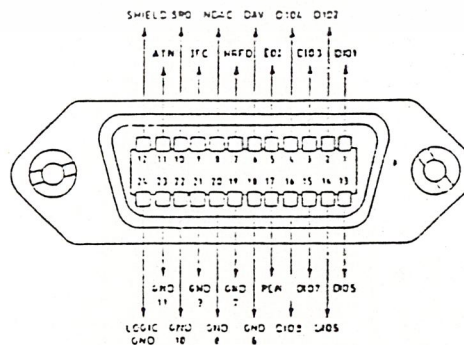
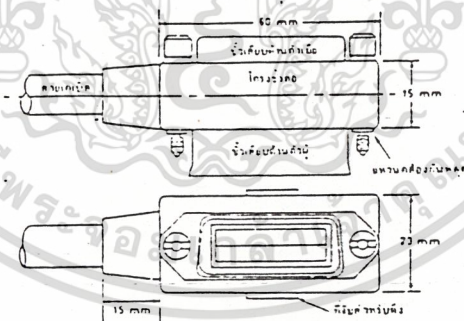
**กลุ่มสัญญาณควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล**

1. DAV (Data Valid) เมื่อสัญญาณนี้ถูกดึงเป็นลอจิก “Low “ โดย อุปกรณ์ ที่เป็นผู้ส่ง (ผู้ส่ง) เป็นการแจ้งแก่ระบบบัสว่าขณะนี้ผู้ส่งได้ทำการ ส่งข้อมูลลงไปที่สายสัญญาณข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

2. NRFD (Not Ready For Data) เมื่อสัญญาณนี้มีลอจิกเป็น “Low “ จะ เป็นการแสดงว่า ในขณะนี้ระบบบัสยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล เนื่องจากอุปกรณ์ใน ระบบ ยังพร้อมไม่หมดทุกตัว ซึ่ง สัญญาณเส้นนี้จะไม่เป็น “Hi “จนกว่าอุปกรณ์ทุกตัว ให้อลอจิกที่เป็น “Hi “ ครบถ้วนแล้ว สัญญาณนี้มี ประโยชน์ในกรณีที่อุปกรณ์ในระบบ มีความเร็วแตกต่างกัน

3. NDAC (Not Data Accepted) สัญญาณเส้นนี้เป็นสัญญาณที่ถูกควบคุมโดยอุปกรณ์ที่เป็น ผู้รับ (ผู้รับ) โดยสัญญาณนี้จะมีลอจิกเป็น “Low “ ใน ขณะ ที่อุปกรณ์ที่เป็นผู้รับกำลังเก็บข้อมูลจาก สายข้อมูล (Data Bus) และจะเป็น “Hi “ เมื่ออุปกรณ์นั้นได้ทำการอ่านข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

โดยสัญญาณลอจิกที่ใช้ใน DATA BUS(D1-D8) ของ IEEE-488 BUS นี้มีลักษณะเป็น คอมพลิเมนต์ทั้งหมด คือ “1 “ เท่ากับ “Low “ และ “0 “ เท่ากับ “Hi “ ซึ่ง ตรงข้ามกับในวงจรลอจิกที่เราคุ้นเคย

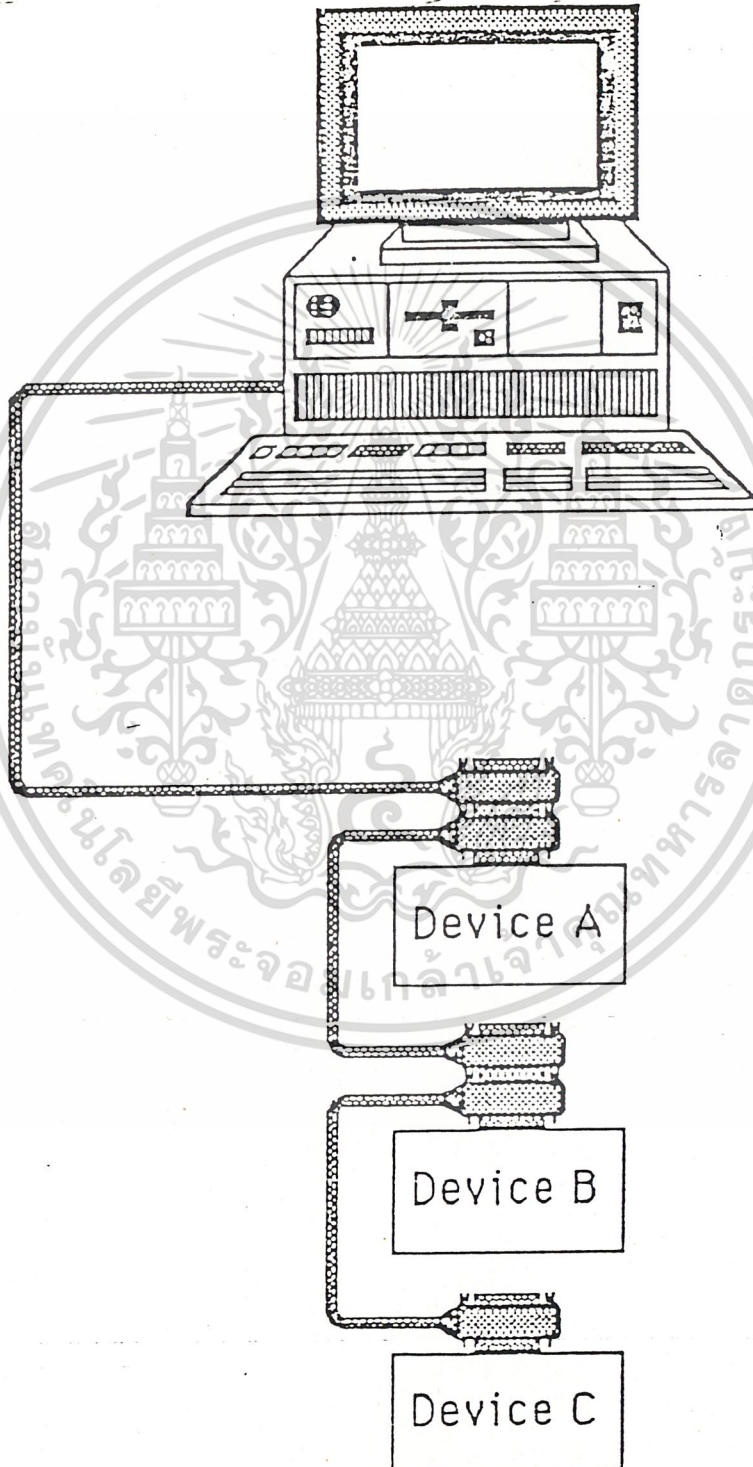


รูปที่ 3.2 ขั้วต่อของ GPIB และการจัดขาของสัญญาณต่าง ๆ

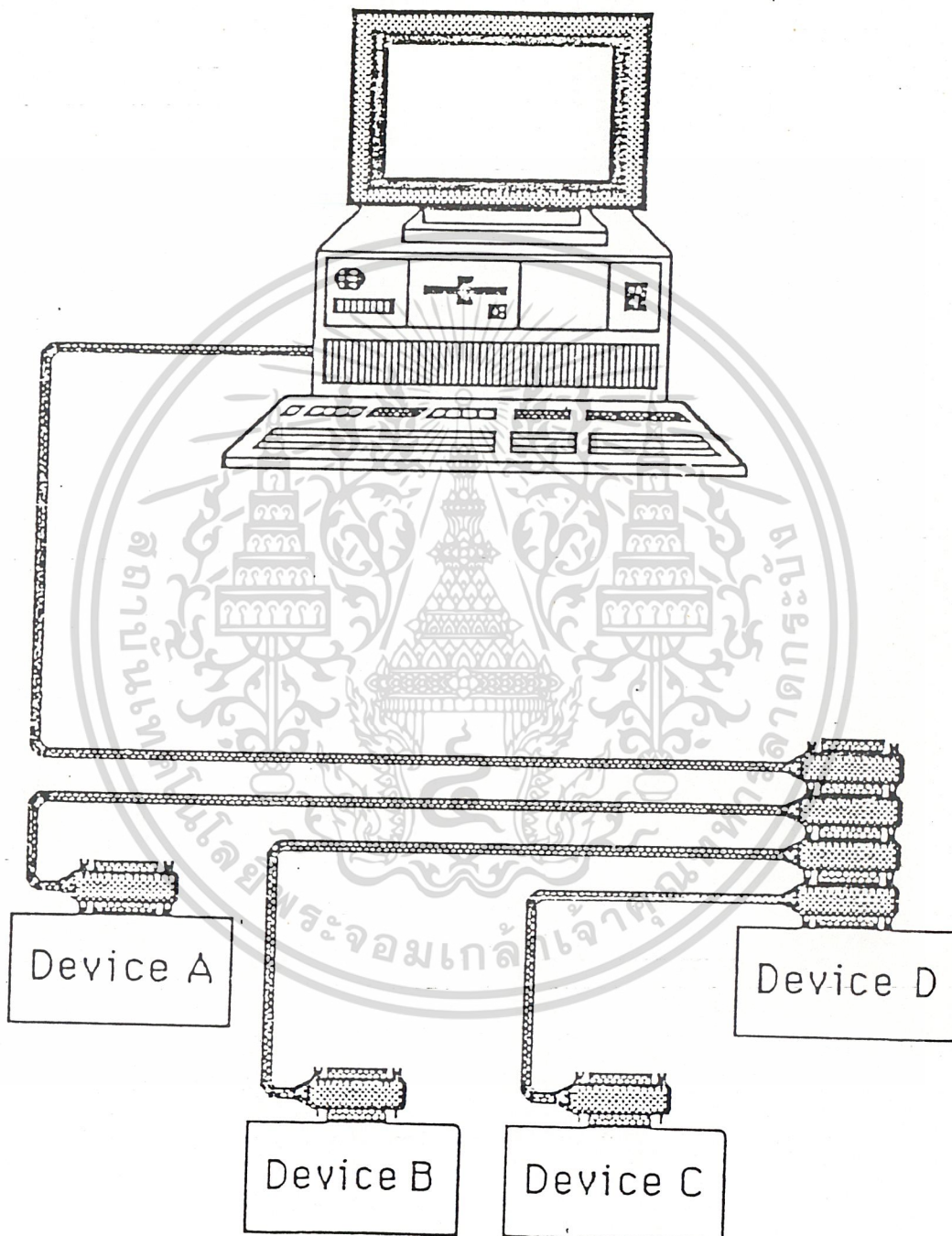
## การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ IEEE-488 BUS

สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ IEEE-488 Bus นั้น มี อยู่ 2 วิธีคือ

1. การเชื่อมต่อแบบเรียงต่อเนื่องกัน (Daisy Chain Configuration)
2. การเชื่อมต่อแบบกระจาย (Star Configuration)



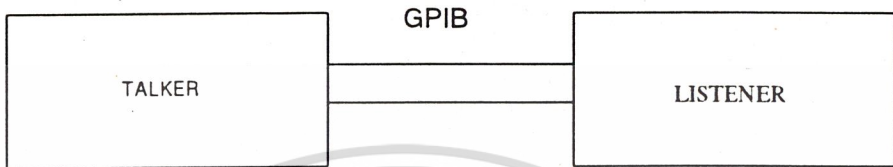
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ **รูปที่ 3.4 แสดงการเชื่อมต่อแบบกระจาย** นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ขบวนการแฮนด์เชค (Handshake Procedure)

เมื่อมีการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆในระบบ ดังนั้นเมื่อระบบจะทำงาน จึงต้องมีการตรวจสอบเสียก่อน ซึ่งการตรวจสอบนี้เราเรียกว่าขบวนการแฮนด์เชค (Handshake Procedure)

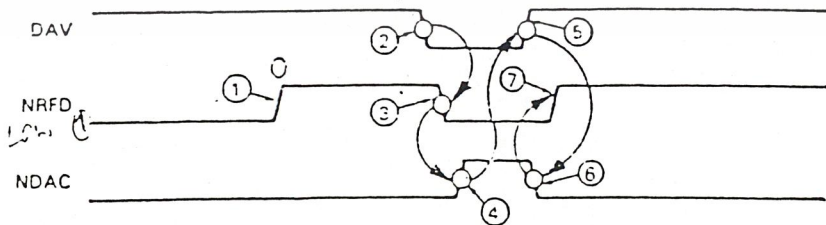


รูปที่ 3.5

พิจารณาระบบที่ไม่ซับซ้อนนักโดยกำหนดให้มีผู้ส่งและผู้รับ อย่างละ 1 ตัว การที่จะมีการสื่อสารระหว่างผู้ส่งและผู้รับจะกระทำได้โดยการที่ผู้ส่งจะ ทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกมาเพื่อให้ผู้รับทราบว่ามีข้อมูลในสายสัญญาณ และผู้รับจะทำการเก็บข้อมูลจากสายสัญญาณเมื่อเก็บข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้วผู้รับก็จะส่งสัญญาณเพื่อให้ผู้ส่งทราบว่าได้ทำการรับข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

การส่งสัญญาณในการสื่อสารระหว่างผู้ส่งและผู้รับนั้น จะส่งมาทางสายสัญญาณ 3 สาย ซึ่งสายสัญญาณดังกล่าวนี้เป็นสายสัญญาณในกลุ่มควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล คือ NRFD (Not Ready For Data), DAV (Data Valid) และ NDAC (Not Data Accepted)

DAV เป็นสัญญาณที่ถูกส่งโดยผู้ส่ง NRFD และ NDAC เป็นสัญญาณที่ถูกส่งโดยผู้รับโดยผู้รับจะใช้สัญญาณ NDAC เพื่อชี้ให้เห็นว่าในขณะที่นั้นพร้อมหรือไม่พร้อมในการเก็บข้อมูลและ จะใช้สัญญาณ NRFD เพื่อชี้ให้เห็นว่าพร้อมหรือไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล



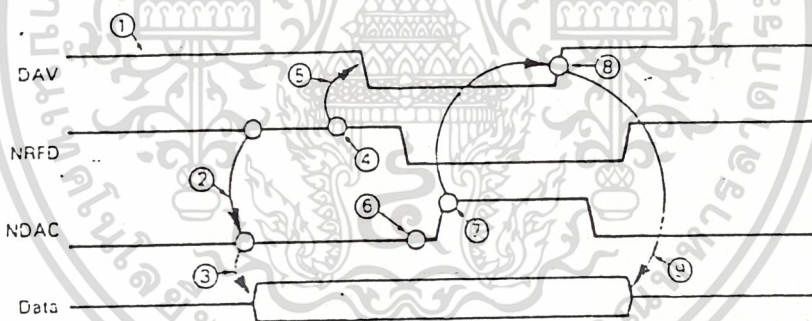
NOTE: The timing shown is relative

รูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขบวนการแฮนด์เชคเริ่มขึ้นเมื่อ ผู้ส่งมีข้อมูลที่จะถ่ายทอลงสายสัญญาณ ไปยังผู้รับเริ่มด้วยการที่ผู้รับจะทำให้สัญญาณ NRFD เป็น “Hi “ (มีค่าเป็น 0) นั่นคือเป็นการบอกให้ทราบว่ามีข้อมูลที่จะให้ผู้ส่งทำการถ่ายข้อมูลลงในสาย สัญญาณแล้ว (ในจุดที่ 1) ผู้ส่งจึงทำการถ่ายข้อมูลลงในสายสัญญาณ DIO1-DIO8 หลังจากทำการรอเวลาเพื่อให้ผู้ส่งถ่ายข้อมูลแล้ว ผู้ส่งจะทำให้สัญญาณ DAV มีลอจิกเป็น “Low “ (มีค่าเป็น 1) เพื่อที่จะบอกให้ทราบว่ามีข้อมูล ในสายสัญญาณทั้ง 8 เส้นแล้ว (ในจุดที่ 2) ต่อมาเมื่อผู้รับทราบว่ามีข้อมูลอยู่ในบัสก็จะทำให้สัญญาณ NRFD ให้มีค่าเป็น “Low “ เพื่อบอกให้ผู้ส่งทราบว่ามีข้อมูลพร้อม ที่จะให้ผู้ส่งทำการส่งข้อมูลชุดต่อไป และผู้รับพร้อมที่จะเก็บข้อมูลจาก สายสัญญาณ (ในจุดที่ 3) หลังจากผู้รับทำการเก็บข้อมูลจากสายสัญญาณเสร็จ แล้วผู้รับจะทำให้สัญญาณ NDAC ให้มีสถานะเป็น “Hi “ ก็จะทำให้สัญญาณ DAV ให้มี ลอจิกเป็น “Hi “ ด้วยเพื่อไม่ให้ผู้รับทำการรับข้อมูลในบัสอีก (ในจุดที่ 5) เมื่อผู้รับทราบว่ามีสัญญาณ DAV มีลอจิกเป็น “Hi “ ก็จะทำให้ สัญญาณ NDAC ให้เป็น “Low “ ทำให้ข้อมูลในบัสถูกกำจัดออกไป หลังจากนั้น ก็จะทำให้สัญญาณ NRFD ให้ เป็น “Hi “ เพื่อบอกให้ทราบว่ามีข้อมูลชุดต่อไปแล้ว ขบวนการแฮนด์เชคจึงเสร็จสิ้นลงและจะเริ่มขึ้นใหม่เมื่อมีสัญญาณชุดใหม่เข้ามา

**ขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้ส่ง**



รูปที่ 3.7

ขบวนการแฮนด์เชค เริ่มขึ้นโดยการที่ตัวควบคุมทำการเซตค่าให้สัญญาณ DAV มีค่าเป็น “Hi “ (ในจุดที่ 1) ต่อมาเป็นการตรวจสอบว่าสัญญาณ NDAC และ NRFD มีลอจิกเป็น “Hi “ ทั้งคู่หรือไม่ (ในจุดที่ 2) ถ้าทั้งคู่เป็น “Hi “ นั่น คือเกิดการผิดปกติคืออุปกรณ์นั้นไม่พร้อมที่จะทำงาน จึงทำการออกจากขบวนการ แฮนด์เชค

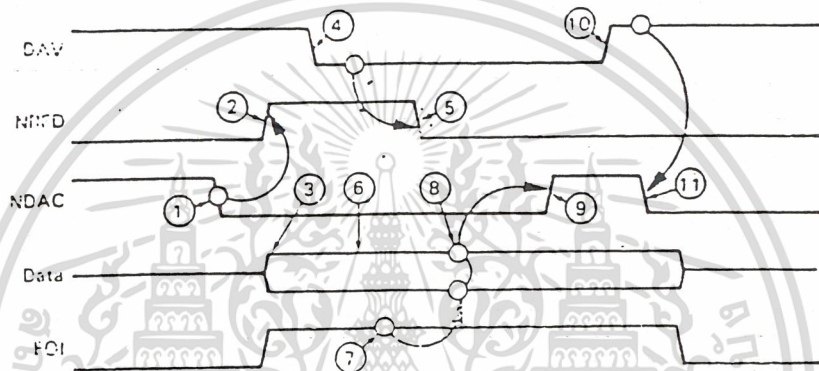
กลับมาดูในจุดที่ 2 หากสัญญาณใดสัญญาณหนึ่งมีลอจิกเป็น “Low “ ตัว ควบคุมจะทำการส่งข้อมูลลงใน GPIB BUS (ในจุดที่ 3) หลังจากนั้นตัวควบคุมจะ ทำการตรวจสอบว่าสัญญาณ NRFD มีลอจิกเป็น “Hi “ ใช่หรือไม่ หากไม่ใช่ก็จะทำ การตรวจสอบซ้ำอีกครั้งจนกระทั่งสัญญาณ NRFD มีลอจิกเป็น “Hi “ (ในจุดที่ 4) หลังจากนั้นตัวควบคุมจะทำให้สัญญาณ DAV ให้มีลอจิกเป็น “Low “ เพื่อให้ผู้รับ ทราบว่ามีข้อมูลอยู่ในบัสข้อมูล (ในจุดที่ 5) ตัวควบคุมจะรอเวลาเพื่อให้ผู้รับทำ การเก็บข้อมูลในบัสข้อมูล เมื่อครบกำหนดเวลาตัวควบคุมจะทำการเซตค่าผู้รับทำ งานเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่กำหนดหรือไม่หากเกินเวลาก็จะออกจากขบวนการแฮนด์เชคหากไม่ เกินเวลาก็จะทำการตรวจสอบต่อไปว่าสัญญาณ NDAC มีลอจิกเป็น “Hi “ใช่หรือไม่ (ในจุดที่ 6) หากไม่ก็จะทำการตรวจสอบอีกครั้งว่าเกินเวลาหรือไม่ กลับไปที่ จุดที่ 6 หากสัญญาณ NDAC เป็น “Hi “ (ในจุดที่ 7) ตัวควบคุมจะทำการตอบสนองโดยการทำสัญญาณ DAV ให้มีลอจิกเป็น “Hi “เพื่อบอกให้ผู้รับทราบว่าจะให้ หยุดการเก็บข้อมูลจากบัส (ในจุดที่ 8) หลังจากนั้นข้อมูลในบัสข้อมูลจะถูกนำ ออกไป (จุดที่ 9) จึงเป็นการเสร็จสิ้นขบวนการแฮนด์เชค

ขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้รับ



รูปที่ 3.8

ขบวนการแฮนด์เชคเริ่มขึ้น หลังจากการที่ตัวควบคุมรับรู้ว่ามีผู้ส่งจะทำการ ส่งข้อมูลเมื่อตัวควบคุมทราบว่าผู้ส่งจะทำการส่งข้อมูล ตัวควบคุมจะทำการให้ สัญญาณ NDAC มีลอจิกเป็น “Low “เพื่อบอกให้ทราบว่าตัวควบคุมยังไม่ได้ทำการ เก็บข้อมูล (ข้อมูลในที่นี้คือ แอดเดรสหรือ ข้อมูลทั่วไปซึ่งผู้ส่งทำการส่งมาในบัสข้อมูล) นั่นคือในจุดที่ 1

ต่อมาตัวควบคุมจะทำการเซตค่าสัญญาณ NRFD ให้เป็น “Hi “เพื่อที่จะให้ผู้ส่งทราบว่าขณะนี้ตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว (ในจุดที่ 2) เมื่อสัญญาณ NRFD มีค่าเป็น “Hi “และสัญญาณ NDAC มีค่าเป็น “Low “แล้วผู้ส่งจะทราบทันทีว่าทำการส่งข้อมูลลงมาในบัสข้อมูลได้แล้ว (ในจุดที่ 3) หลังจากนั้นตัวควบคุมจะทำการรอเวลาให้ผู้ส่งทำการส่งข้อมูลลงในบัสข้อมูลให้เสร็จ โดยจะทำการตรวจสอบไปด้วยว่าเกินเวลาที่กำหนดหรือยังหากเกินเวลาที่กำหนดก็จะออกจากขบวนการแฮนด์เชค หากไม่เกินกำหนดเวลาจะทำการตรวจสอบต่อไปว่าผู้ส่งทำการเซต ค่าให้สัญญาณ DAV เป็น “Low “ หรือไม่หากไม่ก็จะตรวจสอบเวลาว่าเกินเวลาที่ต้องรอแล้วหรือยัง หากยังไม่เกินเวลาก็จะทำการเซตต่อไปจนกระทั่งหมดเวลาหรือ จนกว่าสัญญาณ DAV จะมีค่าเป็น “Low “

เมื่อสัญญาณ DAV เป็น “Low “แล้ว ตัวควบคุมจะตอบรับโดยการทำ สัญญาณ NRFD มีค่าเป็น “Low “(ในจุดที่ 5) นั่นเป็นการบอกว่าตัวควบคุม พร้อมที่จะเริ่มเก็บข้อมูล (ในจุดที่ 6) หลัง

จากนั้นตัวควบคุมจะทำการตรวจสอบสัญญาณ EOI เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่ผู้ส่งทำการส่งลงมา นั้นหมดแล้วหรือยัง (ถ้าผู้ส่งทำการส่งข้อมูลลงในบัสหมดแล้วจะทำการตั้งค่าของสัญญาณ EOI ให้เป็น “Low “) (ในจุดที่ 7) หากสัญญาณ EOI เป็น “Low “ตัวควบคุมจะเซตสถานะว่าขณะนี้ผู้ส่งได้ทำการส่งข้อมูลลงในบัสหมดแล้ว หากสัญญาณ EOI เป็น “Hi “ก็ไม่ทำการ เซตสถานะ หลังจากนั้นตัวควบคุมจะทำการเก็บข้อมูลในบัส (ในจุดที่ 8) แล้วทำให้ สัญญาณ NDAC มีค่าเป็น “Hi “ เพื่อบอกให้ทราบว่าตัวควบคุมได้ทำการอ่านข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว (ในจุดที่ 9) เมื่อตัวควบคุมทำให้สัญญาณ NDAC เป็น “Hi “ แล้วผู้ส่งจะลบข้อมูลในบัสข้อมูลโดยการทำให้ สัญญาณ DAV มีค่าเป็น “Hi “ (ในจุดที่ 10) ซึ่งก่อนหน้านี้นี้ตัวควบคุมจะทำการตรวจสอบอยู่แล้วว่าสัญญาณ DAV เป็น “Hi “หรือยัง

เมื่อสัญญาณ DAV เป็น “Hi “แล้ว ตัวควบคุมจะทำให้สัญญาณ NDAC มีค่าเป็น “Low “ (ในจุดที่ 11) แล้วจึงออกจากขบวนการแฮนด์เชค

### คำสั่งใช้งานของ GPIB

การสั่งการต่างๆเพื่อกำหนดหน้าที่การทำงาน และกำหนดฟังก์ชัน เช่น กำหนดช่วงการวัด โหมดการวัดหรืออื่นๆแก่เครื่องวัดที่อยู่ เหล่านี้มันตัวควบคุม จะเป็นตัวกำหนดโดยการส่งรหัสคำสั่งไปที่อุปกรณ์ โดยผ่าน DI<sub>1</sub>-DI<sub>8</sub> รหัสคำสั่งนี้ จะถูกส่งไปในช่วงที่สายสัญญาณ ATN เป็น LOW

คำสั่งสำหรับกำหนดหน้าที่การทำงานต่างๆตามมาตรฐานของ GPIB มี อยู่ด้วยกัน 128 คำสั่งดังแสดงในตารางที่ 3.1 ต่อไปนี้ โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่มคำสั่ง

รหัสที่ใช้ในระบบ GPIB บัสนั้นใช้ร่วมกันทั้งรหัสข้อมูล และรหัสคำสั่ง นั่นคือรหัสเดียวกันมีความหมายได้ 2 อย่าง คือเมื่อ ATN เป็น LOW จะหมายถึง รหัสคำสั่ง แต่ถ้า ATN เป็น HIGH รหัสนี้จะแทนข้อมูลที่เป็น ASCII แทน ซึ่งในตารางก็ได้แบ่งความหมายออกเป็น 2 คอลัมน์

1. กลุ่มคำสั่งเจาะจงจุดหมาย (Addressed command group) เป็นคำสั่งที่ส่งไปยังอุปกรณ์ที่เป็นผู้ส่งหรือผู้รับที่กำหนดไว้ล่วงหน้าแล้วคำสั่งนี้ประกอบด้วย

GTL (go to local) สั่งให้อุปกรณ์กลับสู่สภาพการควบคุมปกติด้วยมือ

SDC (selected device clear) สั่งให้อุปกรณ์เคลียร์ตัวเองสู่สภาพเริ่มต้นใหม่

PPC (paralled poll configure) เป็นคำสั่งสำหรับการจัดสายสัญญาณของการทำการจัดสรรสายสัญญาณของการทำกระบวนการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์โดยวิธีขนาน โดยใช้กับกลุ่มคำสั่งรอง

GET (group excute trigger) ใช้สั่งเริ่มต้นการทำงานของอุปกรณ์ที่ละหลายตัว

TCT (take control) เป็นการกำหนดให้อุปกรณ์ผู้ส่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม

2. กลุ่มคำสั่งครอบคลุม (universal command group) เป็นคำสั่งที่ส่งไปยังอุปกรณ์ทุกตัวที่อยู่ต่อบัส ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LLO (local lockout) เป็นการสั่งให้อุปกรณ์ล๊อคอยู่ที่สภาวะควบคุมโดยปุ่มปรับที่หน้าปัดตามปกติ

DCL (device clear) สั่งให้กับอุปกรณ์ทุกตัวกลับไปสู่สภาวะเริ่มต้น

PPU (parallel poll unconfigure) ใช้ยกเลิกกระบวนการตรวจสอบสภาพแบบขนานทั้งหมด

SPE (serial poll enable) เปลี่ยนโหมดของการตรวจสอบสภาพเป็นแบบอนุกรมในโหมดนี้จะเป็นการส่งสถานะของเครื่องแทนการส่งข้อมูล

SPD (serial poll disable) ยกเลิกการตรวจสอบแบบอนุกรม

3. กลุ่มคำสั่งกำหนดอุปกรณ์ผู้รับ (ผู้รับ address group) เป็นคำสั่งสำหรับกำหนดให้อุปกรณ์เป็นผู้รับ ตามรหัสหมายเลขจาก 0-30 และมีคำสั่ง UNL (unlisten) สำหรับยกเลิก

4. กลุ่มคำสั่งกำหนดอุปกรณ์ผู้ส่ง (ผู้ส่ง address group) สำหรับกำหนดให้อุปกรณ์เป็นผู้ส่ง ตามรหัสหมายเลขจาก 0-30 และมีคำสั่ง UNT (unผู้ส่ง) สำหรับยกเลิกเช่นกัน

คำสั่งในกลุ่มที่ 1 ถึง 4 นั้น จัดเป็นกลุ่มคำสั่งหลัก ที่มีความหมายตายตัวยังมีคำสั่งอีกกลุ่มที่ขึ้นอยู่กับการกำหนดภายหลังนั้นคือกลุ่มคำสั่งรอง

5. กลุ่มคำสั่งรอง (secondary command group) เป็นคำสั่งที่กำหนดรายละเอียดย่อยของอุปกรณ์แต่ละตัวที่อยู่ในระบบให้มีการทำงานอย่างไรตาม จุดประสงค์ใช้งานของเครื่องมือ นั้น เช่นเดียวกับการปรับปุ่มต่าง ๆ ด้วยมือตนเอง คำสั่งรองนี้จะตามหลังคำสั่งหลัก ก็จะใช้หลังจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ถูกกำหนดวางตัว ในระบบเรียบร้อยแล้ว

คำสั่งต่าง ๆ ที่กล่าวไป ซึ่งใช้ในการกำหนดสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ แต่ละสภาวะที่กำหนดไปนั้นเป็นอย่างไร และมีจุดประสงค์เพื่ออะไรดังต่อไปนี้

MSD	0		1		2		3		4		5		6		7	
LSD	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG
0	NUL		DLE		SP	00	0	16	@	00	P	16			p	
1	SOH	GTL	DC1	LLO	!	01	1	17	A	01	Q	17			q	
2	STX		DC2		-	02	2	18	B	02	R	18			r	
3	ETX		DC3		.	03	3	19	C	03	S	19			s	
4	EOT	SDC	DC4	DCL	\$	04	4	20	D	04	T	20			t	
5	END	PPC	NAR	PPU	%	05	5	21	E	05	U	21			u	
6	ACK		SYN		&	06	6	22	F	06	V	22			v	
7	BEL		ETB		'	07	7	23	G	07	W	23			w	
8	BS	GET	CAH	SPE	(	08	8	24	H	08	X	24			x	
9	HT	TCT	EM	SPD	)	09	9	25	I	09	Y	25			y	
A	LF		SUB		*	10		26	J	10	Z	26			z	
B	VT		ESC		-	11		27	K	11	[	27			[	
C	FF		FS		.	12		28	L	12	\	28			\	
D	CR		GS		,	13		29	M	13	]	29			]	
E	SO		RS		>	14		30	N	14	^	30			^	
F	SI		US		/	15		31	UNL	15	_	UNT			_	

ADDRESSED UNIVERSAL  
COMMAND GROUP

LISTEN  
ADDRESS  
GROUP

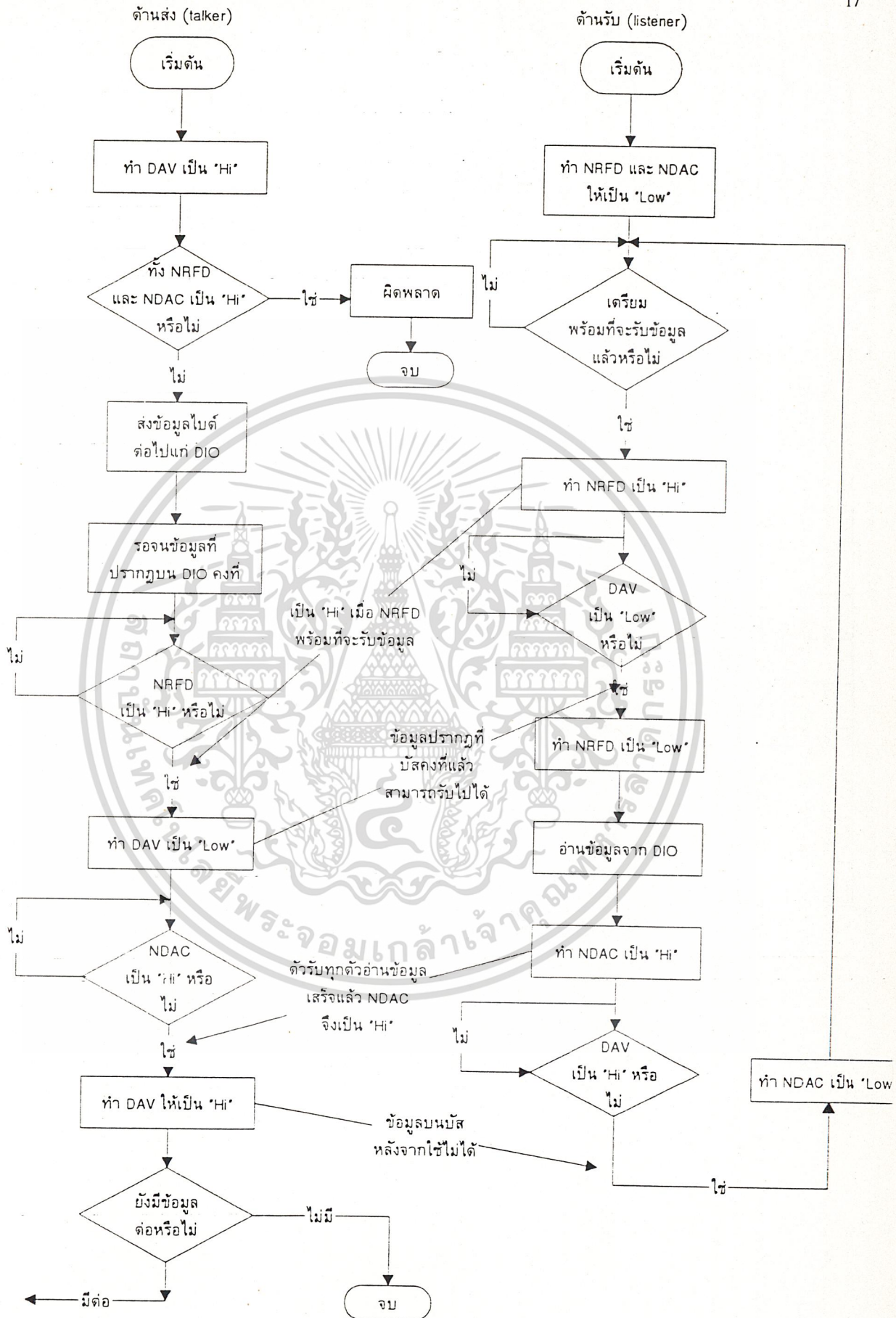
TALK  
ADDRESS  
GROUP

SECONDARY  
COMMAND  
GROUP

PRIMARY COMMAND GROUP (PCG)

ตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูป 3.9 แสดงขบวนการแฮนด์เชคให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Device Clear/Interface Clear

Device Clear ใช้ในการทำให้อุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในบัคกลับไปสู่สภาวะเริ่มต้น ยังไม่มีการกำหนดฟังก์ชันใดๆ สภาวะเริ่มต้นนี้จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ว่า อุปกรณ์ นั้นออกแบบไว้อย่างไร Device Clear มีอยู่ 2 ลักษณะคือเคลียร์หมดทุก ตัวที่ต่ออยู่ (DCL) กับเคลียร์เจาะจงอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่ง (SDC)

แต่ว่าในการเคลียร์อุปกรณ์ไปอยู่ในสภาวะเริ่มต้นนั้น ไม่ได้หมายความว่า interface function ของ GPIB จะถูกเคลียร์ให้ไปอยู่ในสภาวะเริ่มต้นด้วยแต่ อย่างไรก็ดี interface function คือสภาพการ interface ที่ได้กำหนดไว้ในระบบ ประกอบด้วยฟังก์ชันต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ฟังก์ชัน	สัญลักษณ์	การกลับสู่สภาวะเริ่มต้นโดย IFC
source handshake	SH	ได้
acceptor handshake	AH	ได้
ผู้ส่ง or enlarge ผู้ส่ง	T or TE	ได้
ผู้รับ or enlarge ผู้รับ	L or LT	ได้
service request	SR	ไม่ได้
remote/local	RL	ไม่ได้
parallell poll	pp	ไม่ได้
device clear	DC	ได้
device trigger	DT	ได้
ผู้ควบคุม	C	ได้

ตารางที่ 3.2

## Remote/Local

remote เป็นการกำหนดให้อุปกรณ์ที่อยู่ในระบบเช่น เครื่องมือวัด ให้อยู่ ในการควบคุมของ อุปกรณ์ของอุปกรณ์ตัวอื่นแทน ซึ่งปุ่มปรับต่างๆบนหน้าปัด เครื่องจะไม่มีผลต่อการทำงาน ส่วน local เป็นการควบคุมการทำงานของเครื่อง มีอวิตด้วยปุ่มปรับบนหน้าปัดตามปกติ

การใช้ remote มีประโยชน์ในแง่ที่ขณะที่ตัวการควบคุมเช่น คอมพิวเตอร์ กำลังติดต่อ อุปกรณ์ตัวนั้นอยู่ หากไม่มีการตัดการควบคุมโดยปุ่มปรับบนหน้าปัด ออก ถ้ามีใครมาปรับแต่งก็จะ ทำให้การทำงานผิดพลาดไปได้ การทำงานของ GPIB ใน remote and local มี 4 ลักษณะดังนี้

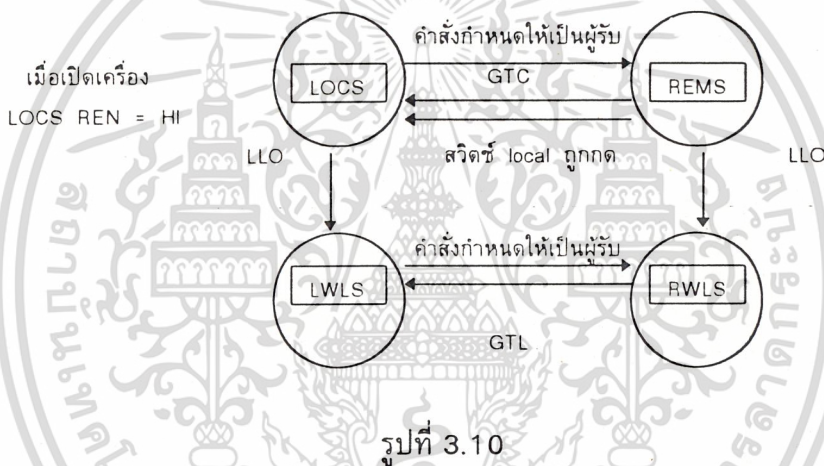
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. LOCS ก็คือ local นั่นเอง เป็นสภาพการควบคุมที่ปุ่มปรับตามปกติ จะอยู่ในสภาพนี้ตอนเปิดเครื่อง หรือ REN เป็น HIGH หรือเมื่อได้รับคำสั่ง GTL

2. REMS คือ remote หมายถึงการตัดการควบคุมโดยปุ่มหน้าปัดออก จะเกิดขึ้นเมื่อ REN เป็น LOW และจะถูกล็อกไว้ เว้นแต่ว่าสวิตช์ local ที่ตัว อุปกรณ์จะถูกเปลี่ยนไปตำแหน่ง local

3. RWLS เป็นสภาพ remote ที่ถูกล็อกเอาไว้เช่นกัน แต่ว่าจะตัดการควบคุมตรงสวิตช์ local ที่อุปกรณ์ออกไป สภาพ remote โดย RWLS จึงมีความสำคัญสูงกว่า REMS อย่างไรก็ดีตามยังถูกยกเลิกได้ด้วยคำสั่ง LLO

4. LWLS มีสภาพเช่นเดียวกับ local แต่จะแตกต่างกันตรงที่สภาพ local โดย LWLS นี้ เมื่อได้รับคำสั่งกำหนดอุปกรณ์ผู้รับจะเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพแบบล็อกหรือ RWLS ทั้งนี้ในการที่จะมาที่สภาพ LWLS นี้ได้ก็มี 2 กรณีคือ เมื่ออยู่ในสภาพ local ธรรมดา (LOCS) แล้วได้รับคำสั่ง LLO หรืออยู่ใน RWLS แล้ว ได้รับคำสั่ง GTL



**การขอบริการและการตรวจสอบ (Service Request and Polling)**

เมื่อตัวควบคุมได้รับ SRQ เป็น LOW จะให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลแสดงสถานะ การทำงานซึ่งมีอยู่ 2 วิธีคือ

1. การตรวจสอบแบบอนุกรม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1.1 ANT ถูกดึงเป็น LOW หลังจากได้รับ LOW จากสายสัญญาณ SRQ
- 1.2 คำสั่ง UNL ถูกส่งไปยังอุปกรณ์
- 1.3 ตัวควบคุมจะแจ้งรหัสผู้รับของตน และกำหนดรหัสผู้ส่งของอุปกรณ์ที่จะตรวจสอบไปที่บัส

สอบไปที่บัส

1.4 ตามด้วยคำสั่ง SPE และสาย ATN กลายเป็น HI ซึ่งอุปกรณ์ที่ถูกเรียกจะส่งข้อมูลแสดงสถานะออกมา 1 ไบต์โดยบิตที่ 7 จะเป็นตัวชี้ว่าอุปกรณ์นี้เป็นตัวขอบริการ ถ้าใช่จะเป็น LOW ส่วนบิตอื่นๆก็ใช้บอกข้อมูลอื่นๆซึ่งไม่ได้กำหนดเฉพาะ

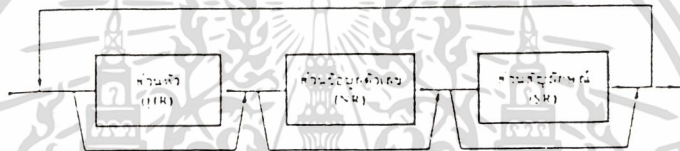
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 1.5 สาย ATN ถูกดึงเป็น LOW อีกทีเพื่อส่งคำสั่งยกเลิกการตรวจสอบคือ SPD การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 จากนั้นคำสั่ง UNT ก็ถูกส่งไปยังอุปกรณ์เพื่อยกเลิกการเป็นผู้ส่งซึ่งถ้าหาก SQR ยังคงเป็น LOW อยู่ ก็จะมีการตรวจสอบไปยังอุปกรณ์ตัวอื่น ๆต่อไปตามขั้นตอนเดิม

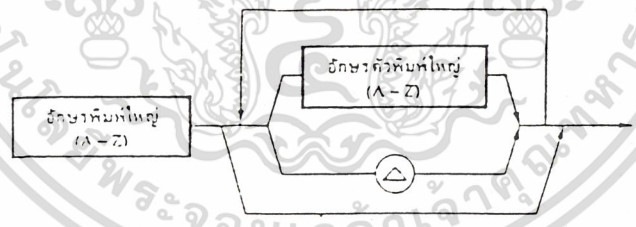
2. การตรวจสอบแบบขนาน สามารถทำได้เร็วกว่าแบบอนุกรม ทั้งนี้เพราะสามารถอ่านข้อมูลเพียงไบต์เดียวก็สามารถรู้ได้ทันทีว่าอุปกรณ์ตัวใดเป็นผู้ขอบริการ

รูปแบบของข้อมูล

โดยทั่วไปข้อมูลจากอุปกรณ์ (device message) แบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วน ตัวแสดงในรูปที่ 3.11 อันได้แก่ส่วนหัว(HR) ซึ่งจะอยู่ส่วนหน้าสุด เป็นตัวบอก ชนิดข้อมูล ส่วนประกอบ HR แสดงในรูปที่ 3.12 จะเห็นว่าประกอบด้วยตัวอักษร ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่กับช่องว่างที่เป็นเว้นวรรค ( Δ ) ปกติจะมีอักษรประมาณ 1-3 ตัว

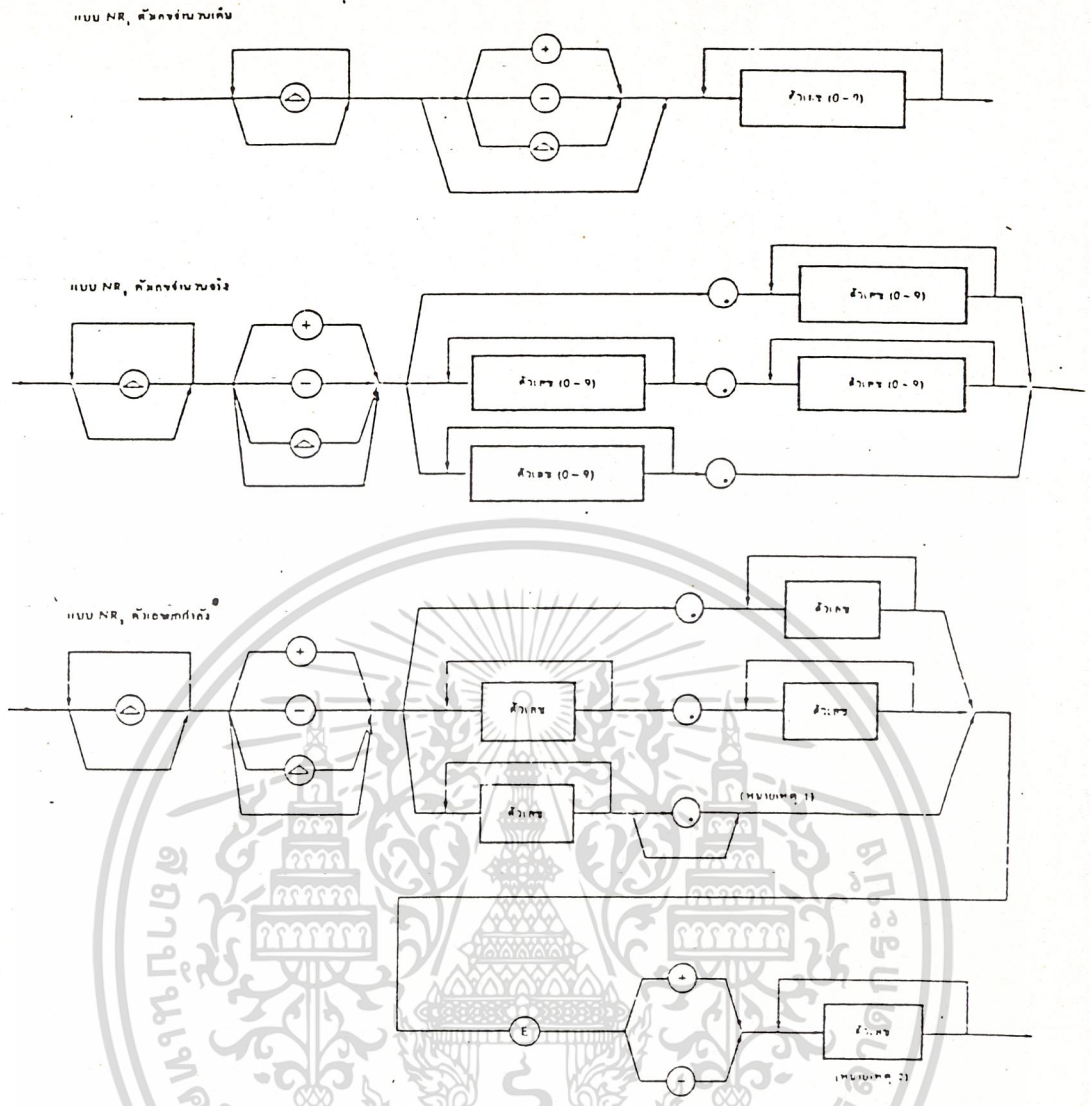


รูปที่ 3.11



รูปที่ 3.12

ส่วนที่สองคือเนื้อหาข้อมูล (NR) ซึ่งใช้แสดงค่าตัวเลข มีอยู่ 3 แบบ คือ NR<sub>1</sub>, NR<sub>2</sub> และ NR<sub>3</sub> ดังแสดงในรูปที่ 3.13 ส่วนท้ายของ NR ยังอาจมีอักษรแสดงหน่วยตามมา

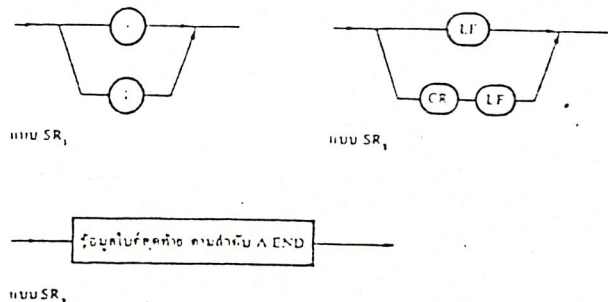


แบบแรก : ...  
แบบที่สอง : ...

รูปที่ 3.13

ส่วนที่ 3 คือสัญญาณแบ่งข้อมูลแต่ละชุด (SR) ดังแสดงในรูปที่ 3.14 โดย SR<sub>1</sub> ใช้แสดงการต่อเนื่องของข้อมูล (ข้อมูลยังมีต่อ) SR<sub>2</sub> และ SR<sub>3</sub> แสดงการสิ้นสุด ของข้อมูลแต่ SR<sub>3</sub> เป็นการบอกการเสร็จสิ้นข้อมูลทั้งหมดจากการวัด

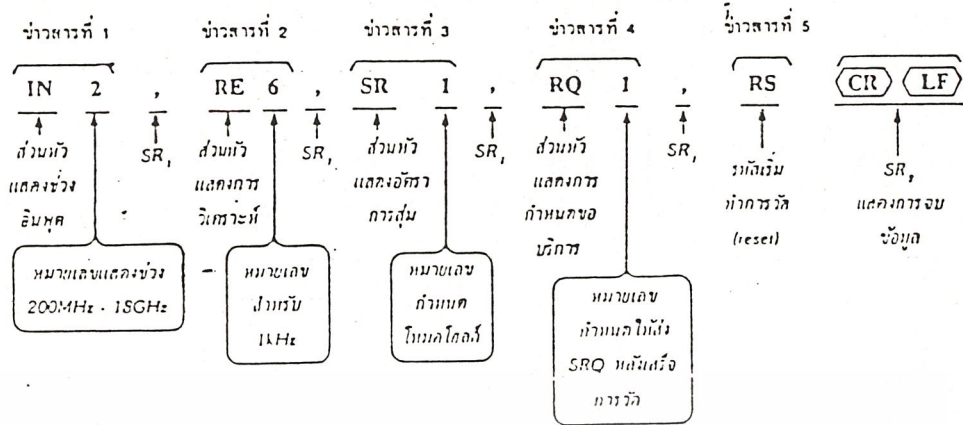
รูปที่ 3.15 เป็นตัวอย่างข้อมูลสำหรับการกำหนดฟังก์ชันให้เครื่องวัดความถี่ และข้อมูลความถี่ที่วัดได้



รูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างข้อมูลสำหรับการกำหนดฟังก์ชัน



ตัวอย่างข้อมูลเอาต์พุตที่ได้จากการวัด



รูปที่ 3.15

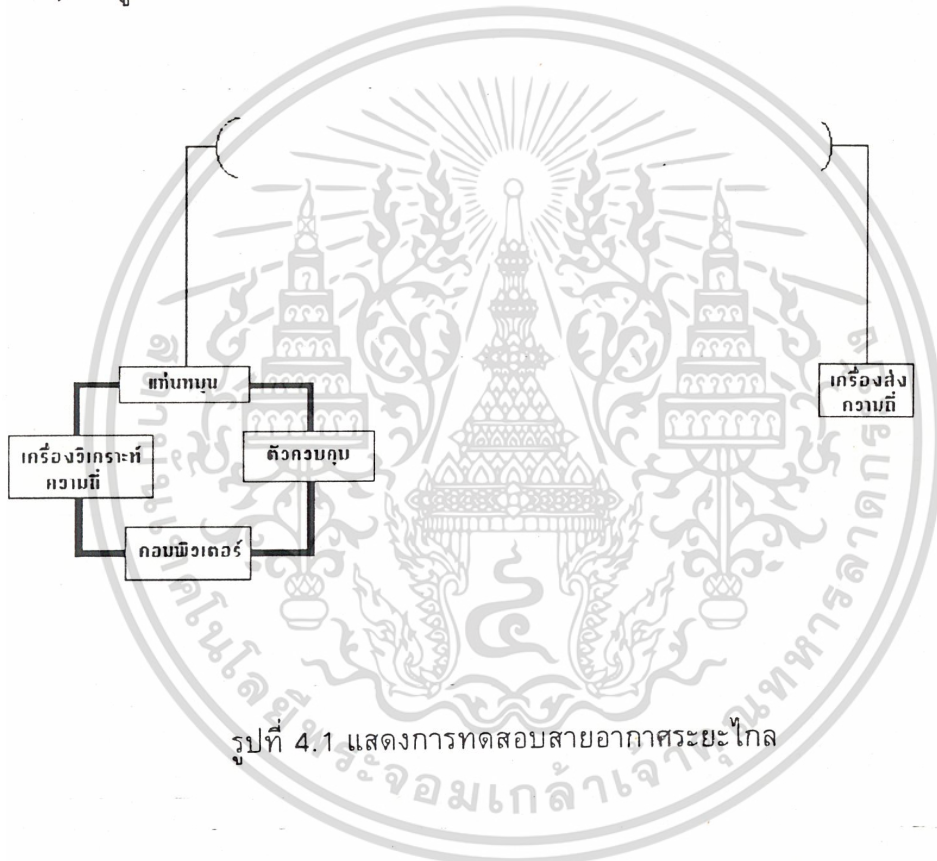
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดสอบสายอากาศระยะไกล

ในบทนี้จะแสดงการทำงานทั้งหมดของการทดสอบสายอากาศ ในการทดสอบสายอากาศระยะไกลนั้นสายอากาศส่งและรับจะต้องอยู่ห่างกันอย่างน้อย  $2D^2/\lambda$  แต่ในทางปฏิบัติแล้ว ควรจะให้ไกลกว่านั้นเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากคลื่นที่มาตกกระทบสายอากาศไม่เป็นคลื่นระนาบ (Plane Wave)

ในการทดสอบได้ทำการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ต่าง ๆ (แล้วแต่สายอากาศที่นำมาทดสอบ) ดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 4.1 แสดงการทดสอบสายอากาศระยะไกล

จากรูปที่ 4.1 แสดงถึงการทำงานของการทำงานของการทดสอบสายอากาศ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกจากเครื่องส่งจากนั้นที่สายอากาศที่ทำหน้าที่รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะรับแล้วส่งผ่านไปเครื่องวิเคราะห์ความถี่ หลังจากนั้นทำการตรวจสอบดูสัญญาณข้างเคียง ถ้ามีสัญญาณรบกวนมากก็ควรที่จะเปลี่ยนความถี่ เมื่อได้ความถี่ที่เหมาะสมแล้วปรับที่หน้าจอของเครื่องวิเคราะห์ความถี่ให้เหมาะสม (ชัดเจน) เมื่อเริ่มรันโปรแกรม แท่นหมุนจะหมุนที่ละองศา เมื่อหมุนไป 1 องศา แท่นหมุนจะหยุดหลังจากนั้นเครื่องวิเคราะห์ความถี่จะส่งข้อมูลให้เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์จะเก็บข้อมูลนั้นแล้วแท่นหมุนจะหมุนไปจนครบ 360 องศา เมื่อครบ 360 องศา เครื่องคอมพิวเตอร์จะเก็บข้อมูลเหล่านั้นลงไฟล์

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา จบการทำงานถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงไฟล์ชาตของการทำงานทั้งหมด

## การควบคุมแท่นหมุน (Turntable)

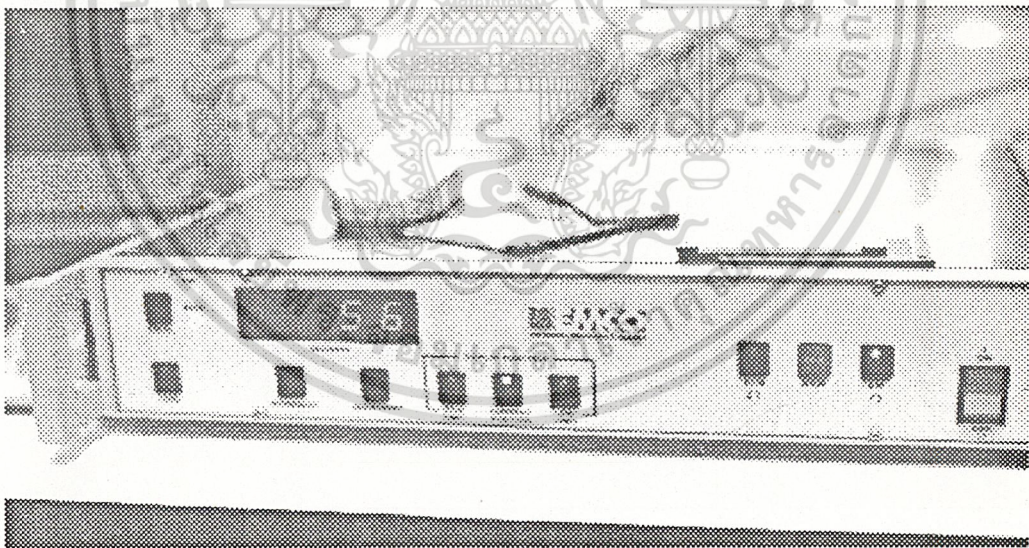
แท่นหมุนเป็นอุปกรณ์สำหรับหมุนสายอากาศที่ทดสอบ เพื่อวัดแพทเทิร์นที่มุมต่าง ๆ ตัวแท่นหมุนที่ใช้งานนี้เป็นของบริษัท ฮิวเลทท์ แพคการ์ด (Hewlett Packard)

โมเดล 1060-04

การติดตั้งต้องติดตั้งบนที่ที่ใช้ในการทดสอบ ในกรณีนี้ติดตั้งบนคาดฟ้าของตึกสำนักวิจัยและพัฒนา โดยต้องอยู่ในที่ที่สะดวกในการวางสายควบคุม และสายเคเบิลสัญญาณจากสายอากาศ เข้ามาในห้องควบคุม

การทำงานของ Turntable จะถูกควบคุมโดยอุปกรณ์ควบคุมซึ่งสามารถต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ได้โดยใช้ HPIB (Hewlett Packard InTeface Bus) เป็นส่วนอินเตอร์เฟส ระหว่างคอมพิวเตอร์และตัวควบคุม ทำให้แท่นหมุนสามารถควบคุมได้ทั้งแบบแมนนวล และแบบอัตโนมัติ

อุปกรณ์ควบคุม ดังรูปแสดงตัวอุปกรณ์ควบคุมแท่นหมุน การควบคุมต้องจำกัดขอบเขตของการหมุนทวนเข็มนาฬิกาและการหมุนตามเข็มนาฬิกา และตำแหน่งปัจจุบัน ค่าองศาต่างๆ จะแสดงบนหน้าจอ LED



รูปที่ 4.3 แสดงอุปกรณ์ควบคุมแท่นหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ลักษณะของอุปกรณ์ควบคุมประกอบด้วย

สวิทช์เปิด/ปิด	สำหรับเปิด/ปิดอุปกรณ์ควบคุม
ADDR	เป็น LED แสดงการติดต่อจาก Host GPIB controller
RMT	เป็น LED แสดงว่าอุปกรณ์ควบคุมนี้ถูกควบคุมโดย Host GPIB (General Purpose Interface Card) Controller
LOCAL	สวิทช์สำหรับปลดการควบคุมจาก Host Controller
CCW	ควบคุมการหมุนของ Turntable ตามทิศทวนเข็มนาฬิกา
CW	ควบคุมการหมุนของ Turntable ตามทิศตามเข็มนาฬิกา
STOP	หยุดการหมุน
LOAD	ใส่ค่าตำแหน่งที่ตั้งไว้สำหรับปุ่มกำหนดตำแหน่งขอบเขตการหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกาและปุ่มแสดงตำแหน่งปัจจุบัน
DISPLAY	แสดงมุมที่กำหนด และแสดงตำแหน่งมุมปัจจุบันในขณะที่หมุน
INCREMENT	เป็นปุ่มเพิ่มค่าองศาที่แสดงอยู่บนหน้าจอ
DECREMENT	เป็นปุ่มลดค่าองศาที่แสดงอยู่บนหน้าจอ
DISPLAY FUNCTION	เป็นกลุ่มกำหนดตำแหน่งขอบเขตการหมุนในทิศทาง -CCW
LIMIT	ทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกาและปุ่มแสดงตำแหน่ง CURRENT POSITION ปัจจุบันโดยค่าที่ใส่ในปุ่มแสดงตำแหน่งปัจจุบัน ต้องอยู่ -CW LIMIT ระหว่างปุ่มกำหนดขอบเขตทั้งสอง และการหมุนแทนหมุน จากตำแหน่งปัจจุบันจะไม่สามารถ หมุนเกินตำแหน่งที่กำหนดในปุ่มกำหนดตำแหน่งทั้งสองปุ่มได้

การกำหนดค่าต่างๆ ให้แก่อุปกรณ์ควบคุม ทำได้โดยกดปุ่ม INCREMENT หรือ DECREMENT จนค่าที่ต้องการกำหนดปรากฏบนหน้าจอ แล้วกดปุ่ม LOAD เพื่อเตรียมใส่นั่นลงในปุ่ม CCW LIMIT, CURRENT POSITION, CW LIMIT โดยกดปุ่มใดปุ่มหนึ่งตามที่ต้องการ เช่น ต้องการกำหนดขอบเขตการหมุนตั้งแต่ 0 องศา ถึง 360 องศา ต้องใส่ค่า 0 องศา LOAD ลงในปุ่ม CCW LIMIT และปุ่ม CURRENT POSITION และค่า 360 องศา LOAD ลงในปุ่ม CW LIMIT ส่วนปุ่ม CCW, STOP, CW ใช้สำหรับควบคุมการหมุนในทิศทางต่างๆ และการหยุดหมุน

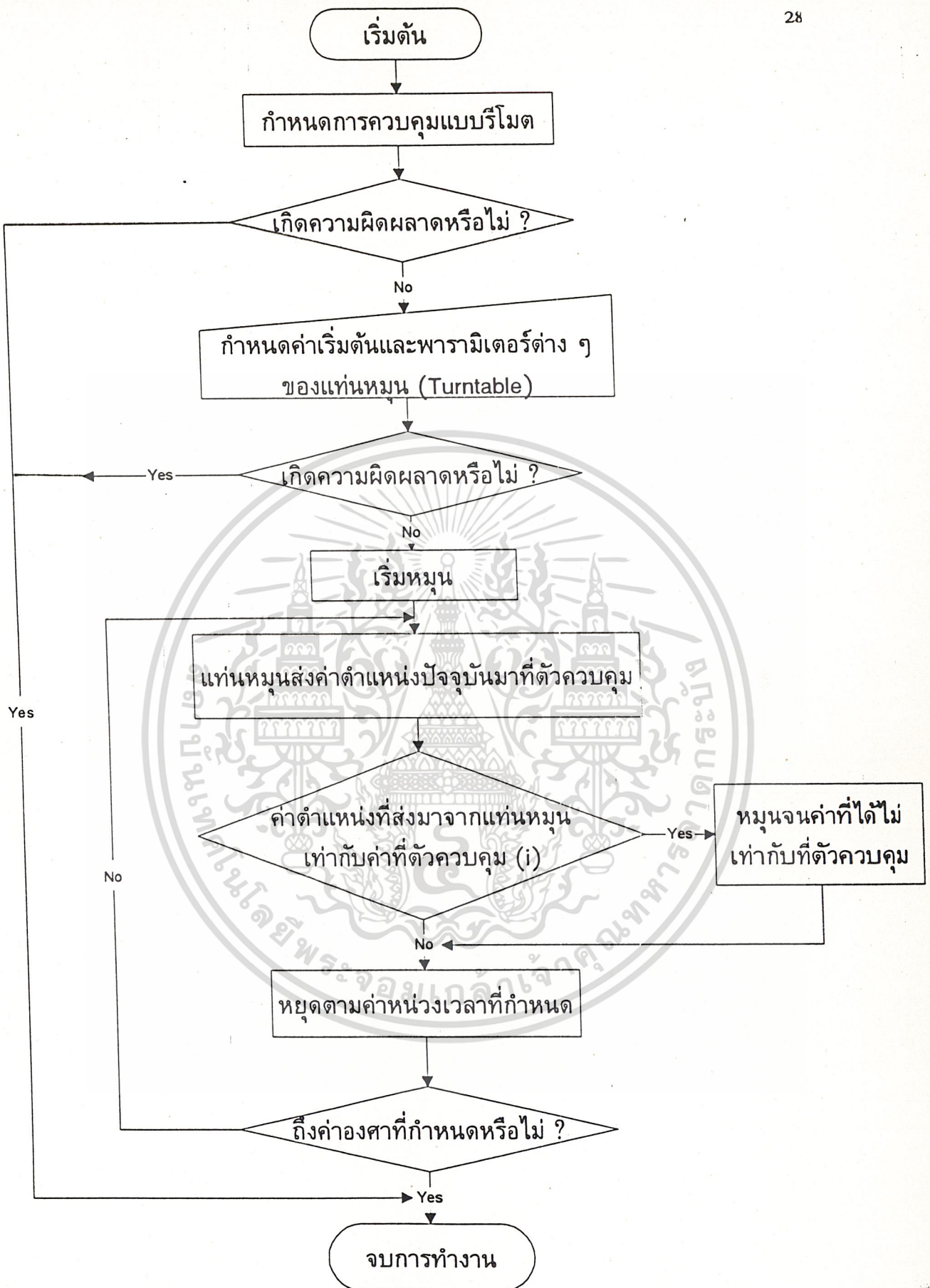
สิ่งที่ต้องหวังอีกอย่างหนึ่งคือ ในตัว แทนหมุนเองจะมีลิ้มิต สวิทช์ ควบคุมไม่ให้หมุนเกินขอบเขตการหมุนของมันทั้งทางด้านทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกาอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อเราควบคุมให้หมุนไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งจากตำแหน่งปัจจุบัน โดยที่ค่าที่เราลิ้มิตไว้อยู่เลยจากตำแหน่งลิ้มิต สวิทช์ของตัว แทนหมุนเอง มันจะหยุดหมุนเองโดยยังไม่ถึงค่าที่เราตั้งไว้ ดังนั้นในการใช้งานจึงต้องทดลองหมุนจนแน่ใจว่าสามารถหมุนได้ตลอดระยะที่เรากำหนดไว้

คำสั่งในการควบคุมตัวควบคุมโดยผ่านทาง GPIB host Interface จะคล้ายกับสวิตช์บนหน้าปัทม์ของตัวควบคุม คือ มีคำสั่ง

CW	สั่งให้หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา
CC	สั่งให้หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา
ST	หยุดการหมุน
OP	กำหนดตำแหน่งปัจจุบัน
WP	กำหนดตำแหน่ง CCW LIMIT
CL	กำหนดตำแหน่ง CW LIMIT
LD (+,-)XXX DG	ใส่ค่ามุม +/-XXX องศา (+ไม่จำเป็นต้องใส่ก็ได้) คำสั่งนี้ต้องตามด้วย "CP", "WL" หรือ "CL" อย่างไม่อย่างหนึ่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

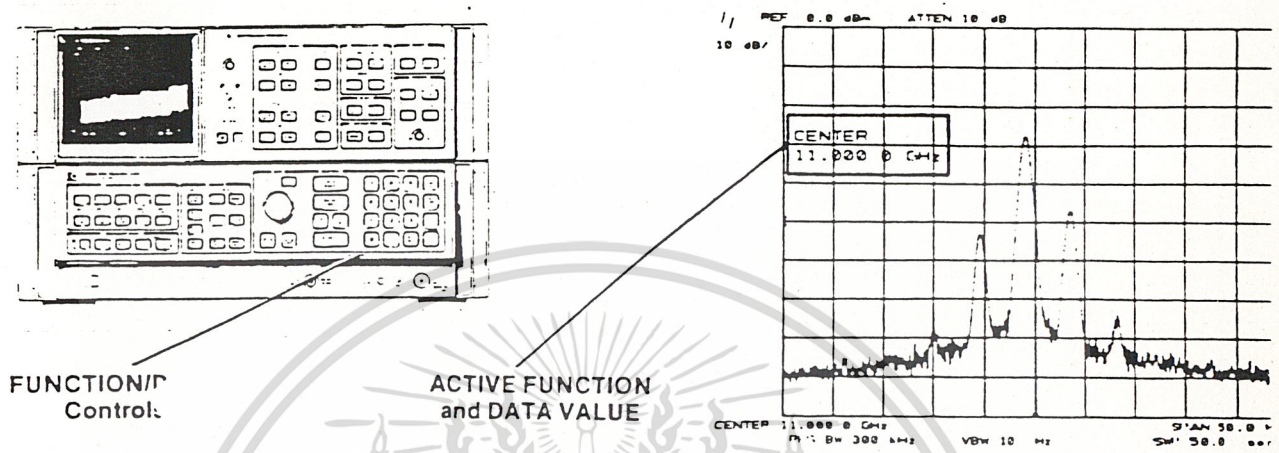


รูปที่ 4.3 แสดงโพลี่ชาติของการควบคุมแท่นหมุน (Turntable)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

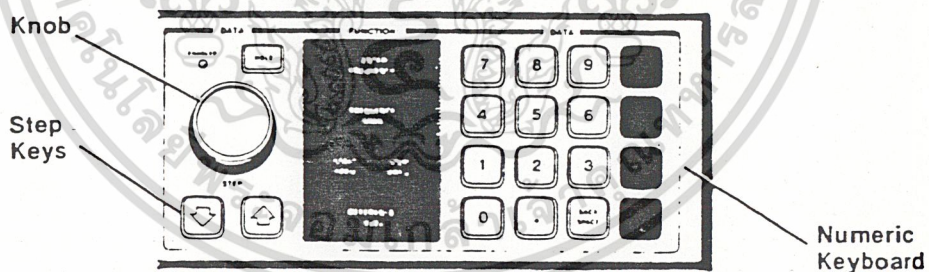
## การควบคุมเครื่องวิเคราะห์ความถี่ (Spectrum Analyzer)

บริเวณด้านหน้าของเครื่องวิเคราะห์ความถี่จะประกอบด้วยฟังก์ชันกับข้อมูลที่เราใช้ในการควบคุม โดยฟังก์ชันต่าง ๆ ทำงานได้โดยการกดปุ่มจากทางด้านหน้าของเครื่องแล้วป้อนข้อมูลที่สัมพันธ์กับฟังก์ชันนั้น ๆ ลงไป



รูปที่ 4.4

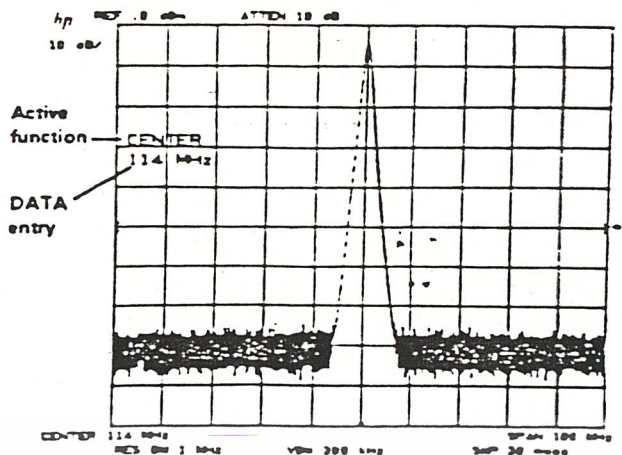
กลุ่มของฟังก์ชันที่สำคัญประกอบด้วยฟังก์ชันที่ทำหน้าที่ควบคุมกำหนดความถี่ศูนย์กลาง ฟังก์ชันกำหนดช่วงความกว้างของความถี่ หรือการกำหนดความถี่เริ่มต้นและความถี่ท้าย และฟังก์ชันกำหนดระดับสัญญาณอ้างอิง ค่าต่าง ๆ ที่เรากำหนดให้กับฟังก์ชันสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขตลอดเวลา โดยใช้ step key ปุ่มปรับ knob ก็ได้



รูปที่ 4.5

การใช้ปุ่มควบคุมข้อมูลให้กับฟังก์ชัน

จากทางด้านหน้าเครื่องที่เราเห็นนั้นจะสังเกตเห็นปุ่มปรับ และ ปุ่ม ข้อมูลทีละขั้น (Data step) ที่ใช้ในการเพิ่มหรือลดค่าต่าง ๆ ในฟังก์ชันและยังมีปุ่มตัวเลขที่ใช้ป้อนค่าให้กับฟังก์ชันโดยตรง ข้อมูลที่เราป้อนให้กับฟังก์ชันจะปรากฏขึ้นบนจอแสดงผล ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6

ปุ่มปรับข้อมูล

เป็นปุ่มที่ใช้เพิ่มค่าและลดค่าต่างๆให้กับฟังก์ชัน ปรับโดยการหมุนปุ่มปรับ knob

ปุ่มปรับข้อมูลที่ละเอียด

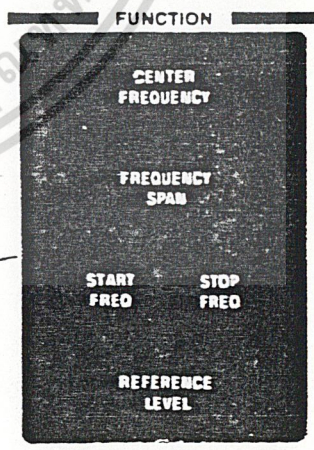
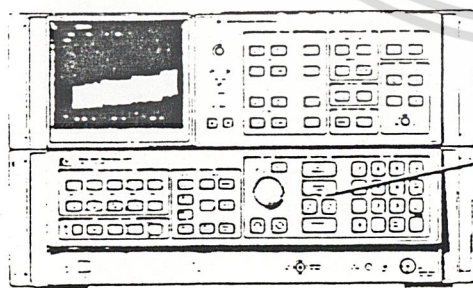
เป็นปุ่มที่ใช้เพิ่มค่าและลดค่าของข้อมูลในฟังก์ชันโดยจะเปลี่ยนแปลงที่ละเอียด ซึ่งเราสามารถกำหนดได้

ปุ่มตัวเลข

ใช้กำหนดค่าโดยตรงให้กับฟังก์ชันมีทั้งที่เป็นตัวเลขและจุดทศนิยม

ฟังก์ชัน

บริเวณปุ่มควบคุมฟังก์ชันจะปรากฏบนหน้าเครื่องดังแสดงในรูปที่ 4.8



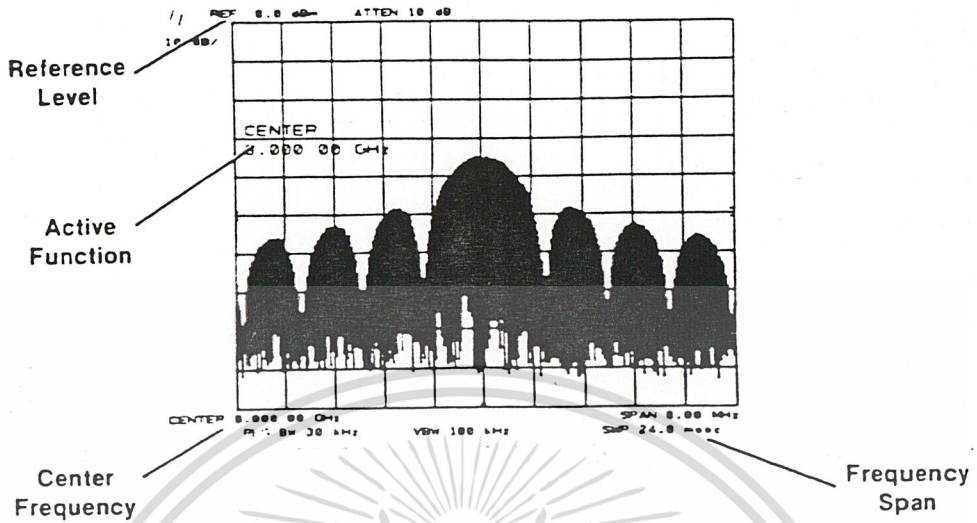
รูปที่ 4.8

เราต้องการใช้ฟังก์ชันใดก็กดปุ่มฟังก์ชันที่ต้องการพร้อมกับป้อนข้อมูลที่จำเป็นให้กับฟังก์ชันนั้นๆ

โดยฟังก์ชันกับข้อมูลจะปรากฏบนจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



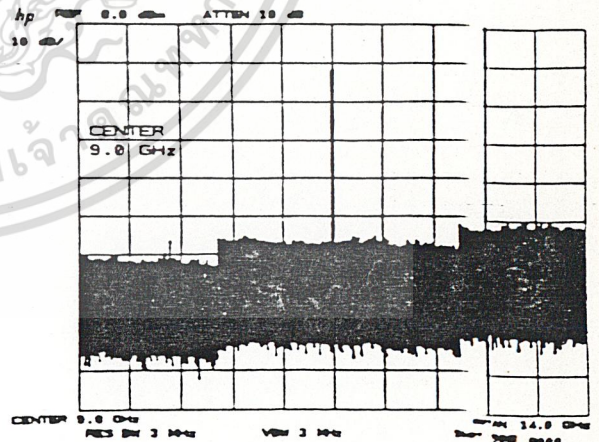
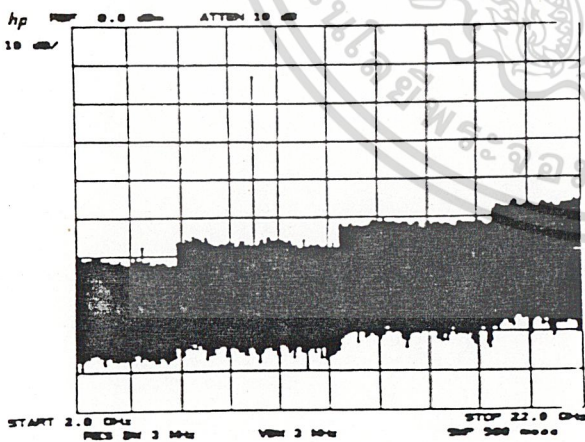
รูปที่ 4.9

ฟังก์ชันกำหนดความถี่ศูนย์กลาง

เราสามารถเลือกความถี่ที่ใช้เป็นศูนย์กลางได้ตั้งแต่ 0 ถึง 22 GHz

ตัวอย่าง

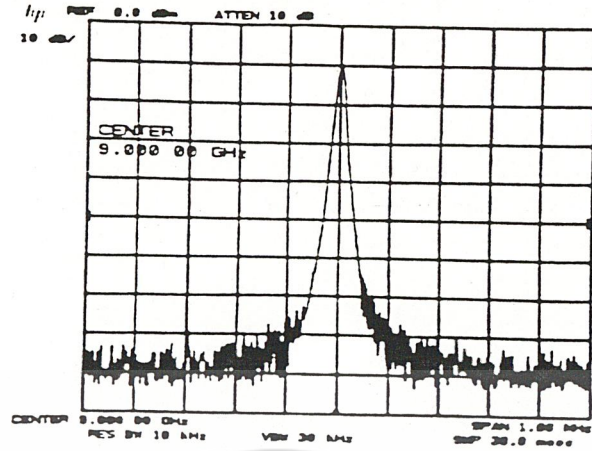
เริ่มจากการที่ต้องเลือกช่วงความถี่ที่เราใช้งานก่อนจากนั้นก็เลือกความถี่ศูนย์กลางโดยกดที่ปุ่ม center frequency แล้วป้อนข้อมูลเป็น 9 GHz ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10

การลดช่วงความถี่จะทำให้เราเห็นความถี่ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

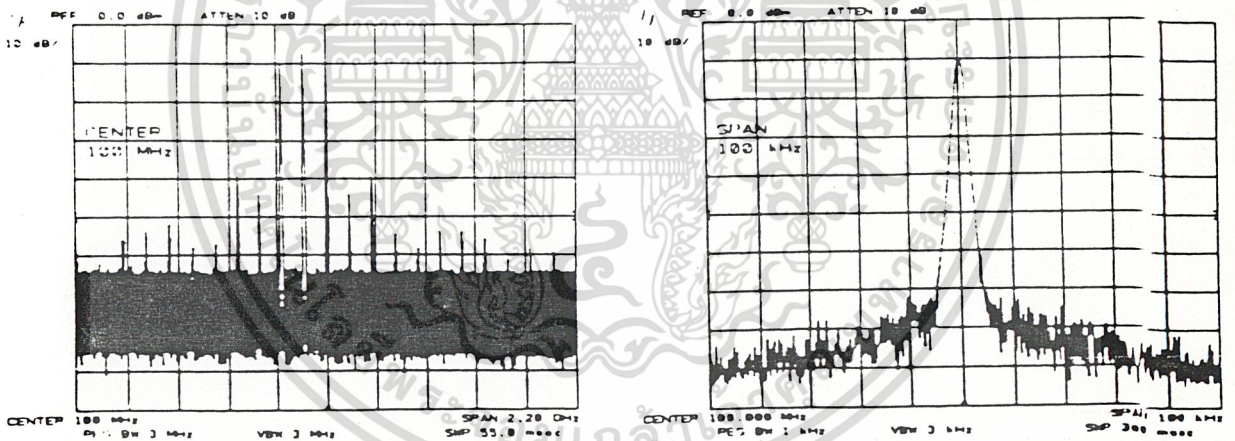
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11

ฟังก์ชันกำหนดช่วงความถี่

จะกำหนดช่วงความถี่โดยมีความถี่ศูนย์กลางอยู่ตรงกลางซึ่งทั้ง 2 ข้างจะสมมาตรกัน  
 ตัวอย่าง การใช้ฟังก์ชันกำหนดช่วงความถี่ในการขยายภาพให้เห็นสัญญาณชัดเจนขึ้นทำได้โดย การ  
 กำหนดช่วงความถี่ให้แคบลง เราจะเห็นสัญญาณที่เราต้องการชัดเจนขึ้นดังรูปที่ 4.12

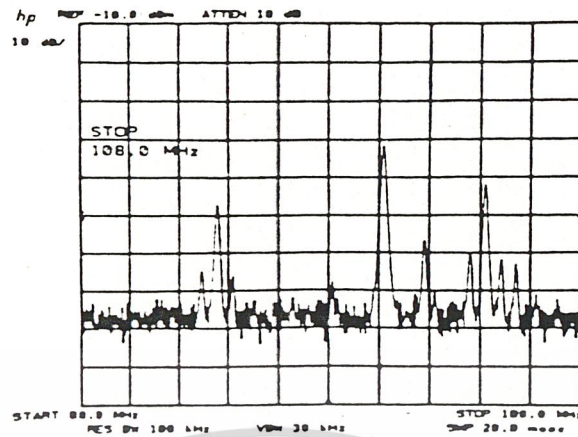


รูปที่ 4.12

ฟังก์ชันกำหนดความถี่เริ่มและความถี่ท้าย

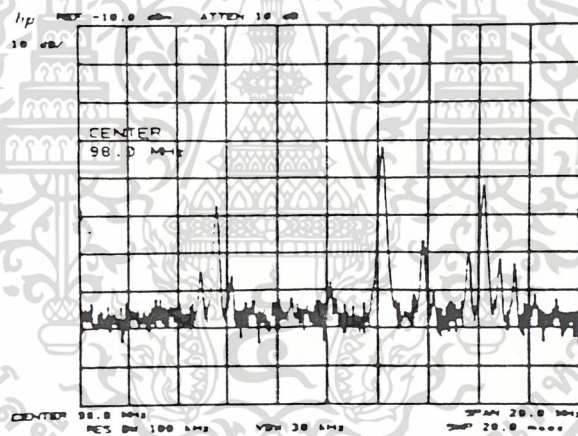
เป็นการกำหนดความถี่เริ่มและสิ้นสุดเพื่อใช้ในการสังเกตสัญญาณหรือกำหนดความถี่ศูนย์กลาง

ตัวอย่าง การกำหนดค่าเริ่มต้นและสิ้นสุดเพื่อดูแบนวิทซ์ของการส่งสัญญาณ FM



รูปที่ 4.13

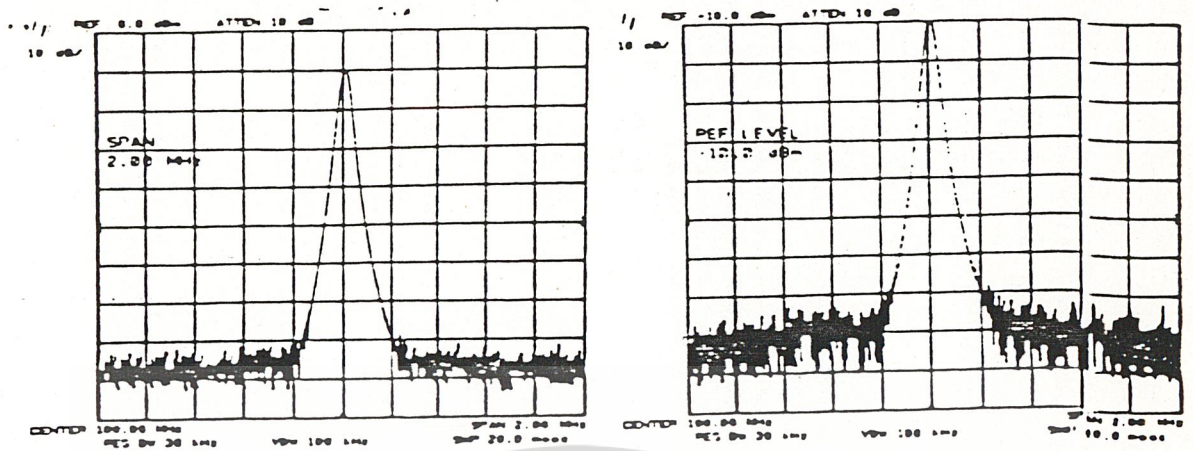
เมื่อกำหนดให้ความถี่ศูนย์กลางอยู่ที่ 98 MHz และช่วงความถี่ span 20 MHz จอภาพจะแสดงขนาดของสัญญาณ FM แต่ละขนาดของสัญญาณ FM แต่ละช่องสัญญาณให้เห็นดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14

ฟังก์ชันในการกำหนดขนาดอ้างอิง

สัญญาณที่ได้จะอ่านค่าเทียบกับระดับอ้างอิงนี้โดยค่าที่เรากำหนดให้กับระดับอ้างอิงจะเป็นของระดับที่เส้นบนสุดของจอภาพ ดังตัวอย่าง

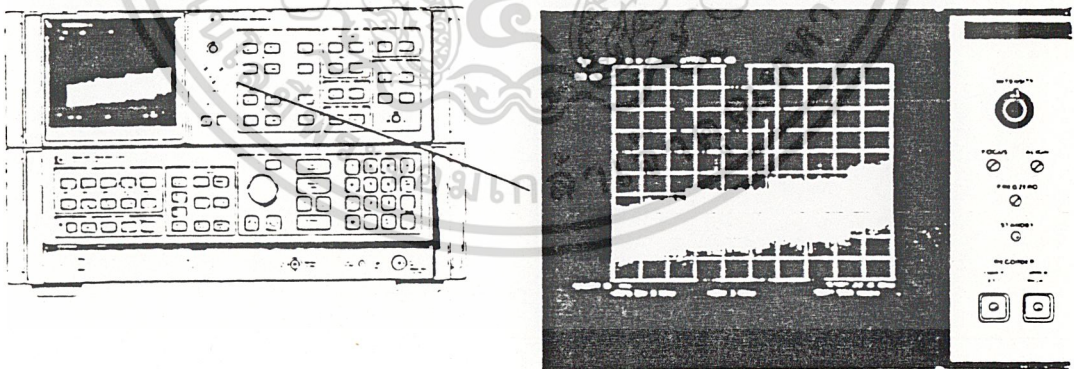


รูปที่ 4.15

เมื่อทำการเปลี่ยนระดับสัญญาณอ้างอิงสัญญาณที่ได้คงมีขนาดเท่าเดิมต่างกันที่สัญญาณจะเลื่อนขึ้นหรือลงเท่านั้น

การแสดงผลบนหน้าจอ

จะอธิบายถึงการปรับค่าต่างๆที่แสดงบนหน้าจอ การอ่านค่า และเกี่ยวกับกราฟ พิคบนหน้าจอ การปรับการแสดงผลจะมีปุ่มปรับความเข้ม ไฟกัสน์ และลักษณะต่างๆที่แสดงบนหน้าจอ ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

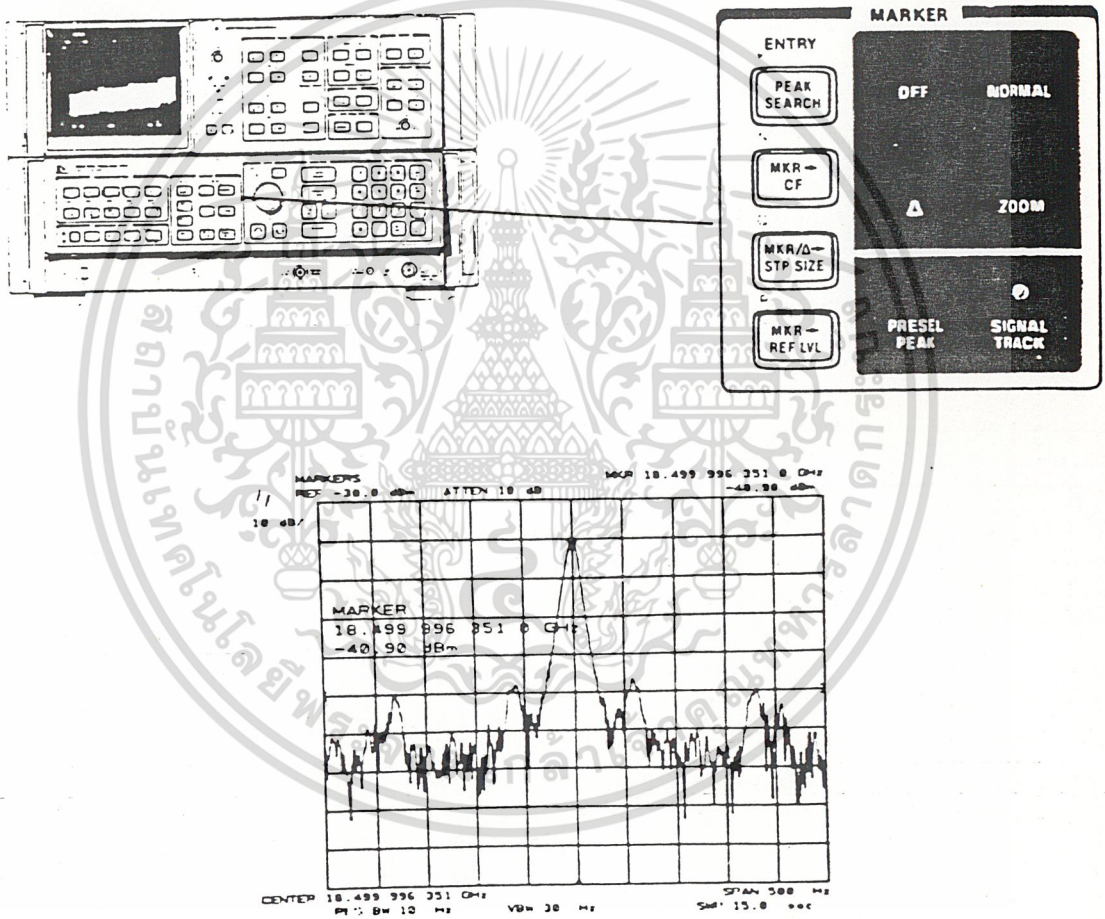
### ปุ่มปรับหน้าจอ



- มีไว้เพื่อกอควบคุมค่าความเข้มที่แสดงที่หน้าจอ
- มีไว้เพื่อปรับความคมชัดของหน้าจอเช่น ปรับความคมชัดที่จุดหนึ่งๆหรือปรับให้คมชัดทั้งหมด
- เป็นปุ่มปรับความเอียงลาดของหน้าจอ

### มาร์คเกอร์

ในหัวข้อนี้จะมีการอธิบายการใช้มาร์คเกอร์และการควบคุมข้อมูลสำหรับการวัดที่รวดเร็วและแม่นยำ มาร์คเกอร์สามารถถูกแสดงโดยเส้นทางแบบ A และ แบบ B เมื่อมาร์คเกอร์มีการแอกทีฟอยู่ ค่าของขนาดและความถี่ จะถูกแสดงที่มุมบนด้านขวาของจอตั้งรูปที่ 4.17



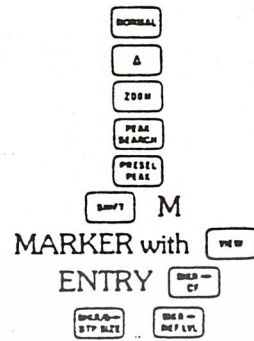
รูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ภาพโดยรวมของมาร์คเกอร์

- มาร์คเกอร์ที่จุดเป็นการอ่านค่าออกมาโดยตรงโดยใช้นั้นๆ
- มาร์คเกอร์ที่จุดเป็นการอ่านค่าออกมาโดยตรงโดยใช้จุดที่มีค่าแตกต่างกัน
- เป็นการขยายค่าของความถี่ที่เจาะจง
- เป็นการอ่านค่าที่มาร์คเกอร์ที่จุดที่มีค่าสูงสุด
- เป็นการหาจุดสูงสุดโดยอัตโนมัติ
- เป็นการอ่านค่าการรบกวนออกมาโดยตรง
- เป็นค่าสเกลของการแสดงค่าของขนาดและความถี่

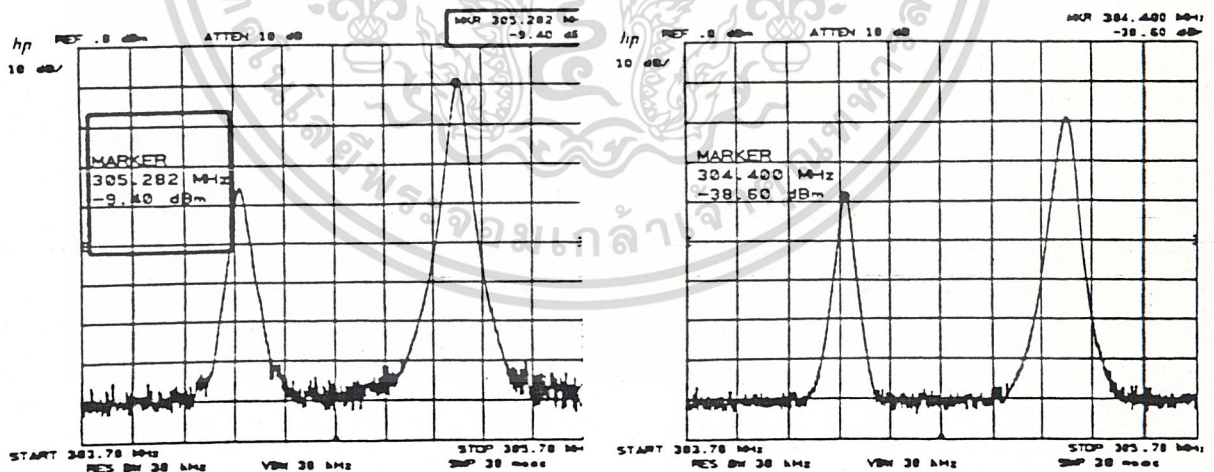
### ฟังก์ชัน



### การปิดมาร์คเกอร์

ปุ่ม OFF เป็นการปิดการใช้มาร์คเกอร์และทำให้ค่าที่ถูกอ่านออกมาโดยมาร์คเกอร์ที่ถูกแสดงออกมาที่หน้าจอนั้นหายไป การแอกทีฟมาร์คเกอร์เพียงตัวเดียว

ปุ่ม NORMAL เป็นการแอกทีฟมาร์คเกอร์ที่มีความสำคัญที่สูงกว่า ตัวอย่าง การอ่านค่าความถี่และค่าของขนาดซึ่งใช้โดยการกดปุ่ม NORMAL จะสามารถแสดงดังตัวอย่างดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.18

จากรูปแรก เราจะกดปุ่มมาร์คเกอร์ NORMAL ให้มีมาร์คเกอร์แสดงขึ้นมาแล้วเราจะทำการปิดปุ่มปรับไปยังจุดสูงสุดที่เราต้องการ หลังจากนั้นค่าของความถี่และขนาดก็จะถูกอ่านออกมาดังรูปที่แสดง

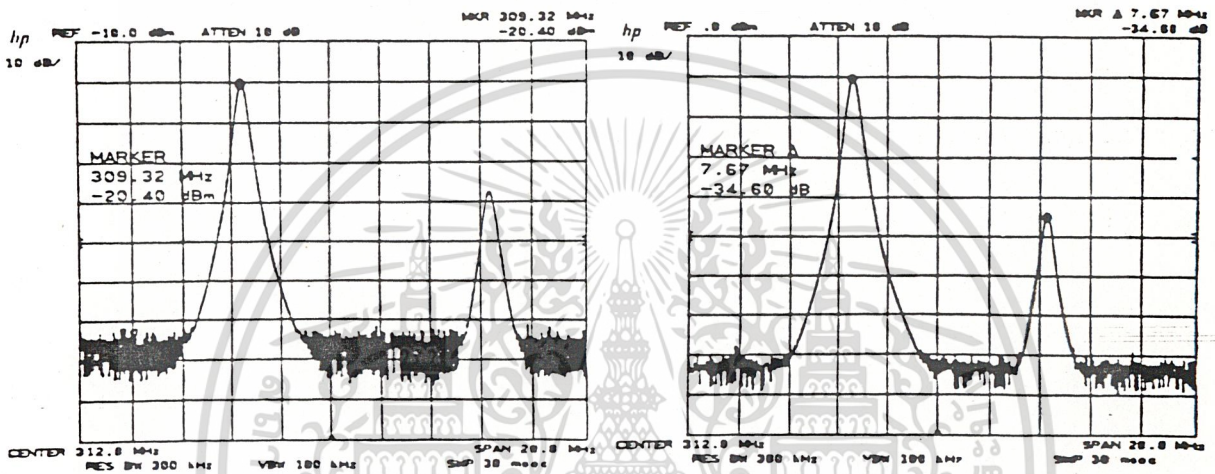
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปแรก จากรูปที่สอง ถ้าเราต้องการเปลี่ยนจุดที่ทำการอ่าน เราก็สามารถทำได้โดยปรับบิดปุ่มปรับไปยังจุดอีกจุดที่เราต้องการ

### ค่าความแตกต่างของมาร์คเกอร์

ปุ่ม  $\Delta$  จะแอกทีฟมาร์คเกอร์อีกตัวให้ปรากฏขึ้นมาที่จุดที่มาร์คเกอร์ตัวเดิมติดอยู่ แต่ถ้าในกรณีที่ไม่มีมาร์คเกอร์แอกทีฟอยู่เลยเมื่อเรากดปุ่มนี้มาร์คเกอร์ก็จะติดขึ้นมา สองตัวพร้อมๆกันที่หน้าจอเลย

ตัวอย่าง การวัดค่าความแตกต่างของมาร์คเกอร์



รูปที่ 4.19

จากรูปแรกเราจะทำการตั้งมาร์คเกอร์ตัวแรกบนจุดสูงสุดของสัญญาณและเมื่อเราทำการติดตั้งค่ามาร์คเกอร์ค่าแรกออกมาแล้ว จากรูปที่สองเราจะทำการกดปุ่ม  $\Delta$  เพื่อแอกทีฟมาร์คเกอร์ตัวที่สองและทำการปรับบิดปุ่มปรับไปยังจุดที่เราต้องการค่าที่อ่านออกมาได้ก็จะเป็นค่าที่แสดงความแตกต่างของจุดมาร์คเกอร์สองจุด

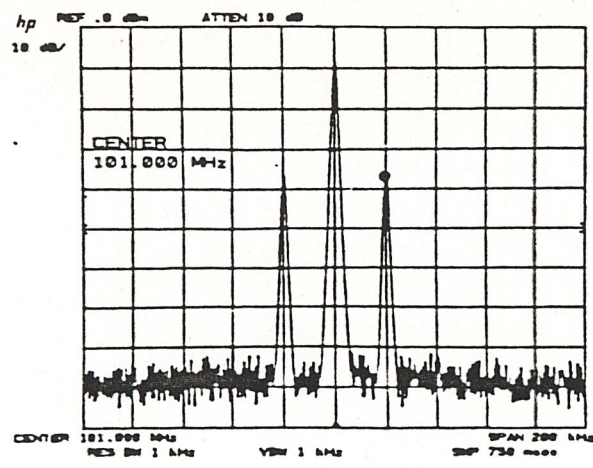
### การแทรกสัญญาณ (การควบคุมความถี่โดยอัตโนมัติ)

เครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์สามารถทำการกวาดหาจุดสูงสุดของสัญญาณได้โดยอัตโนมัติซึ่งมีวิธีการดังขั้นตอนดังต่อไปนี้

- กดปุ่ม NORMAL และเลื่อนมาร์คเกอร์ไปยังจุดที่ต้องการโดยการบิดปุ่มปรับ
- กดปุ่ม SIGNAL TRACK เพื่อเริ่มการแทรกถึงสัญญาณ ( เมื่อกดปุ่มแทรกถึงจะมีไฟติด แสดงการเริ่มแทรกถึงสัญญาณ และเมื่อกดปุ่มอีกทีไฟจะดับ แสดงการเลิกการแทรกถึงสัญญาณ )

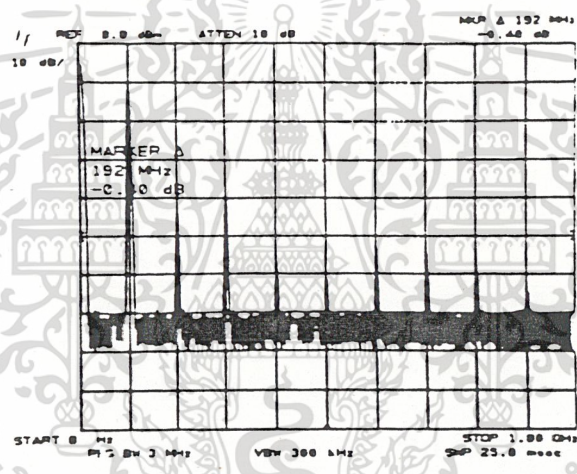
กรณีต้องการเลิกการทำงานของมาร์คเกอร์ก็ให้กดปุ่ม OFF เพื่อหยุดการทำงานของมาร์คเกอร์

เราสามารถดูค่าของความถี่ด้านบนได้ ( UPPER SIDE BAND ) โดยกดปุ่ม NORMAL และบิดปุ่มปรับ ดังรูปที่ 4.20



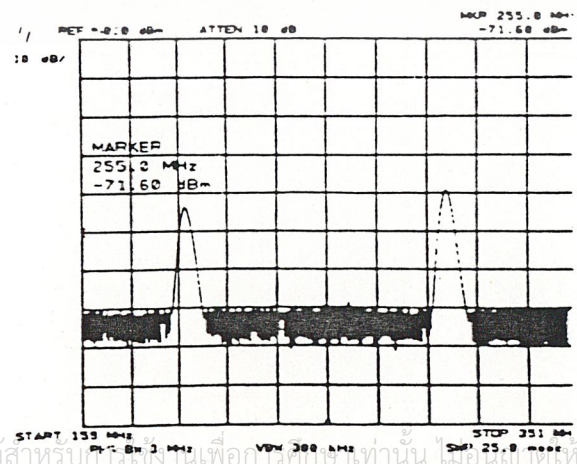
รูปที่ 4.20

กดปุ่ม  $\Delta$  เพื่อแอกทีฟมาร์คเกอร์อีกตัวออกมา แล้วทำการเลื่อนมาร์คเกอร์ไปยังจุดที่ต้องการโดยใช้ปุ่มปรับ ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21

เราสามารถตั้งค่าความถี่เริ่มและค่าความถี่สุดท้ายให้มีค่าเท่ากับทางด้านซ้ายและขวาของมาร์คเกอร์ได้โดยการกดปุ่ม SHIFT และกดปุ่ม  $\Delta$  ดังรูปที่ 4.22

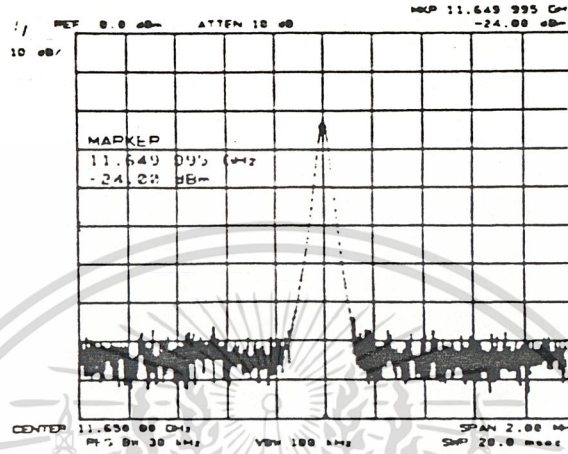


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรรณังในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับเป็นเงื่อนไขไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา รูปที่ 4.22 จึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การค้นหาจุดสูงสุดของสัญญาณ

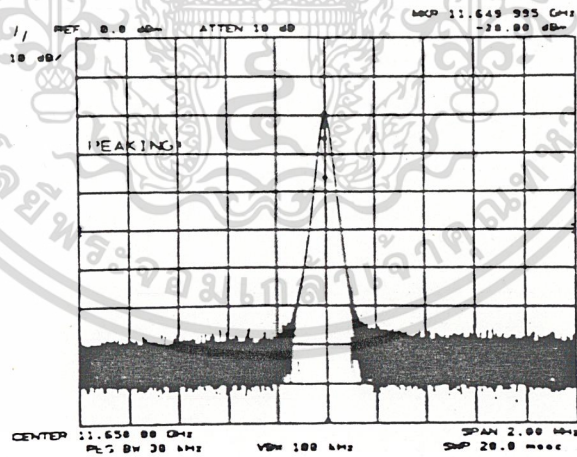
การค้นหาจุดสูงสุดของสัญญาณจะทำการปรับการแทรกคั้งให้มาร์คเกอร์ไปอยู่ที่จุดสูงสุดโดยอัตโนมัติ

ตัวอย่าง เลื่อนมาร์คเกอร์ไปยังจุดของสัญญาณที่เราสนใจโดยการกดปุ่ม NORMAL แล้วบิดปุ่มปรับ ดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23

กดปุ่ม PRESEL. PEAK เครื่องสเปกตรัมอนาไลเซอร์จะทำการมาร์คจุดที่มีค่าสัญญาณสูงสุดโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การควบคุมเครื่องวิเคราะห์ความถี่ผ่านทาง HPIB การ์ด

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดการใช้งานคำสั่งของ HP-IB ที่ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ติดต่อ ที่จะต้องมี HP-IB Card เป็นตัวเชื่อมต่อ ระหว่างเครื่องควบคุม (computer) กับอุปกรณ์ภายนอก เช่น เครื่องพิมพ์, เครื่องวิเคราะห์ความถี่ เป็นต้น

คำสั่งของ HP-IB นี้จะช่วยทำให้โปรแกรมมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เช่นผู้ใช้สามารถป้อนหรือรับข้อมูลเป็นตัวอักษร (string) ได้โดยตรงนอกจากนี้คำสั่งของ HP-IB เกือบ 80% จะใช้ติดต่อกับ I/O ของคอมพิวเตอร์ฉะนั้นโปรแกรมที่ผู้ใช้เขียนจึงไม่จำเป็นต้องมีส่วนในการแปลงข้อมูลตัวอักษรไปสู่ข้อมูลแบบตัวเลข (numeric) อีกจึงทำให้ลดความยาวของโปรแกรมลงได้มากคำสั่งต่างๆของ HP-IB ที่สำคัญมีดังนี้

### 1. IOABORT

คำสั่งนี้ใช้สำหรับยกเลิกการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆซึ่งคำสั่งนี้จะถูกควบคุมจากตัวควบคุม (controller) ปกติมักจะเป็นคอมพิวเตอร์

รูปแบบ IOABORT (Select\_code)

เมื่อ Select\_code : เป็นหมายเลขของตัวเชื่อมต่อ ซึ่งปกติมักจะเป็น 7

### 2. IOCLEAR

คำสั่งนี้ใช้เมื่อต้องการให้เครื่อง เครื่องวิเคราะห์ความถี่ อยู่ในสภาวะเริ่มต้น

รูปแบบ IOCLEAR (Device\_address)

IOCLAER (Select\_code)

เมื่อ Device\_address : เป็น address ของอุปกรณ์ที่ต้องการเคลียร์ (clear)

Select\_code : เป็นหมายเลขของตัวเชื่อมต่อ ที่อยู่บนอุปกรณ์ที่ต้องการจะเคลียร์

### 3. IOENTER

เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับรับค่าข้อมูลแบบจำนวนจริง (real number) ซึ่งจะรับข้อมูลเข้ามาจนกว่าจะเกิดเงื่อนไขต่อไปนี้

-ได้รับจำนวนไบต์ (byte) ทั้งหมดแล้ว

-EOI (End Or Identify) มีค่าเป็น "1"

รูปแบบ IOENTER (Device\_address, data\_REF)

IOENTER (Select\_code, data\_REF)

เมื่อ Device\_address : เป็น address ของอุปกรณ์

Select\_code : เป็นหมายเลขของตัวเชื่อมต่อ

data\_REF : เป็นตัวแปรที่ใช้เก็บข้อมูล

### 4. IOMATCH

เป็นคำสั่งที่ใช้กำหนดตัวอักษรที่คำสั่ง IOENTER จะนำไปใช้เป็นตัวปิดท้ายการส่งข้อมูลซึ่งตัวอักษรนี้มักจะเป็น ตัวอักษรการขึ้นบรรทัด (line feed)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบ IOMATCH (Select\_code,Character,flag)

เมื่อ Select\_code : เป็นหมายเลขของตัว เชื่อมต่อ

Character : เป็นตัวอักษรหนึ่งตัวที่คำสั่ง IOENTER จะนำไปใช้เป็นตัวปิดท้ายการส่งข้อมูล

flag : เป็นตัวแสดงสภาพ เมฆซึ่ง กล่าวคือถ้า เมฆซึ่งแฟล็กจะไม่เท่ากับศูนย์แต่ถ้าไม่ เมฆซึ่ง แล้วแฟล็กจะมีค่าเท่ากับศูนย์

## 5.IOOUTPUT

คำสั่งนี้ใช้สำหรับส่งตัวอักษร (string) ไปยังอุปกรณ์หรือตัว เชื่อมต่อ หลังจากที่ส่งตัวอักษรออกไปแล้วจะตามด้วย EOL (End of Line) หลังจากนั้น EOI (End Or Identify) จะมีค่าเป็นหนึ่ง

รูปแบบ IOOUTPUT (Device\_address,data\_REF,length)

IOOUTPUT (Select\_code,data\_REF,length)

เมื่อ Device\_address : เป็น address ของอุปกรณ์

Select\_code : เป็นหมายเลขของตัว เชื่อมต่อ

data\_REF : เป็น array ที่ใช้เก็บตัวอักษรที่จะส่งออกไป (ซึ่งค่านี้จะต้องมากกว่าศูนย์เสมอ)

## 6.IOTIMEOUT

คำสั่งนี้ใช้สำหรับตั้งค่าเวลาที่เมื่อไว้ของตัว เชื่อมต่อ สำหรับการกระทำด้านอินพุต และ เอาท์พุต (I/O) ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น เครื่องพิมพ์พิมพ์ข้อมูลจนหมดหน้ากระดาษแล้วยังพิมพ์ต่อไปอีกนานเท่ากับช่วงเวลาที่ตั้งไว้

รูปแบบ IOTIMEOUT (Select\_code,timeout)

เมื่อ Select\_code : เป็นหมายเลขของตัว เชื่อมต่อ

timeout : เป็นตัวกำหนดคาบเวลาถ้ามีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าไม่มี timeout แต่ถ้าเป็นลบจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ หนึ่งค่า timeout จะต้องตั้งไว้ส่วนต้นของโปรแกรมเพื่อเมื่อเวลาไว้สำหรับการทำงานด้าน I/O ที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งค่า timeout นี้จะต้องเป็นค่าจำนวนจริงและมีหน่วยเป็นวินาที ค่า timeout จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 4096 วินาที

## รูปแบบการเคลื่อนย้ายข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในการส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับ เครื่องวิเคราะห์ ความถี่ ซึ่งในการส่งข้อมูลนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ 3 ประการดังต่อไปนี้

- 1.รูปแบบของข้อมูลที่จะเคลื่อนย้ายผ่าน HP-IB Card
- 2.ประเภทของตัวแปรในโปรแกรมที่จะใช้รับและส่งข้อมูล
- 3.ความเร็วในการเคลื่อนย้ายข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของความเร็วในการเคลื่อนย้ายข้อมูล ผู้ใช้สามารถเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนย้ายข้อมูลได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น

-เคลื่อนย้ายข้อมูลเป็นกลุ่มๆ จะทำให้สามารถเพิ่มความเร็วได้ประมาณ 10 เท่าเมื่อเทียบกับการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบเดิม

-ใช้ DMA (Direct Memory Access) ซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วได้อีกประมาณ 15%

-ใช้สายส่งที่มีความเร็วสูง (High-Speed Bus) จะสามารถเพิ่มความเร็วได้ประมาณ 30%

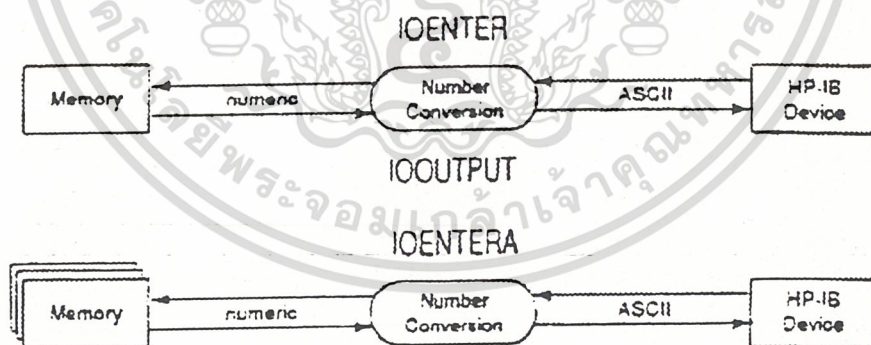
เมื่อเราพิจารณารูปแบบการเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับ เครื่องวิเคราะห์ความถี่ แล้วจะมีอยู่หลายประเภทซึ่งผู้ใช้จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานที่ทำอยู่

รูปแบบการเคลื่อนย้ายข้อมูลสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะดังต่อไปนี้

#### 1. Formatted-Data Transfer

อุปกรณ์ HP-IB ส่วนใหญ่จะส่งและรับข้อมูลตัวเลข (Numeric Data) ด้วยตัวอักษร ASCII ตัวอย่าง เช่น 14.5000 สามารถแทนด้วยอักษร "14.5" ถึงแม้ว่าตัวอักษรนี้จะไม่สามารถนำไปใช้คำนวณได้แต่ก็สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นตัวเลขแล้วนำไปคำนวณต่อไปได้

การเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบข้อมูล (Format Data) นี้จำเป็นต้องแปลงตัวเลขไปเป็นตัวอักษร และแปลงตัวอักษรกลับไปเป็นตัวเลขอยู่เสมอ ตัวอย่างเช่น ถ้าอุปกรณ์ HP-IB ส่งและรับข้อมูลตัวเลขแบบตัวอักษร ASCII แล้วจะต้องใช้คำสั่งใน HP-IB Library เพื่อเปลี่ยนข้อมูลนั้นกลับมาเป็นตัวเลขตามไดอะแกรมข้างล่างนี้



รูปที่ 4.25 แสดงการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบข้อมูล

รูปแสดงไดอะแกรมการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบ Formatted Data Transfer จากรูปจะเห็นได้ว่าการเคลื่อนย้ายข้อมูลรูปแบบ (Formatted data) จำเป็นต้องใช้ขบวนการทางคอมพิวเตอร์ เพื่อแปลงข้อมูลดังนั้นการเคลื่อนย้ายแบบนี้ไม่สามารถทำแบบ DMA (Direct Access) ได้นอกจากนี้ในขบวนการแปลงข้อมูลจะใช้เวลาน้อยมากแต่โดยรวมแล้วการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าการเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย้ายข้อมูลแบบกลุ่มข้อมูล (block-data) ประมาณ 10 เท่าแต่อย่างไรก็ตามการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบ (format data) มีประสิทธิภาพที่น่าพอใจ

### องค์ประกอบของ formatted data transfer

-การป้องกัน EOI เป็น "1" สำหรับอินพุทและเอาต์พุท โดยปกติแล้ว EOI จะมีค่าเป็น "1" เมื่อข้อมูลไบต์สุดท้ายถูกเคลื่อนย้ายเข้ามา แต่ผู้ใช้สามารถทำให้ EOI เป็น "0" ได้โดยใช้คำสั่ง IOEOI

-การเปลี่ยนตัวอักษร EOL (End of Line) สำหรับเอาต์พุทโดยปกติข้อมูลจะถูกปิดท้ายด้วยตัวอักษร carriage-return และ line feed แต่ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนตัวอักษรนี้ได้โดยใช้คำสั่ง IOEOL

-การตั้งเวลาสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยปกติแล้วการเคลื่อนย้ายข้อมูลจะใช้เวลาเป็นมาตรฐานคงที่เสมอ แต่ผู้ใช้สามารถกำหนดเวลาในการเคลื่อนย้ายข้อมูลให้เร็วขึ้นได้ โดยใช้คำสั่งพิเศษ IOFASTOUT

### 2. Block Data Transfer

อุปกรณ์ HP-IB บางตัวสามารถส่งและรับข้อมูลแบบกลุ่มได้แต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยกลุ่มที่มีข้อมูลบรรจุอยู่ภายใน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำไปใช้คำนวณและแปลความหมายต่อไป ตัวอย่างเช่น เลขจำนวน -32,768 ถึง 32,768 จะสามารถแทนด้วยตัวเลขจำนวน 2 ไบต์เท่านั้นหรือเลขจำนวนจริงจึงสามารถแทนด้วยตัวเลข 4 ไบต์ แต่เงื่อนไขต่างๆเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจรภายในและโปรแกรมที่ใช้รับส่งข้อมูล

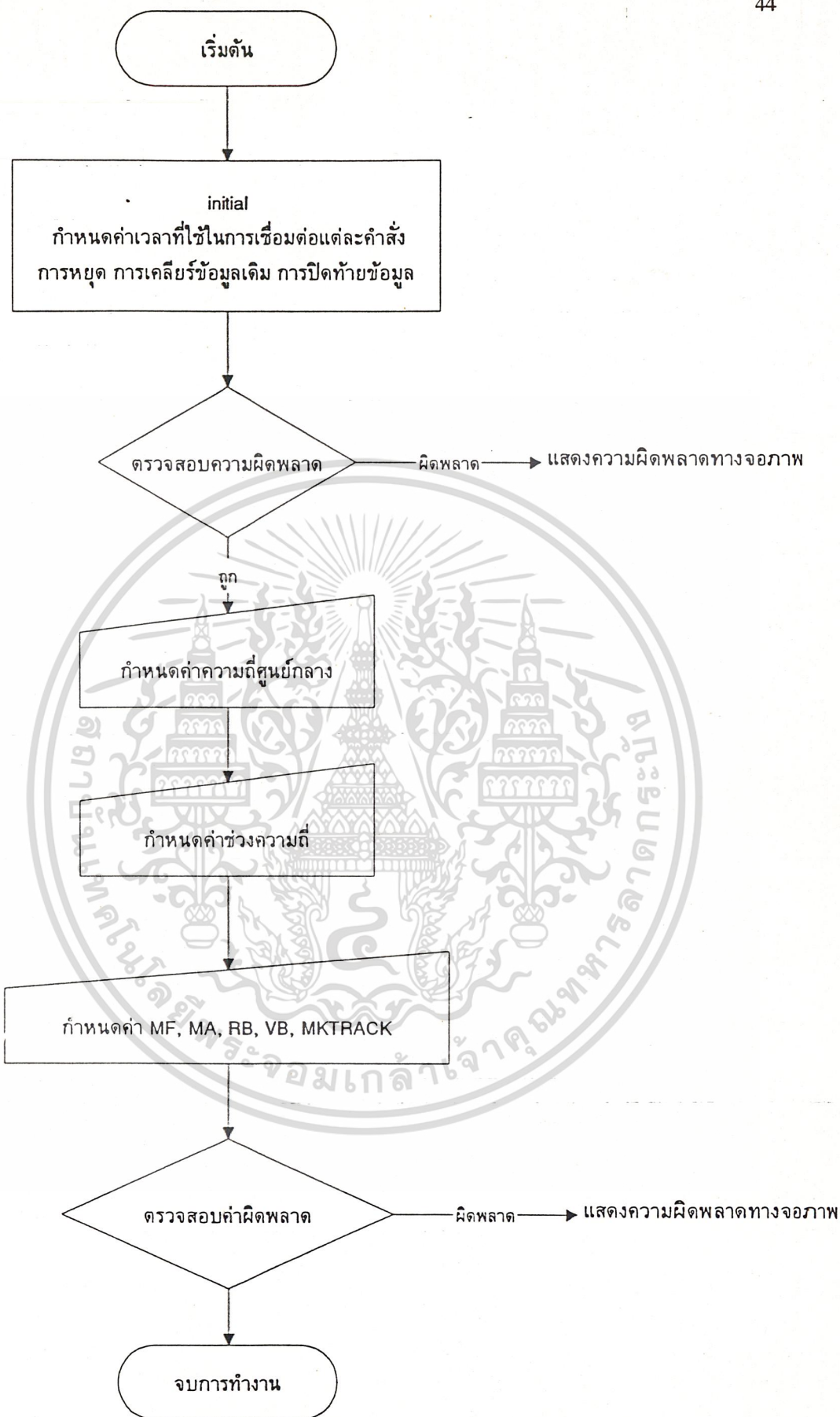
การเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบไบต์ระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามข้อมูลยังไม่ถูกแปลความหมายในขณะที่ยังทำการเคลื่อนย้ายข้อมูล

### การทำงาน

การเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบนี้ไม่จำเป็นต้องแปลงตัวแปรเหมือนกับ Formatted Data Transfer แต่อาศัยการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบไบต์ต่อไบต์คำสั่งที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบ Block Data Transfer แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

-Arbitrary-block data กลุ่มของข้อมูลจะประกอบด้วยข้อมูลตั้งแต่ 2 ไบต์ขึ้นไป ซึ่งขนาดของกลุ่มข้อมูลจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน IEEE-488.2 เมื่อข้อมูลที่ส่งออกจะประกอบด้วยไบต์ของข้อมูลและรหัสที่ใช้กำหนดขนาดของข้อมูลที่ส่งออก แต่ในกรณีที่ได้รับข้อมูลเข้ามาผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องกำหนดรหัสที่บอกขนาดข้อมูลที่รับมาก็ได้แต่ต้องใช้ไบต์ปิดท้ายข้อมูลที่ได้รับมาด้วยเสมอ

-Binary-block data ข้อมูลที่รับส่งกันจะไม่มีรหัสที่ใช้บอกขนาดข้อมูล แต่อุปกรณ์ HP-IB สามารถส่งและรับข้อมูลได้อย่างถูกต้องโดยที่ผู้ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมที่ใช้กับคำสั่ง IOENTER



รูปที่ 4.5 แสดงโฟลชาตการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void spectrum(void)
{

    printf("SPECTRUM ANALYZER & CONTROLLER CHECK!!!!\n");
    initialize();
    printf("End Of Initialize. It's O.K.\n\n");
    printf("*****\n");
    sel_freq();
    printf("\n\n**** End Of Setup ****\n");

    get_datable();
    printf("end of get data");
}

void initialize(void)
{
    error_handle(IOTIMEOUT(isc,5.0),"IOTIMEOUT");
    error_handle(IOABORT(isc),"IOABORT");
    error_handle(IOCLEAR(isc),"IOCLEAR");
    error_handle(IOMATCH(isc,'\n',0),"IOMATCH");
}

void error_handle(int error,char *routine)
{
    if (error != NOERR){
        printf ("HPIB error in call to %s : %d :,%s\n",routine,error,errstr(error));
        exit (1);
    }
    return;
}

void sel_freq(void)
{
    char cmd[80];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
float center,span,aa;
```

```
int ans;
```

```
float rr,vv,mar;
```

```
printf("!! PLEASE ENTER THE VALUE of ATTENUATION. (dB) : ");
```

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

```
printf("!! PLEASE ENTER THE VALUE of CENTER FREQUENCY (MHz) : ");
```

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

```
printf("!! PLEASE ENTER THE VALUE of SPAN FREQUENCY (KHz) : ");
```

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

```
sprintf(cmd,"AT%.0fDB;CF%.5fMZ;SP%.0fKZ;",aa,center,span);
```

```
out(cmd);
```

```
printf("\n!! PLEASE ENTER THE VALUE of RESOLUTION BANDWIDTH (KHz) : ");
```

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

```
printf("!! PLEASE ENTER THE VALUE of VIDEO BANDWIDTH (KHz) : ");
```

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

```
sprintf(cmd1,"RB%.0fKZ;VB%.0fKZ;",rr,vv);
```

```
out(cmd1);
```

```
printf("\n 1.USE SIGNAL TRACKING");
```

```
printf("\n 2.USE MARKER FREQ.\n");
```

```
printf("\n!! PLEASE SELECT THE CHOICE : ");
```

```
ans=getche();
```

```
switch(ans){
```

```
case '1' :
```

```
    sprintf(cmd1,"M2;MKTRACK ON;MF;");
```

```
    out(cmd1);        // (*M2;MKTRACK ON;MF;");
```

```
    break;
```

```
case '2' :
```

```
    printf("\n!! PLEASE ENTER THE VALUE OF MARKER FREQ.(MHz) : ");
```

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        sprintf(cmd1, "M2;MKF%.5fMZ;MF", mar);
        out(cmd1);
        break;
    }
}

```

จากโปรแกรมข้างต้นเราสามารถทำความเข้าใจอย่างคร่าว ๆ ได้ดังนี้

- define** : เป็นการกำหนดค่าชนิดของการเชื่อมต่อของการวัดว่าเป็นชนิดใด ( 3 ) และเป็นการกำหนดว่าพอร์ทของเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์มีค่าแอดเดรสเท่าไร (18)
- main** : เป็นโปรซีเดอร์ที่มีการเรียกโปรซีเดอร์ของการเริ่มต้นในการใช้การ์ดการเชื่อมต่อและการรับค่าข้อมูลจากเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์
- initial** : เป็นโปรซีเดอร์ที่ทำการเริ่มต้นในการใช้การ์ดการเชื่อมต่อ โดยการกำหนดค่า เวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อของคำสั่งแต่ละคำสั่ง การหยุด การเคลียร์ข้อมูลเดิม และการหาตัวอักษรที่เหมือนกันเพื่อค้นหาจุดสิ้นสุดของข้อมูล
- error\_handle** : เป็นโปรซีเดอร์ที่มีไว้คอยตรวจสอบค่าของความผิดพลาด ซึ่งทุก ๆ คำสั่งของการเชื่อมต่อกับ สเปคตรัมอนาไลเซอร์นี้จะต้องมาคอยตรวจสอบค่าของความผิดพลาดอยู่เสมอ ซึ่งถ้ามีค่าของความผิดพลาดเกิดขึ้นก็จะมี การหยุดทำงานและฟ้องค่าและความหมายโดยย่อของความผิดพลาดขึ้นที่หน้าจอ
- sel\_freq** : เป็นโปรซีเดอร์ที่จะขอค่าความถี่กลางกับค่าช่วงความถี่ที่ต้องการจากผู้ใช้ และทำการส่งค่าที่ได้รับมาไปให้แก่เครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์เพื่อเปลี่ยนผลลัพธ์ที่หน้าจอให้เป็นแบบที่ผู้ใช้ต้องการ
- getdata** : เป็นโปรซีเดอร์ที่มีไว้เพื่อรับค่าของข้อมูลที่ต้องการจากเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์และทำการเก็บค่าไว้สำหรับนำไปวาดรูปกราฟที่ต้องการ ( ในโปรซีเดอร์นี้จะมีการส่งค่าความละเอียดและค่าการแสดงผลไปยังเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์ด้วย ) โปรซีเดอร์นี้จะมีการใช้คำสั่งที่ใช้สำหรับการควบคุมเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์เช่น  
 MF เป็นคำสั่งที่สั่งให้เครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์ส่งค่าของความถี่ที่ถูกชี้โดยมาร์คเกอร์กลับมายังเครื่องคอมพิวเตอร์  
 MA เป็นคำสั่งที่สั่งให้เครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์ส่งค่าของขนาดที่ทำการชี้โดยมาร์คเกอร์กลับมายังเครื่องคอมพิวเตอร์  
 RB300KZ เป็นคำสั่งที่สั่งให้เครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์มีค่าความละเอียดในการแสดงผลบนหน้าจอในค่าที่กำหนดไว้  
 VB10KZ เป็นคำสั่งที่สั่งให้เครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์มีค่าให้อยู่ในช่วงของการแสดงผลที่หน้าจอ

MKTRACK ON เป็นคำสั่งที่สั่งให้เครื่องสเปคตรัมอนาไรเซอร์ทำการกวาดหาจุดสูงสุดของสัญญาณและทำการแอดทีฟมาร์คเกอร์ที่จุดนั้นๆ

out : เป็นโปรซีเดอร์ที่ทำการส่งค่าต่างๆที่กำหนดในโปรแกรมไปยังเครื่องสเปคตรัมอนาไรเซอร์ เพื่อทำการควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### แพทเทิร์นของการแพร่กระจายคลื่น

แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่น ( Radiation Pattern ) คือรูปที่ใช้เพื่อแสดงคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่น ซึ่งเป็นฟังก์ชันของสเปซโคออดิเนต (Space Coordinate) ส่วนใหญ่แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นนี้มักจะถูกคิดในบริเวณที่เป็นสนามระยะไกล (Far-Field) แพทเทิร์นของการแพร่กระจายคลื่นนั้นสามารถแบ่งตามลักษณะของรูปกราฟได้ 2 แบบ คือ

- 1) กราฟวงกลม
- 2) กราฟเส้นตรง

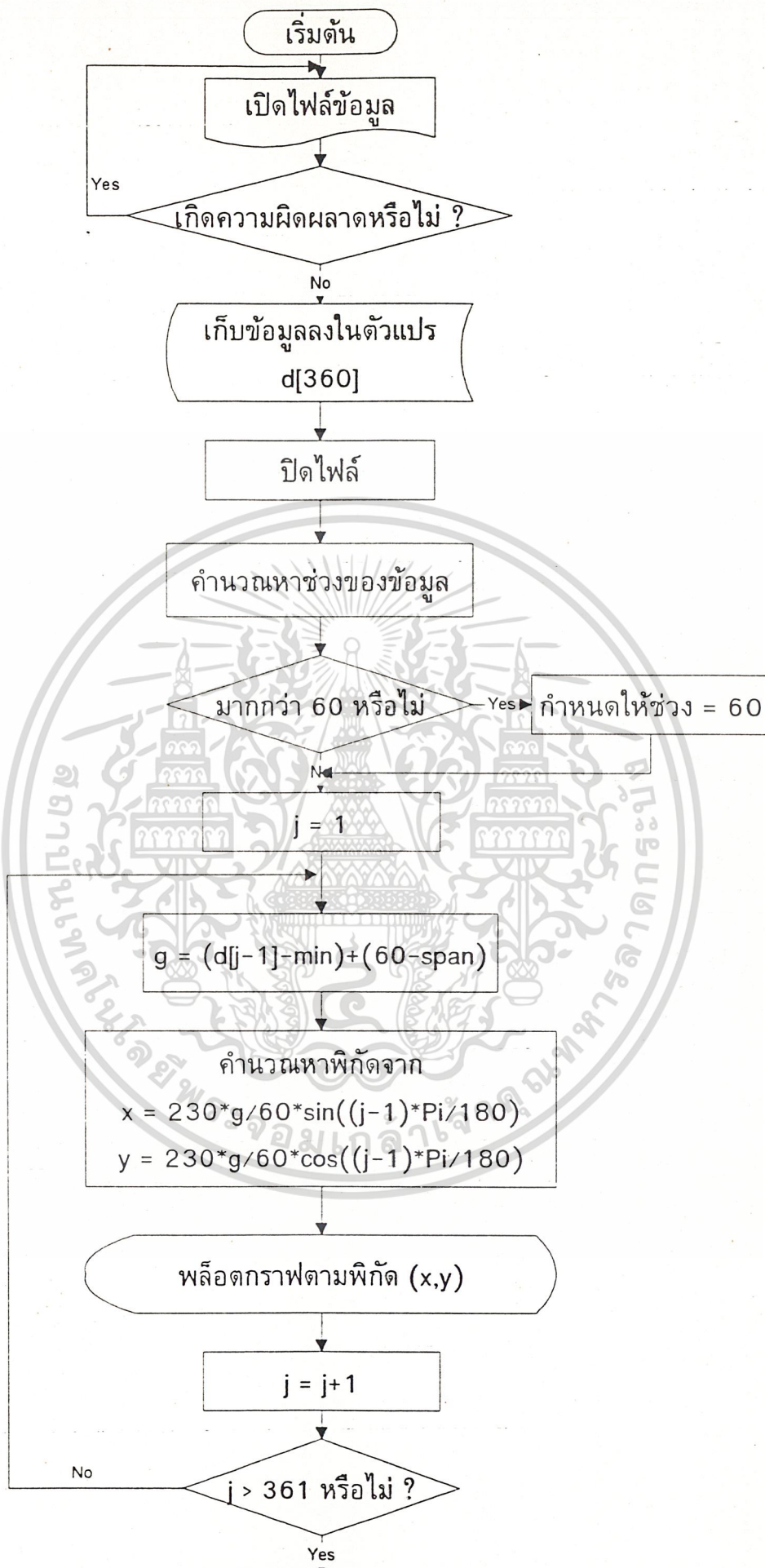
#### 1) กราฟวงกลม

กราฟวงกลม นั้นเป็นกราฟที่แสดงอยู่ในรูปลักษณะวงกลม โดยมีรอบวงกลม 360 องศา จะแสดงถึงคุณสมบัติการรับสัญญาณ ที่องศาต่าง ๆ รอบตัวสายอากาศที่องศาต่าง ๆ โดยจะแสดงค่าระดับสัญญาณที่รับได้ในลักษณะที่สัมพันธ์กับค่าที่รับได้สูงสุด

การพล็อตกราฟวงกลม

ในโครงการนี้จะพล็อตกราฟดังกล่าวโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณและการพล็อตประกอบด้วย 2 ขั้นตอน

- 1) อ่านข้อมูล ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากการเก็บค่าจากเครื่องวิเคราะห์ความถี่ โดยจะเก็บค่าตามองศาที่สายอากาศนั้นหมุนไปในทิศทางต่าง ๆ โดยการเก็บข้อมูลในลักษณะที่เป็นไฟล์
- 2) การนำข้อมูลมาพล็อตกราฟที่จอมอนิเตอร์ โดยที่จอมอนิเตอร์นั้นจะมีความละเอียดเท่ากับ 640x480 ( VGA ) ดังนั้นที่จุดศูนย์กลางของจอจะมีพิกัด ( 320,240 ) โดยที่มุมบนด้านซ้ายของจอมีพิกัด ( 0,0 ) เพื่อที่จะให้ได้กราฟในลักษณะที่เปลี่ยนตามองศาของวงกลมจึงจำเป็นต้องนำฟังก์ชันทางตรีโกณมิติมาช่วยในการคำนวณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และห้องอย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโพลชาตสามารถอธิบายได้ดังนี้

- 1) อ่านข้อมูลจากไฟล์โดยใช้คำสั่ง fread(d,sizeof(float),360,fil); ซึ่งจะเก็บข้อมูลที่รับจากเครื่องวิเคราะห์ความถี่ โดยเก็บในตัวแปรอาเรย์ d[360]
- 2) หาค่าที่มากที่สุดและค่าที่น้อยที่สุดของข้อมูลแต่ละชุด เพื่อที่จะหาช่วงของข้อมูลแต่ละชุดเพื่อจะนำมาพล็อตกราฟ
- 3) นำข้อมูลแต่ละตัวก่อนที่จะพล็อต  $g = (\text{ข้อมูล} - \text{min}) + (60 - \text{ช่วงของข้อมูล})$
- 4) นำค่าที่จากข้อ 3 มาพล็อตกราฟ โดยที่แต่ละพิกัดในกราฟหาได้จาก
 
$$y = 232 * g / 60.0 * \cos( (-(j-1)) * \pi / 180 );$$

$$x = 232 * g / 60.0 * \sin( (-(j-1)) * \pi / 180 );$$
- 5) นำพิกัดที่ได้มาพล็อตกราฟโดยใช้ฟังก์ชัน

```
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);
}
```

โปรแกรมที่นำมาใช้พล็อตกราฟวงกลมแสดงดังข้างล่างนี้

```
void polar_plot()
{
    double pi,x,y;
    int i,j,k,l,h,m,n;
    int max,max1,span,min,min1,e[360],f[360];
    FILE *fil;
    char finame1[30];
    int driver;
    int mode ;
    float d[360],g,o;
    int polyarray[]={0,0,640,0,640,480,0,480};
    clrscr();

    printf("File name : ");
    scanf("%s",finame1);
    fil=fopen(finame1,"rb");
```

```

clrscr();
driver = DETECT;
initgraph(&driver,&mode,"c:\\borlandc\\bgi\\");
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*/
{
    if (d[j] > max1)
    {
        if(d[j]>max)
        {
            max=d[j];
            k=j;
        }
        max1=d[j];
    }
    else
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        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;
        }
        min1=d[j];
    }
}

span=max-min;
for (j=1;j<360;j++)
{
    h=max;
    g=(d[j-1]-min)+(60.0-span);
    if((d[j-1])>=60.0)
    {
        x=0.0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        y=0.0;
    }
    else
    {
        y=(232*g/60.0*cos( ( -(j-1) ) *pi/180));
        x=(232*g/60.0*sin( ( -(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 ],LIGHTBLUE);
}
color_line(e[ 359 ],f[ 359 ],e[ 1 ],f[ 1 ],LIGHTBLUE);
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");
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);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

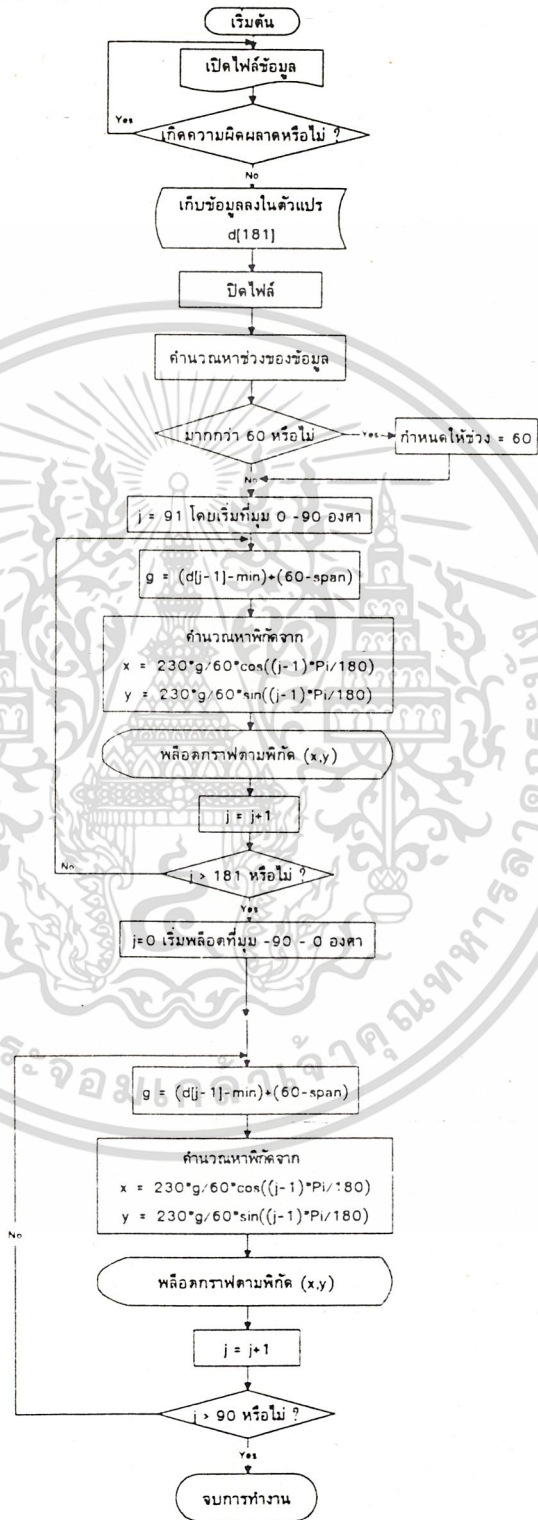
```

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();
}

```

## 2) กราฟเส้นตรง

ฟังก์ชันพล็อตกราฟแบบเรกแทนกูลาร์จะเปิดไฟล์ข้อมูลแล้วเก็บข้อมูลไว้ใน d[360] แล้วสร้างส่วนประกอบของกราฟ โดยช่วงการพล็อตจะพล็อตได้ 50 dB แล้วหาค่าต่ำสุดและสูงสุดของข้อมูลที่รับเข้ามา แปลงค่าข้อมูลให้อยู่ในตำแหน่งของจุดบนหน้าจอ แล้วพล็อตค่าข้อมูลโดยคำสั่ง ColorLine (X1, Y1, X2, Y2, color) จะลากเส้นจากจุด (X1, Y1) ไป (X2, Y2) โดยใช้ color กำหนดสี การพล็อตจะพล็อตแต่ละจุดห่างกัน 1 องศา ในรูป FOR ลูปแรกของการ จะพล็อตจาก 0 องศา ถึง 180 องศา และลูป FOR ลูปที่สองเป็นการพล็อตจาก 181 องศา ถึง 360 องศา แล้วแสดงตำแหน่งที่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดและค่าข้อมูลที่ตำแหน่งนั้น แล้วจึงปิดโหมดกราฟฟิก สามารถแสดงได้ดังโพลชาตต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.2 แสดงโพลชาตการพล็อตกราฟเส้นตรง

## ฟังก์ชันที่ใช้ในการพล็อตกราฟเส้นตรง

```

void rectan_plot()
{
    int i,j,k,c;
    double max,min,max1,min1,dmx,dmn,span;
    int driver;
    int mode;
    FILE *fil;
    char str[50],fname[30];
    float d[360];
    int polyarray[]={0,0,640,0,640,480,0,480};

    c=3;
    clrscr();
    printf("ENTER FILE NAME : ");
    scanf("%s",fname);
    fil=fopen(fname,"rb");
    fread(d,sizeof(float),360,fil);
    driver = DETECT;
    initgraph(&driver,&mode,"c:\\borlandc\\bgi\\");
    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);
            outtextxy(i,455,str);
            j=j+30;
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    k++;
}
j=0;
for (i=5;i<=445;i=i+88)
{
    color_line(75,i,80,i,c);
    sprintf(str,"%0.1d",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];
    }
    else
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        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++)
```

```
{
```

```
    d[i]=d[i]-max;
```

```
    if (d[i]<-50.0)
```

```
        d[i]=-50.0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

d[i]=(d[i]+50.0)*440/span;

}

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)]),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();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### การทดสอบ เงื่อนไขการทดสอบและผลการทดสอบ

#### ผลการทดลองที่ 1

ในการทดสอบสายอากาศของบริษัทแอตวันซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส (มหาชน) จำกัด ทั้ง 3 ตัวนี้ ขั้นตอนและรูปแบบการทดสอบถูกกำหนดขึ้นจากทางผู้จัดทำได้อธิบายไว้ในขั้นตอนการทดสอบต่อไป

#### ชื่อและรุ่นของสายอากาศ

สายอากาศที่ทำการทดสอบมีทั้งสิ้น 3 ต้น แบ่งเป็น 3 รุ่น ดังนี้

1. สายอากาศต้นที่ 1 เป็นสายอากาศ ALLGON รุ่น 7143.14.33.00 S/N 618
2. สายอากาศต้นที่ 2 เป็นสายอากาศ CELWAVE รุ่น AP9013 S/N 522050
3. สายอากาศต้นที่ 3 เป็นสายอากาศ ALLGON รุ่น 7146.38.33.00 S/N 259

#### รายละเอียดระบบทดสอบและสายสัญญาณ

ชุดสร้างและส่งสัญญาณความถี่สูงประกอบด้วย

1. ตัวกำเนิดความถี่ HP 8657A 1 เครื่องสร้างความถี่ได้ในช่วง 0.1-1040 เมกกะเฮิร์ตจ่ายกำลังสูงสุดได้ +10 เดซิเบลมิลลิวัตต์
2. สายนำสัญญาณความถี่สูงแบบแข็งหัวต่อแบบ N ยาว 0.5 เมตร 1 เส้น ค่าความสูญเสียกำลังในสายน้อยมาก เมื่อใช้งานที่ความถี่ 1000 เมกกะเฮิร์ต
3. สายอากาศมาตรฐานแบบลอคพีรอดีค 1 ตัว
4. ขายึดสายอากาศสูง 1.50 เมตร 1 ตัว

ชุดรับและอ่านค่าความเข้มสัญญาณประกอบด้วย

1. เสาและขายึดสำหรับติดตั้งสายอากาศ สูง 4 เมตร 1 ต้น
2. สายนำสัญญาณความถี่สูงหัวต่อแบบ N-TYPE ยาว 10 เมตร 2 เส้น ค่าความสูญเสียกำลังในสายน้อยกว่า 2 เดซิเบลที่ความถี่ 1000 เมกกะเฮิร์ต
3. สายนำสัญญาณความถี่สูงของบริษัท ยาวประมาณ 3 เมตร 1 เส้น
4. หัวต่อชนิด N 1 ตัว
5. แท่นหมุนสายอากาศและตัวควบคุม EMCO 1 ชุด มุมในการหมุนน้อยที่สุดเท่ากับ

1 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม EMI Reciever HP 8572A 1 ชุด ความถี่ใช้งาน 100 เฮิร์ต - 22000 เมกกะเฮิร์ต
7. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 32 บิตและเครื่องพิมพ์ 1 ชุด
8. โปรแกรมควบคุมระบบการทดสอบสายอากาศและแสดงผลการทดสอบ 1 ชุด
9. เครื่องวิเคราะห์ห้วงจร HP 8720C ความถี่ใช้งาน 50 เมกกะเฮิร์ต - 20000 เมกกะเฮิร์ต

หน่วยต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบสายอากาศมีดังนี้

ความยาว มีหน่วยเป็น เมตร

ความแรงสัญญาณ มีหน่วยเป็น เดซิเบลมิลลิวัตต์

มุม มีหน่วยเป็น องศา

ความถี่ มีหน่วยเป็น เมกกะเฮิร์ต

ค่าความผิดพลาดเนื่องจากการทดสอบและระบบการทดสอบ

ระยะทาง ค่าความผิดพลาด ไม่เกิน 2 เมตร

ความยาว ค่าความผิดพลาด ไม่เกิน 0.001 เมตร

มุม ค่าความผิดพลาด ไม่เกิน 0.5 องศา

ความแรงสัญญาณ ค่าความผิดพลาด ไม่เกิน 0.05 เปอร์เซ็นต์

ความถี่ ค่าความผิดพลาด ไม่เกิน 0.0001 เปอร์เซ็นต์

### สถานที่ทดสอบ

สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบแบ่งออกเป็น 3 สถานีนงานคือ

1. สถานีส่งสัญญาณอยู่บริเวณชั้น 5 ของตึกคณะครุศาสตร์ สจล. ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือชุดสร้างและส่งสัญญาณความถี่สูง
2. สถานีรับสัญญาณอยู่บริเวณดาดฟ้าของตึกสำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สจล. ใช้สำหรับติดตั้งสายอากาศ,เสาสำหรับยึดสายอากาศ,เครื่องวัดความแรงสนามและแท่นหมุน
3. สถานีควบคุมการทดสอบ อยู่ในห้องปฏิบัติการวิจัยและบริการคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าห้อง 426 ชั้น 4 ตึกสำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สจล. ใช้สำหรับติดตั้งเครื่องวิเคราะห์ความถี่,ตัวควบคุมแท่นหมุน,ไมโครคอมพิวเตอร์และโปรแกรมควบคุมและแสดงผลการทดสอบ

ระยะห่างระหว่างจุดรับและจุดส่งสัญญาณ ประมาณ 160 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สภาพแวดล้อมขณะทดสอบ

การทดสอบกระทำในเวลา 10.00 น. ถึง 17.30 น. ในสภาพอากาศปกติ ท้องฟ้าแจ่มใส อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส

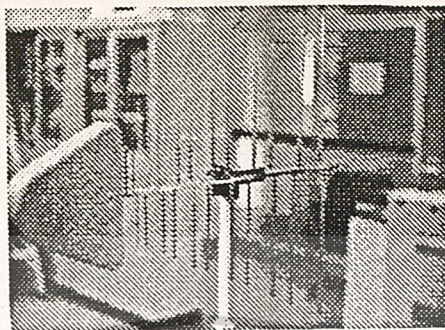
## ขั้นตอนการทดสอบ

สายอากาศแต่ละตัวจะถูกทดสอบเพื่อหารูปแบบการกระจายคลื่นในแนวตั้ง ที่ความถี่ 908 เมกกะเฮิร์ต 1 ครั้ง ที่ความถี่ 953 เมกกะเฮิร์ต 1 ครั้ง และในแนวขวาง ที่ความถี่เดียวกันอีก 2 ครั้ง รวมเป็น 4 ครั้ง จากนั้นจึงจะทดสอบหาความต้านทานของสายอากาศต่อไป

ขั้นตอนการทดสอบรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศแต่ละครั้งจะเป็นดังนี้

1. ติดตั้งสายอากาศมาตรฐานแบบลอคพีริออดิค ที่สถานีส่งสัญญาณ โดยให้มีทิศทางและตำแหน่งชี้มายังสถานีรับสัญญาณ และตั้งแนวแกนของสายอากาศให้ตรงกัน เปิดเครื่องกำเนิดสัญญาณเพื่อส่งสัญญาณความถี่ 908 เมกกะเฮิร์ต ออกมาในระดับความแรงเท่ากับ +10 dBm
2. ติดตั้งสายควบคุมเข้ากับแท่นหมุน สั่งให้แท่นหมุนสายอากาศหมุนมาอยู่ที่ตำแหน่ง 0 องศา
3. ติดตั้งสายอากาศ เข้ากับเสาที่ห้องปฏิบัติการ เตรียมไว้ที่สถานีรับสัญญาณ โดยปรับทิศทาง, ระดับและตำแหน่งของสายอากาศให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง\*
4. เปิดเครื่องวิเคราะห์ความถี่, เครื่องควบคุมแท่นหมุนสายอากาศและเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์
6. เรียกใช้โปรแกรมที่ควบคุมการวัดสายอากาศ ป้อนค่าความถี่ และตัวแปรอื่นๆ ให้กับโปรแกรม
7. โปรแกรมจะควบคุมการทำงานทั้งหมดโดยจะมีการอ่านค่าความแรงของสัญญาณ 1 ค่า เมื่อแท่นหมุนไป 1 องศา จนครบ 360 องศาที่มุม -90 องศาอีกครั้ง ก็จะได้ค่าความแรงของสัญญาณ 360 ค่า ซึ่งจะเก็บเป็นแฟ้มอยู่ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

เมื่อโปรแกรมทำงานจนสิ้นสุดแล้วก็จะเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ส่งเป็นค่าต่อไป เมื่อครบสองความถี่แล้วก็จะเปลี่ยนแนวแกนของสายอากาศและเริ่มทดสอบตามข้อ 1 ใหม่ จนครบ 2 ความถี่ 2 แนวแกนแล้ว จึงเปลี่ยนเป็นสายอากาศตัวต่อไป



รูปที่ 6.1 แสดงสายอากาศส่ง



รูปที่ 6.2 แสดงสายอากาศรับ

\* ในการติดตั้งสายอากาศ ช่างจากทาง AIS เป็นผู้ดำเนินการทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\* ในการติดตั้งสายอากาศ ช่างจากทาง AIS เป็นผู้ดำเนินการทั้งหมด

### ผลการทดสอบและกราฟแสดงผลการทดสอบ

ผลการทดสอบที่ได้จากสายอากาศ 1 ต้น จะประกอบด้วย

1. กราฟแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น
  - 1.1 ตารางแสดงค่าความแรงของสัญญาณ ในแนวตั้ง  $\pm 360$  องศา ที่ความถี่ 908 เมกกะเฮิร์ต
  - 1.2 ตารางแสดงค่าความแรงของสัญญาณ ในแนวนอน  $\pm 360$  องศา ที่ความถี่ 908 เมกกะเฮิร์ต
  - 1.3 ตารางแสดงค่าความแรงของสัญญาณ ในแนวตั้ง  $\pm 360$  องศา ที่ความถี่ 953 เมกกะเฮิร์ต
  - 1.4 ตารางแสดงค่าความแรงของสัญญาณ ในแนวนอน  $\pm 360$  องศา ที่ความถี่ 953 เมกกะเฮิร์ต
  - 1.5 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่นที่ความถี่ 908 เมกกะเฮิร์ต ในแนวขวาง
  - 1.6 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่นที่ความถี่ 908 เมกกะเฮิร์ตในแนวขวาง
  - 1.7 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่นที่ความถี่ 953 เมกกะเฮิร์ต ในแนวขวาง
  - 1.8 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่นที่ความถี่ 953 เมกกะเฮิร์ตในแนวขวาง
  - 1.9 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่นที่ความถี่ 908 เมกกะเฮิร์ต ในแนวตั้ง
  - 1.10 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่นที่ความถี่ 908 เมกกะเฮิร์ตในแนวตั้ง
  - 1.11 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่นที่ความถี่ 953 เมกกะเฮิร์ต ในแนวตั้ง
  - 1.12 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่นที่ความถี่ 953 เมกกะเฮิร์ตในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

degree( $^{\circ}$ )	20	40	60	80	100	120	140	160
pow (dBm)	-49.30	-53.60	-63.00	-62.60	-73.00	-68.50	-69.70	-75.70
degree( $^{\circ}$ )	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
pow (dBm)	-49.10	-53.30	-59.20	-68.00	-71.70	-68.40	-71.40	-74.10

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวตั้ง  $\pm 360$  องศา  
ที่ความถี่ 908 MHz ดันที่ 1 ( $0^{\circ} = -47.70, 180^{\circ} = -74.70$ )

degree( $^{\circ}$ )	20	40	60	80	100	120	140	160
pow (dBm)	-68.10	-64.70	-85.00	-71.00	-76.70	-88.70	-79.90	-74.80
degree( $^{\circ}$ )	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
pow (dBm)	-65.30	-72.90	-75.10	-68.00	-85.40	-83.70	-79.80	-77.40

ตารางที่ 6.2 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวนอน  $\pm 360$  องศา  
ที่ความถี่ 908 MHz ดันที่ 1 ( $0^{\circ} = -46.50, 180^{\circ} = -75.70$ )

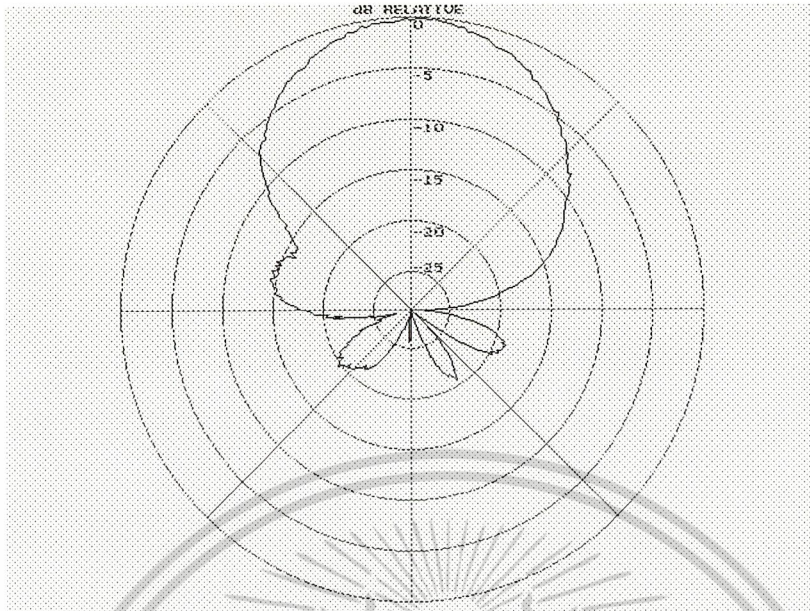
degree( $^{\circ}$ )	20	40	60	80	100	120	140	160
pow (dBm)	-50.70	-57.50	-67.40	-68.80	-67.60	-69.30	-69.20	-73.40
degree( $^{\circ}$ )	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
pow (dBm)	-50.30	-55.20	-63.80	-71.20	-71.30	-70.10	-74.40	-72.40

ตารางที่ 6.3 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวตั้ง  $\pm 360$  องศา  
ที่ความถี่ 953 MHz ดันที่ 1 ( $0^{\circ} = -48.70, 180^{\circ} = -75.80$ )

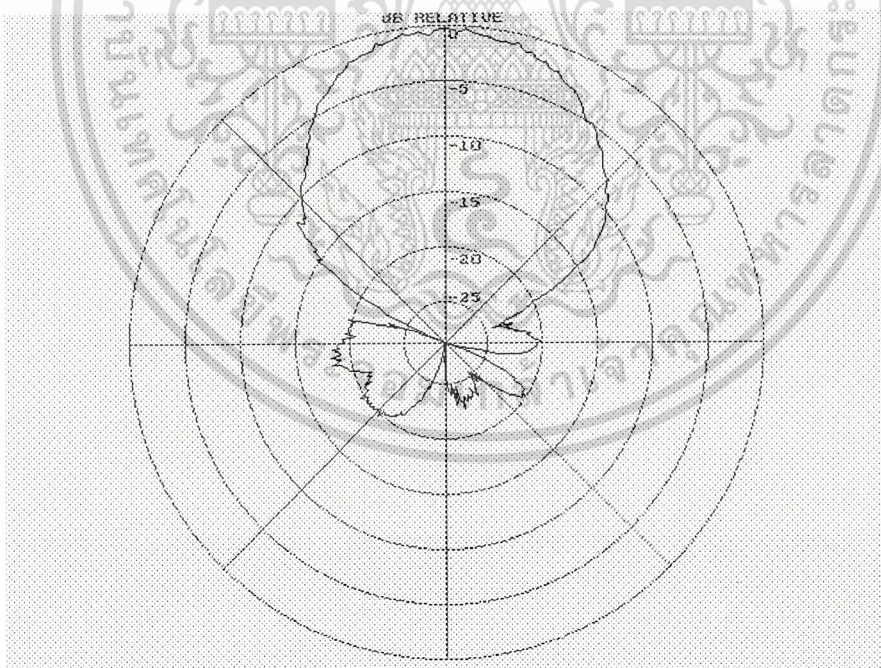
degree( $^{\circ}$ )	20	40	60	80	100	120	140	160
pow (dBm)	-66.50	-68.40	-77.80	-79.60	-82.70	-85.40	-70.20	-72.00
degree( $^{\circ}$ )	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
pow (dBm)	-78.70	-78.40	-72.50	-69.20	-86.00	-81.00	-87.40	-90.30

ตารางที่ 6.4 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวนอน  $\pm 360$  องศา  
ที่ความถี่ 953 MHz ดันที่ 1 ( $0^{\circ} = -53.20, 180^{\circ} = -86.10$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

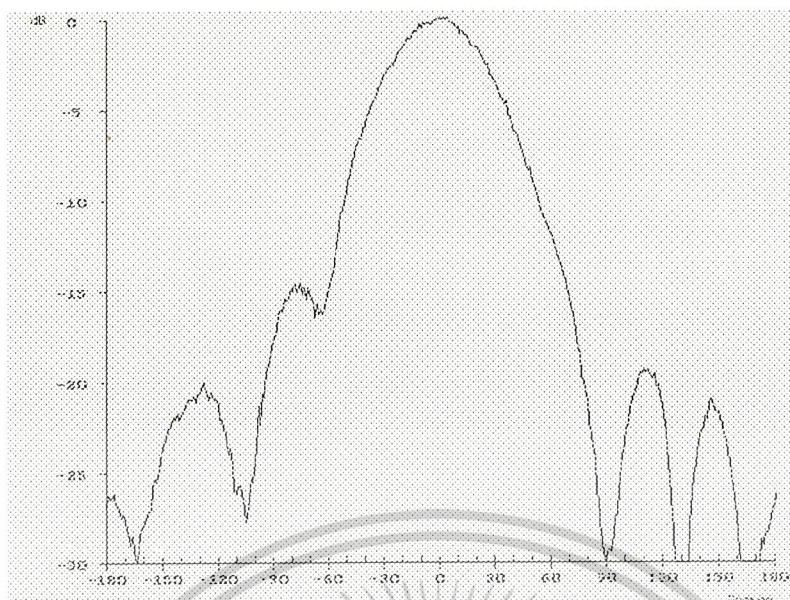


รูปที่ 6.3 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวขวาง ของสายอากาศ ดันที่ 1 (908 Mhz)

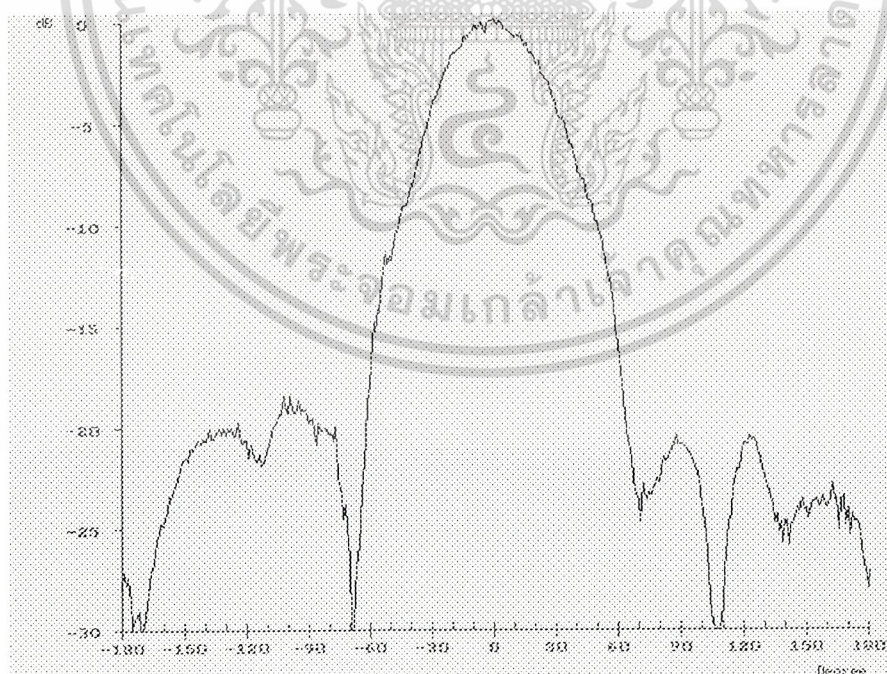


รูปที่ 6.4 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวขวาง ของสายอากาศ ดันที่ 1 (953 Mhz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

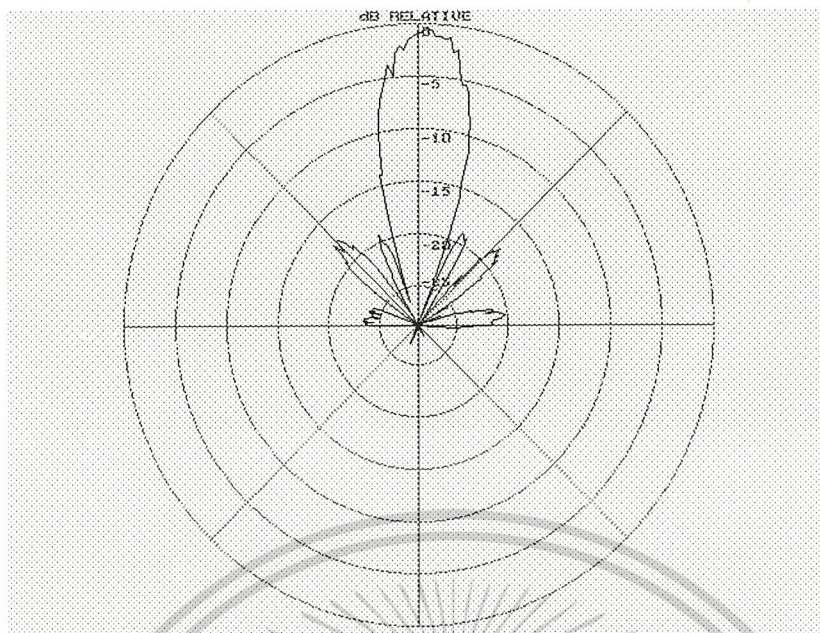


รูปที่ 6.5 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวขวาง ของสายอากาศ ดันที่ 1 (908 Mhz)

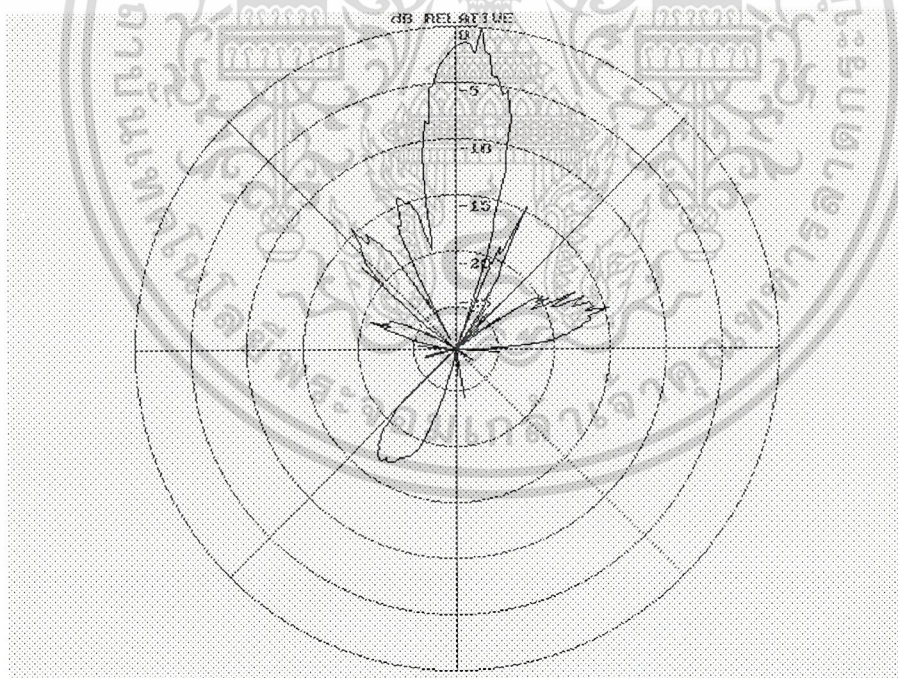


รูปที่ 6.6 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวขวาง ของสายอากาศ ดันที่ 1 (953 Mhz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

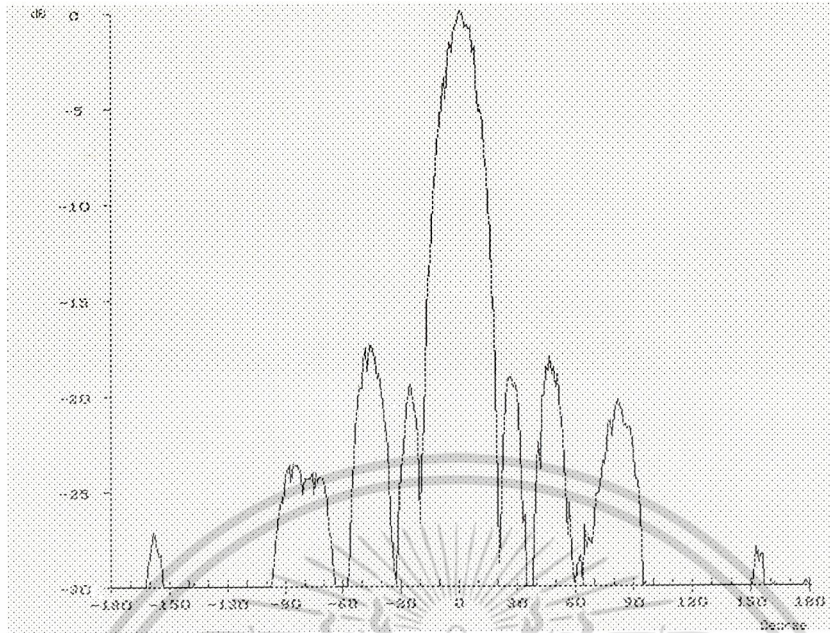


รูปที่ 6.7 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวตั้ง ของสายอากาศ ต้นที่ 1 (908 Mhz)

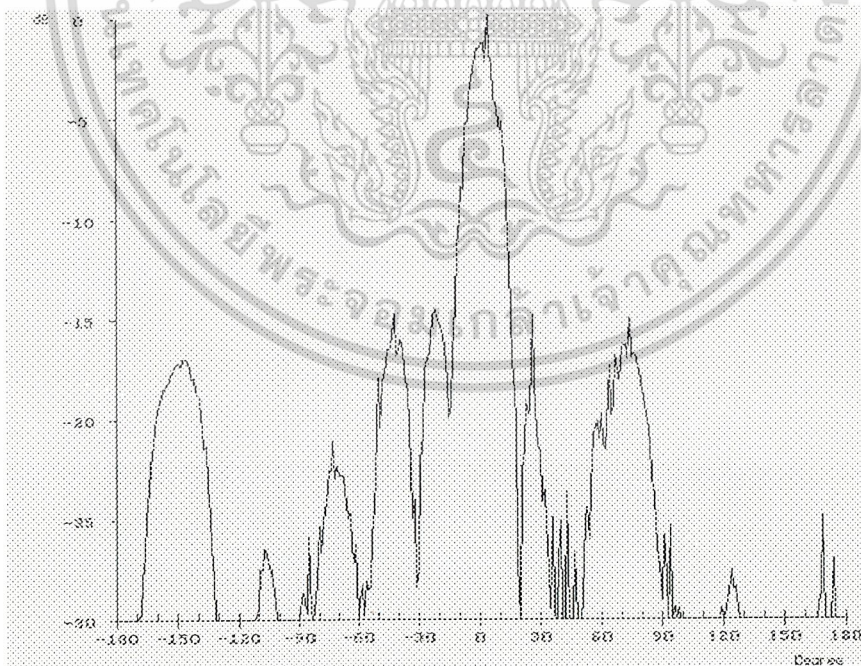


รูปที่ 6.8 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวตั้ง ของสายอากาศ ต้นที่ 1 (953 Mhz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวตั้งของสายอากาศ ดันที่ 1 (908 Mhz)



รูปที่ 6.10 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวตั้งของสายอากาศ ดันที่ 1 (953 Mhz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

degree( $^{\circ}$ )	20	40	60	80	100	120	140	160
pow (dBm)	-49.30	-52.90	-57.40	-66.50	-64.90	-68.50	-101.40	-70.40
degree( $^{\circ}$ )	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
pow (dBm)	-49.70	-53.20	-57.10	-63.30	-68.30	-73.30	-75.60	-82.00

ตารางที่ 6.5 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวตั้ง  $\pm 360$  องศา  
ที่ความถี่ 908 MHz ต้นที่ 2( $0^{\circ}=-48.10, 180^{\circ}=-85.70$ )

degree( $^{\circ}$ )	20	40	60	80	100	120	140	160
pow (dBm)	-61.30	-77.10	-68.60	-98.20	-93.90	-80.90	-79.30	-77.20
degree( $^{\circ}$ )	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
pow (dBm)	-64.90	-75.40	-65.80	-78.50	-77.80	-83.00	-78.80	-92.70

ตารางที่ 6.6 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวนอน  $\pm 360$  องศา  
ที่ความถี่ 908 MHz ต้นที่ 2( $0^{\circ}=-47.80, 180^{\circ}=-97.90$ )

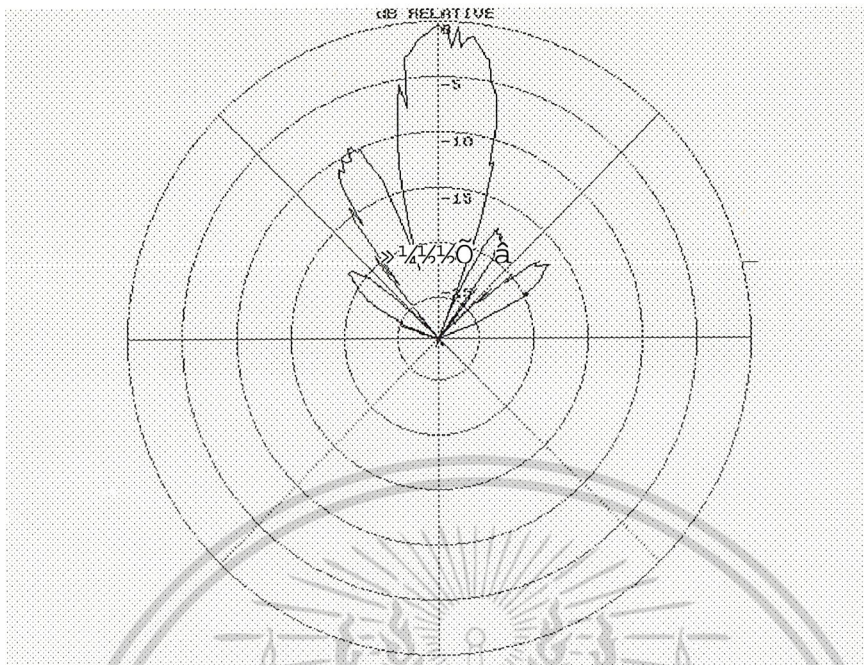
degree( $^{\circ}$ )	20	40	60	80	100	120	140	160
pow (dBm)	-50.90	-56.60	-60.80	-66.50	-69.80	-72.70	-75.60	-84.00
degree( $^{\circ}$ )	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
pow (dBm)	-51.30	-55.80	-62.00	-65.20	-69.00	-77.20	-68.30	-77.50

ตารางที่ 6.7 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวตั้ง  $\pm 360$  องศา  
ที่ความถี่ 953 MHz ต้นที่ 2( $0^{\circ}=-49.90, 180^{\circ}=-83.70$ )

degree( $^{\circ}$ )	20	40	60	80	100	120	140	160
pow (dBm)	-73.40	-73.90	-89.00	-87.60	-77.80	-85.60	-72.90	-76.80
degree( $^{\circ}$ )	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
pow (dBm)	-81.40	-80.90	-72.30	-100.50	-80.00	-86.70	-90.00	-89.00

ตารางที่ 6.8 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวนอน  $\pm 360$  องศา  
ที่ความถี่ 953 MHz ต้นที่ 2( $0^{\circ}=-66.00, 180^{\circ}=-86.30$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

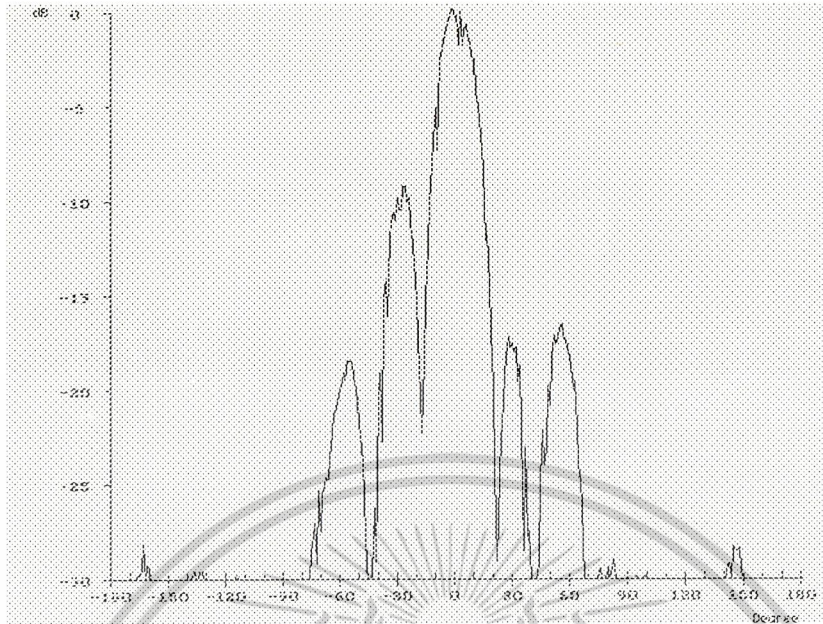


รูปที่ 6.11 อนุพัทธ์การแผ่รังสีของเสาอากาศแบบไดโพลที่ความถี่ 2 (908 Mhz)

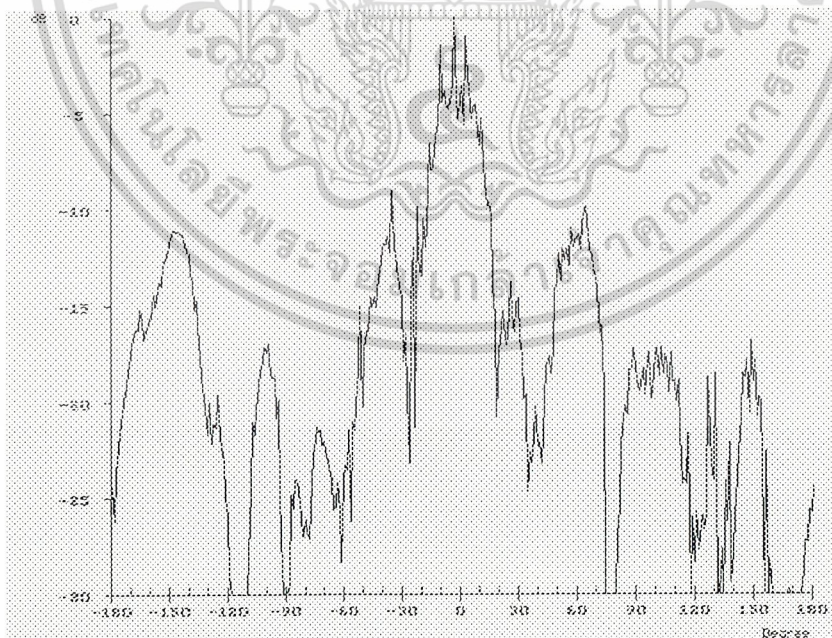


รูปที่ 6.12 อนุพัทธ์การแผ่รังสีของเสาอากาศแบบไดโพลที่ความถี่ 2 (953 Mhz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

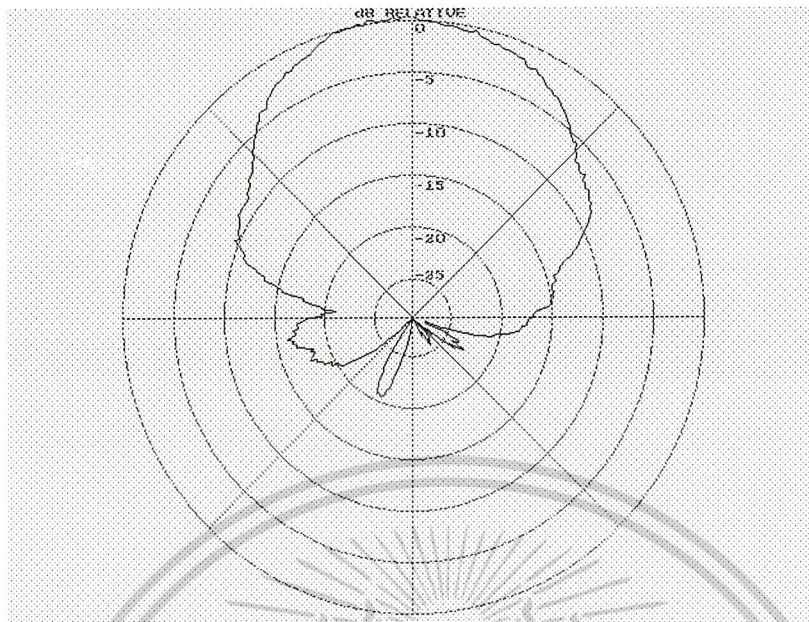


รูปที่ 6.13 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวตั้งของสายอากาศ ดันที่ 2 (908 Mhz)



รูปที่ 6.14 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวตั้งของสายอากาศ ดันที่ 2 (953 Mhz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

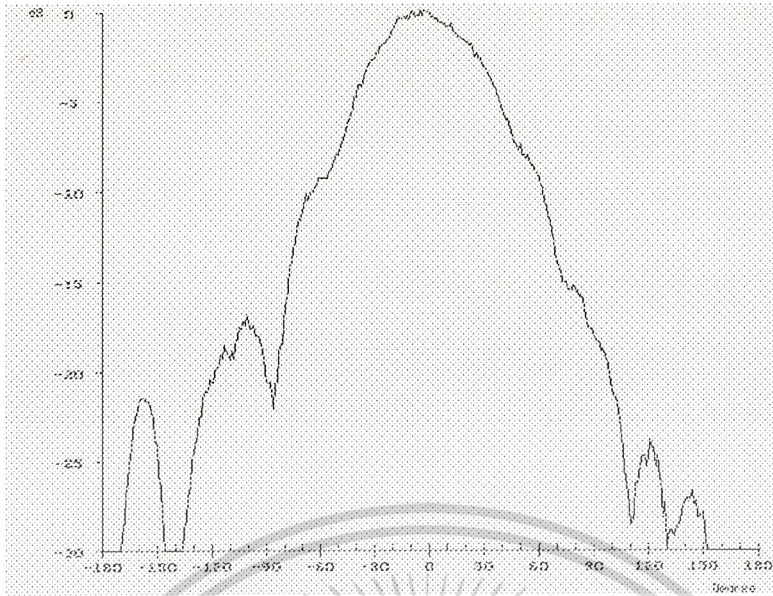


รูปที่ 6.15 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวขวาง ของสายอากาศ ต้นที่ 2 (908 Mhz)

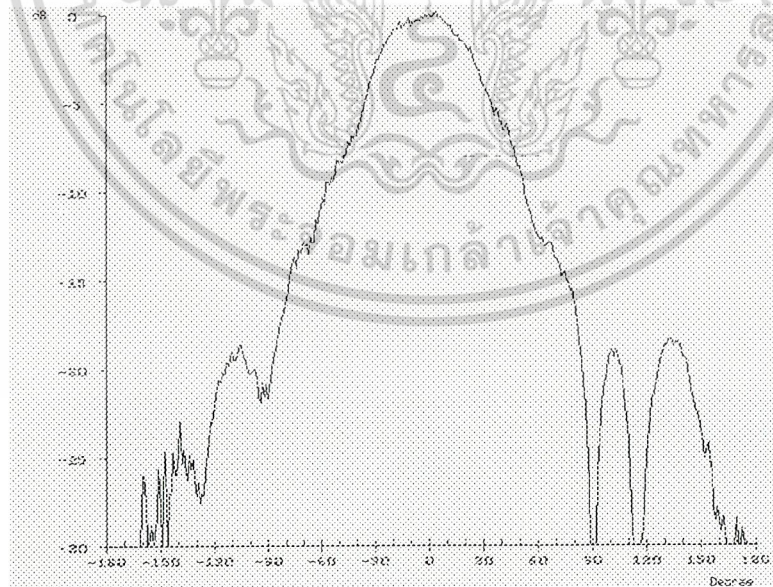


รูปที่ 6.16 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวขวาง ของสายอากาศ ต้นที่ 2 (953 Mhz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.17 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวขวาง ของสายอากาศ ดันที่ 2 (908 Mhz)



รูปที่ 6.18 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวขวาง ของสายอากาศ ดันที่ 2 (953 Mhz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

degree( $^{\circ}$ )	20	40	60	80	100	120	140	160
pow (dBm)	-49.00	-49.40	-52.30	-53.80	-59.80	-60.60	-65.90	-73.60
degree( $^{\circ}$ )	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
pow (dBm)	-48.30	-49.90	-51.10	-55.40	-57.80	-63.70	-66.30	-74.60

ตารางที่ 6.9 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวตั้ง  $\pm 360$  องศา  
ที่ความถี่ 908 MHz ดันที่ 3( $0^{\circ} = -48.60, 180^{\circ} = -68.70$ )

degree( $^{\circ}$ )	20	40	60	80	100	120	140	160
pow (dBm)	-63.90	-72.90	-78.20	-85.00	-88.40	-99.80	-85.20	-72.80
degree( $^{\circ}$ )	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
pow (dBm)	-72.30	-67.50	-78.50	-74.60	-81.00	-85.30	-83.50	-91.10

ตารางที่ 6.10 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวนอน  $\pm 360$  องศา  
ที่ความถี่ 908 MHz ดันที่ 3( $0^{\circ} = -47.60, 180^{\circ} = -77.40$ )

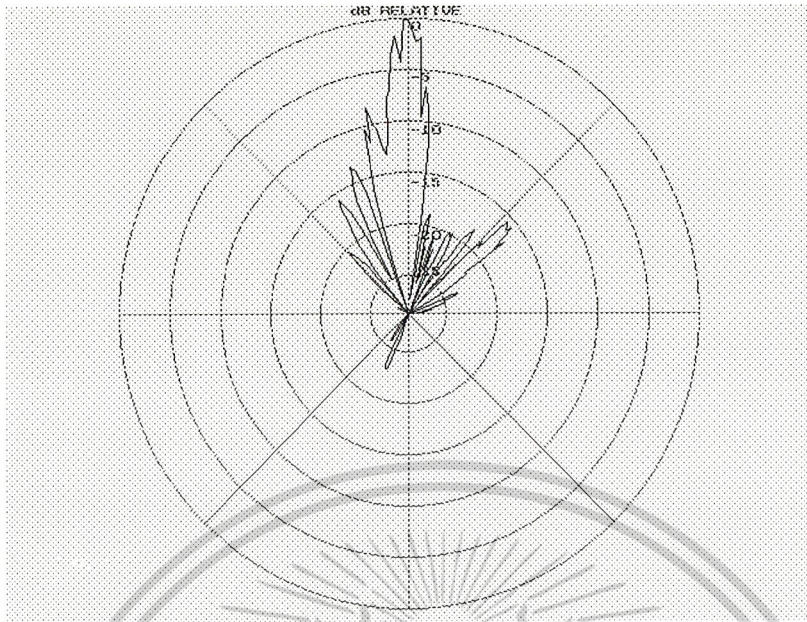
degree( $^{\circ}$ )	20	40	60	80	100	120	140	160
pow (dBm)	-49.30	-50.10	-51.70	-53.40	-59.70	-62.70	-67.90	-72.10
degree( $^{\circ}$ )	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
pow (dBm)	-49.20	-49.70	-52.40	-54.10	-60.00	-65.70	-67.70	-69.30

ตารางที่ 6.11 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวตั้ง  $\pm 360$  องศา  
ที่ความถี่ 953 MHz ดันที่ 3( $0^{\circ} = -48.90, 180^{\circ} = -70.60$ )

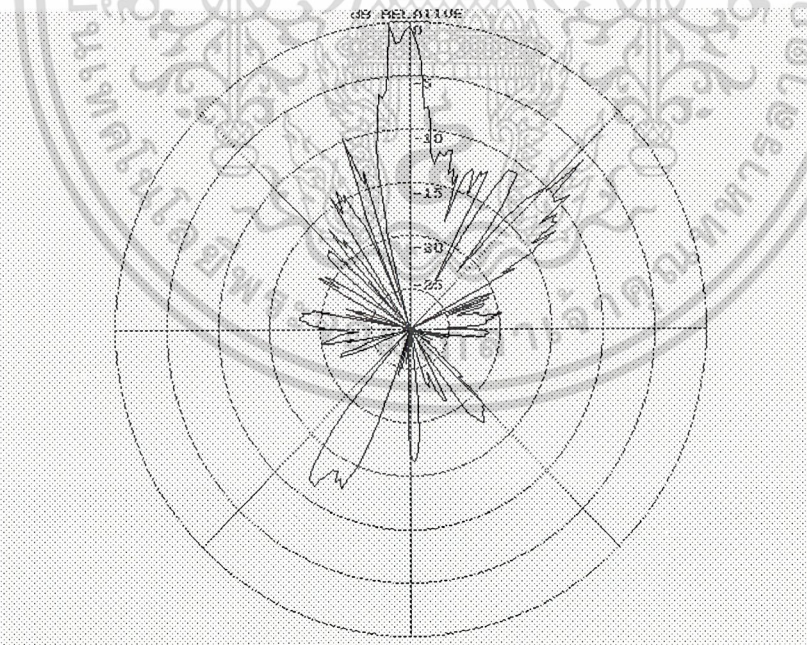
degree( $^{\circ}$ )	20	40	60	80	100	120	140	160
pow (dBm)	-70.40	-77.30	-81.80	-80.20	-81.80	-102.30	-81.10	-80.70
degree( $^{\circ}$ )	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
pow (dBm)	-75.20	-79.30	-79.20	-80.70	-90.60	-92.10	-78.50	-84.40

ตารางที่ 6.12 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวนอน  $\pm 360$  องศา  
ที่ความถี่ 953 MHz ดันที่ 3( $0^{\circ} = -60.80, 180^{\circ} = -78.10$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

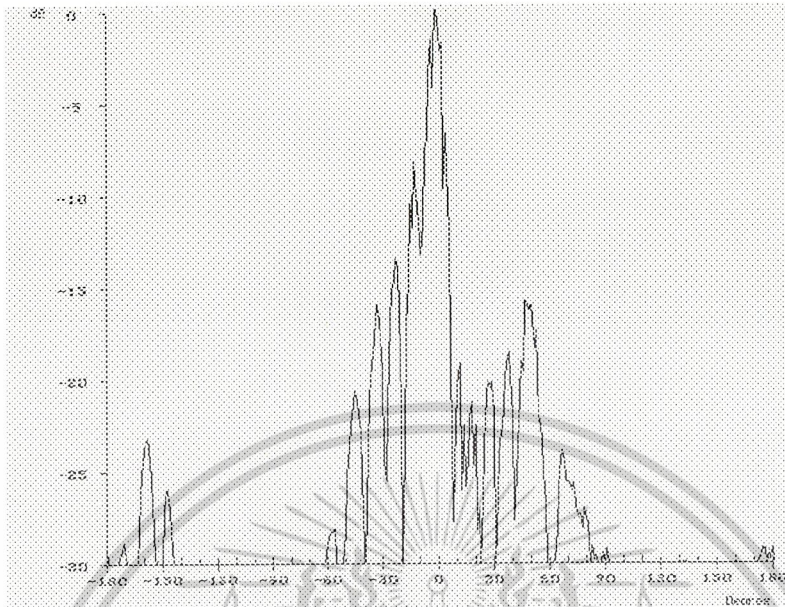


รูปที่ 6.19 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวตั้ง ของสายอากาศ ดันที่ 3 (908 Mhz)

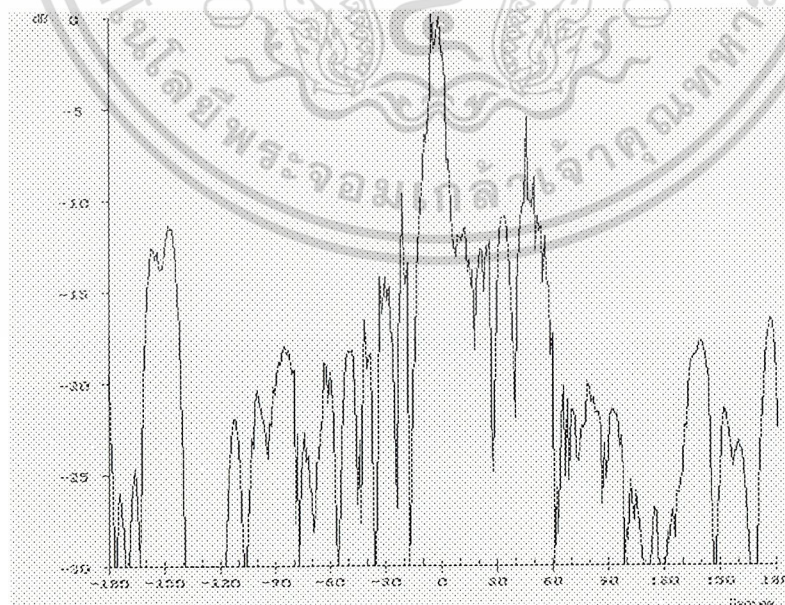


รูปที่ 6.20 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวตั้ง ของสายอากาศ ดันที่ 3 (953 Mhz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

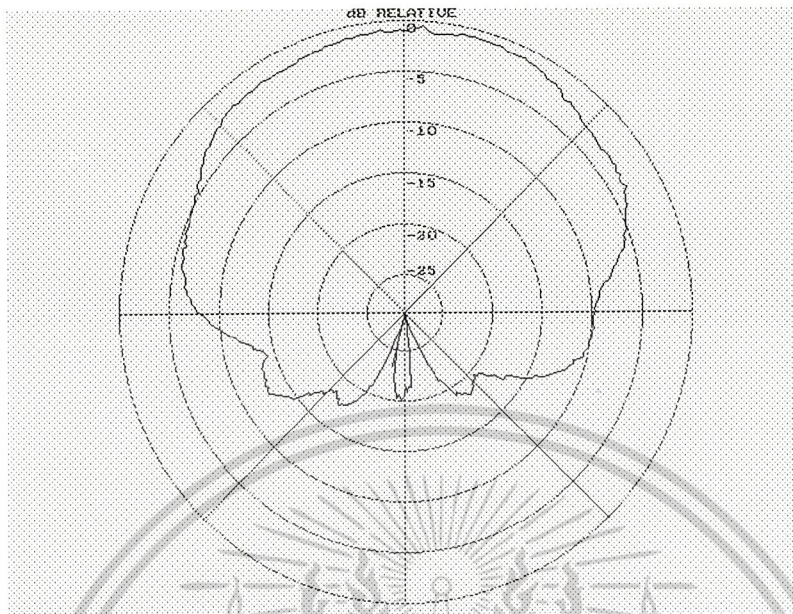


รูปที่ 6.21 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวตั้งของสายอากาศ ดันที่ 3 (908 Mhz)

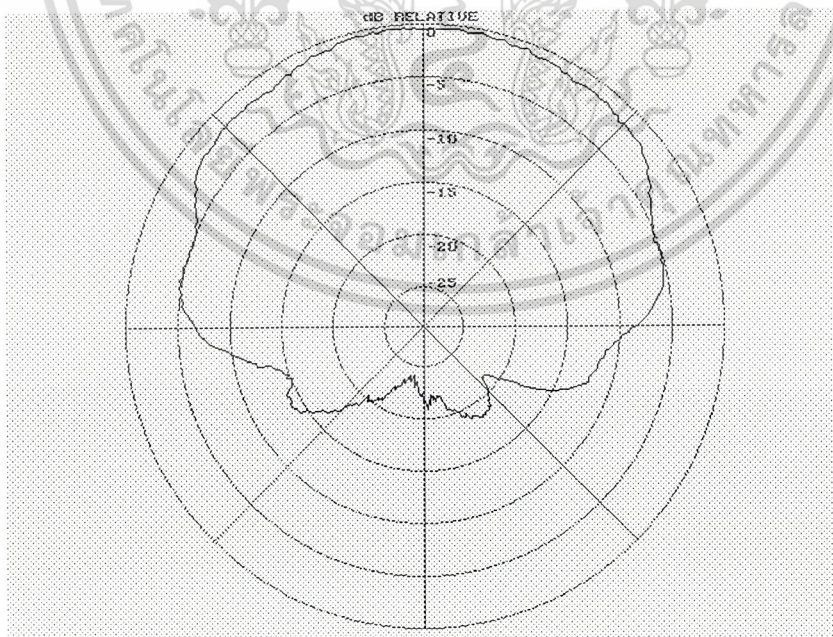


รูปที่ 6.22 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น

ในแนวตั้งของสายอากาศ ดันที่ 3 (953 Mhz)  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

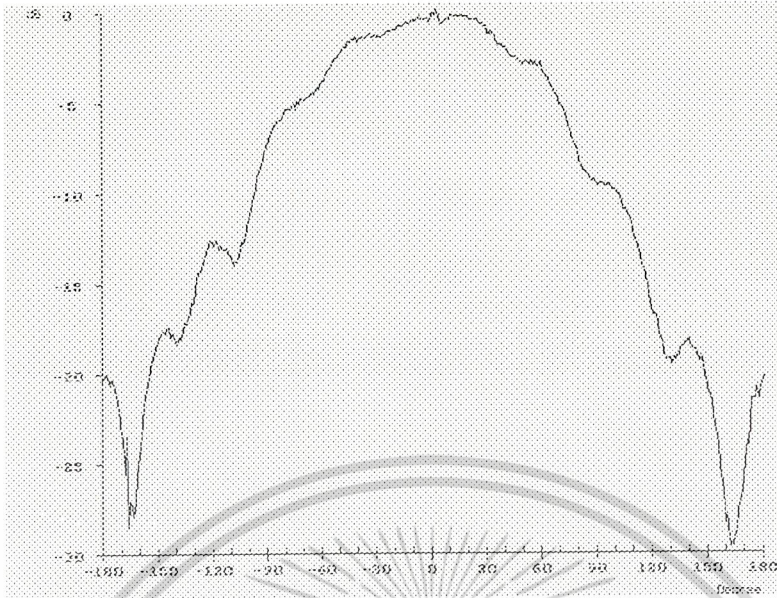


รูปที่ 6.23 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวขวาง ของสายอากาศ ดันที่ 3 (908 Mhz)

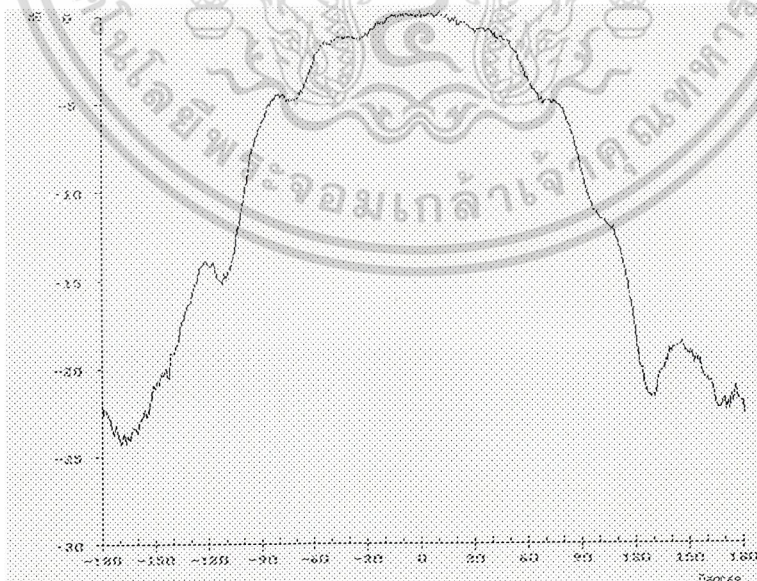


รูปที่ 6.24 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวขวาง ของสายอากาศ ดันที่ 3 (953 Mhz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.25 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวขวาง ของสายอากาศ ดันที่ 3 (908 Mhz)



รูปที่ 6.26 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น  
ในแนวขวาง ของสายอากาศ ดันที่ 3 (953 Mhz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง

ในผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบครั้งนี้ ค่าความแรงสัญญาณที่แสดงอยู่ในผลการทดสอบเป็นค่าที่ใช้อ้างอิงกับระบบการวัดและเครื่องมือของห้องปฏิบัติการฯ เท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงกับระบบทดสอบอื่นได้ และมุม 0 องศาที่แสดงในผลการทดสอบคือมุมที่ตั้งฉากกับแกนของสายอากาศ ซึ่งทำการติดตั้งโดยช่างจากทางบริษัทเอง

จากผลการทดลองสามารถทราบข้อมูลดังนี้

### สายอากาศต้นที่ 1 (908 MHz)

#### 1) แนวตั้ง

ฮาร์ฟเพาเวอร์บีมิวดิธ

ที่ 29 องศา รับได้ -50.70 dBm

ที่ -29 องศา รับได้ -50.70 dBm

เท่ากับ  $29 - (-29) = 58$  องศา

#### 2) แนวนอน

ฮาร์ฟเพาเวอร์บีมิวดิธ

ที่ 7 องศา รับได้ -49.30 dBm

ที่ -10 องศา รับได้ -49.70 dBm

เท่ากับ  $7 - (-10) = 17$  องศา

### สายอากาศต้นที่ 1 (953 MHz)

#### 1) แนวตั้ง

ฮาร์ฟเพาเวอร์บีมิวดิธ

ที่ 24 องศา รับได้ -51.70 dBm

ที่ -24 องศา รับได้ -51.20 dBm

เท่ากับ  $24 - (-24) = 48$  องศา

#### 2) แนวนอน

ฮาร์ฟเพาเวอร์บีมิวดิธ

ที่ 5 องศา รับได้ -56.80 dBm

ที่ -10 องศา รับได้ -56.30 dBm

เท่ากับ  $5 - (-10) = 15$  องศา

### สายอากาศต้นที่ 2 (908 MHz)

#### 1) แนวตั้ง

ฮาร์ฟเพาเวอร์บีมิวดิธ

ที่ 32 องศา รับได้ -51.00 dBm

ที่ -30 องศา รับได้ -51.00 dBm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{เท่ากับ } 32 - (-30) = 62 \text{ องศา}$$

## 2) แนวนอน

ฮาล์ฟเพาเวอร์บีมวิดธ์

$$\text{ที่ } 7 \text{ องศา รับผิดชอบ } -50.60 \text{ dBm}$$

$$\text{ที่ } -11 \text{ องศา รับผิดชอบ } -50.50 \text{ dBm}$$

$$\text{เท่ากับ } 7 - (-11) = 18 \text{ องศา}$$

## สายอากาศต้นที่ 2 (953 MHz)

## 1) แนวตั้ง

ฮาล์ฟเพาเวอร์บีมวิดธ์

$$\text{ที่ } 29 \text{ องศา รับผิดชอบ } -52.70 \text{ dBm}$$

$$\text{ที่ } -29 \text{ องศา รับผิดชอบ } -52.90 \text{ dBm}$$

$$\text{เท่ากับ } 29 - (-29) = 58 \text{ องศา}$$

## 2) แนวนอน

ฮาล์ฟเพาเวอร์บีมวิดธ์

$$\text{ที่ } 14 \text{ องศา รับผิดชอบ } -68.70 \text{ dBm}$$

$$\text{ที่ } -14 \text{ องศา รับผิดชอบ } -69.40 \text{ dBm}$$

$$\text{เท่ากับ } 14 - (-14) = 28 \text{ องศา}$$

## สายอากาศต้นที่ 3 (908 MHz)

## 1) แนวตั้ง

ฮาล์ฟเพาเวอร์บีมวิดธ์

$$\text{ที่ } 56 \text{ องศา รับผิดชอบ } -51.50 \text{ dBm}$$

$$\text{ที่ } -59 \text{ องศา รับผิดชอบ } -51.10 \text{ dBm}$$

$$\text{เท่ากับ } 56 - (-59) = 115 \text{ องศา}$$

## 2) แนวนอน

ฮาล์ฟเพาเวอร์บีมวิดธ์

$$\text{ที่ } 3 \text{ องศา รับผิดชอบ } -49.20 \text{ dBm}$$

$$\text{ที่ } -3 \text{ องศา รับผิดชอบ } -49.40 \text{ dBm}$$

$$\text{เท่ากับ } 3 - (-3) = 6 \text{ องศา}$$

## สายอากาศต้นที่ 3 (953 MHz)

## 1) แนวตั้ง

ฮาล์ฟเพาเวอร์บีมวิดธ์

$$\text{ที่ } 60 \text{ องศา รับผิดชอบ } -51.70 \text{ dBm}$$

$$\text{ที่ } -59 \text{ องศา รับผิดชอบ } -51.90 \text{ dBm}$$

$$\text{เท่ากับ } 60 - (-59) = 119 \text{ องศา}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) แนวนอน

ฮาร์ฟเพาเวอร์บีมวิทช์

ที่ 5 องศา รับได้ -64.90 dBm

ที่ -3 องศา รับได้ -54.40 dBm

เท่ากับ  $5 - (-3) = 8$  องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลองที่ 2

ในการทดสอบจานรับสัญญาณดาวเทียมของ บริษัท สยามแอมเทค(1994) จำกัด ครั้งนี้ ชั้นตอนและรูปแบบในการทดสอบถูกกำหนดขึ้นโดยทางคณะผู้จัดทำ โดยในการทดสอบจะเป็นการหารูปแบบการกระจายคลื่นทั้งในแนวตั้ง(มุมกวาด) และแนวขวาง(มุมเงย) ซึ่งรายละเอียดจะได้อธิบายไว้ในหัวข้อขั้นตอนการทดสอบต่อไป

### ชื่อและรุ่นของจานรับสัญญาณดาวเทียม

จานรับสัญญาณดาวเทียมที่นำมาทดสอบประกอบด้วย

1. ตัวจานรับสัญญาณ ขนาด 60 เซนติเมตร ยี่ห้อ นาแซท
2. LNBF S/N BSCS87P00
3. ขายึดตัว LNBF เข้ากับตัวจานรับสัญญาณ

### รายละเอียดระบบทดสอบและสายสัญญาณ

ชุดสร้างและส่งสัญญาณความถี่สูงประกอบด้วย

1. ตัวกำเนิดความถี่ HP 8673H 1 เครื่อง สร้างความถี่ได้ในช่วง 2-12.4 กิกะเฮิร์ต จ่ายกำลังสูงสุดได้ +10 เดซิเบลมิลลิวัตต์
2. สายนำสัญญาณความถี่สูงแบบแข็งหัวต่อแบบ SMA ยาว 1 เมตร 1 เส้น ค่าความสูญเสียกำลังในสายน้อยกว่า 3 เดซิเบลที่ความถี่ 18 กิกะเฮิร์ต
3. ตัวแปลงหัวจาก N-TYPE FEMALE เป็น SMA FEMALE 1 ตัว
4. สายอากาศมาตรฐานแบบฮอร์น 1 ตัว
5. ขายึดสายอากาศสูง 1.50 เมตร 1 ตัว

ชุดรับและอ่านค่าความเข้มสัญญาณประกอบด้วย

1. เสาและขายึดสำหรับติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมสูง 4 เมตร 1 ต้น
  2. สายนำสัญญาณความถี่สูงหัวต่อแบบ N-TYPE ยาว 10 เมตร 1 เส้น ค่าความสูญเสียกำลังในสายน้อยกว่า 3 เดซิเบลที่ความถี่ 1.5 กิกะเฮิร์ต
  3. สายนำสัญญาณความถี่สูงหัวต่อแบบ F-TYPE ยาว 3 เมตร 1 เส้น
  4. ตัวแปลงหัวจาก N-TYPE FEMALE เป็น BNC FEMALE 1 ตัว
  5. ตัวแปลงหัวจาก F-TYPE FEMALE เป็น BNC FEMALE 1 ตัว
  6. แทนหมุนสายอากาศและตัวควบคุม EMCO 1 ชุด หมุนในการหมุนน้อยที่สุดเท่ากับ 1 องศา
  7. เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม EMI Reciever HP 8572A 1 ชุด ความถี่ใช้งาน 100 เฮิร์ต - 22 กิโลเฮิร์ต เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
- ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กะเอิร์ด

8. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 32 บิตและเครื่องพิมพ์ 1 ชุด
9. โปรแกรมควบคุมระบบการทดสอบสายอากาศและแสดงผลการทดสอบ 1 ชุด
10. เครื่องวัดความแรงของสนาม PROMAX 1 เครื่อง

### หน่วยที่ใช้ในการทดสอบ

หน่วยต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบจากรับสัญญาณดาวเทียมมีดังนี้

ความยาว	มีหน่วยเป็น	เมตร
ความแรงสัญญาณ	มีหน่วยเป็น	เดซิเบลมิลลิวัตต์
มุม	มีหน่วยเป็น	องศา
ความถี่	มีหน่วยเป็น	กิกะเอิร์ด

ค่าความผิดพลาดเนื่องจากการทดสอบและระบบการทดสอบ

ระยะทาง	ค่าความผิดพลาด	ไม่เกิน 2 เมตร
ความยาว	ค่าความผิดพลาด	ไม่เกิน 0.001 เมตร
มุม	ค่าความผิดพลาด	ไม่เกิน 0.5 องศา
ความแรงสัญญาณ	ค่าความผิดพลาด	ไม่เกิน 0.05 เปอร์เซ็นต์
ความถี่	ค่าความผิดพลาด	ไม่เกิน 0.0001 เปอร์เซ็นต์

### สถานที่ทดสอบ

สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบแบ่งออกเป็น 3 สถานีนงานคือ

1. สถานีส่งสัญญาณ อยู่บริเวณชั้น 5 ของตึกคณะครุศาสตร์ สจล. ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือชุดสร้างและส่งสัญญาณความถี่สูง
2. สถานีรับสัญญาณ อยู่บริเวณตาดฟ้าของตึกสำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สจล. ใช้สำหรับติดตั้งจันรับสัญญาณดาวเทียม,เสาสำหรับยึดจัน,เครื่องวัดความแรงสนามและแท่นหมุน
3. สถานีควบคุมการทดสอบ อยู่ในห้องปฏิบัติการวิจัยและบริการคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ห้อง 426 ชั้น 4 ตึกสำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สจล. ใช้สำหรับติดตั้งเครื่องวิเคราะห์ความถี่, ตัวควบคุมแท่นหมุน, ไมโครคอมพิวเตอร์และโปรแกรมควบคุมและแสดงผลการทดสอบ ระยะห่างระหว่างจุดรับและจุดส่งสัญญาณ ประมาณ 160 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สภาพแวดล้อมขณะทดสอบ

การทดสอบกระทำในเวลา 10.00 น. ถึง 17.30 น. ในสภาพอากาศปกติ ท้องฟ้าแจ่มใส อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส

## ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบรูปแบบการกระจายคลื่นของจานรับสัญญาณดาวเทียมจะเป็นดังนี้

1. ติดตั้งสายอากาศมาตรฐานแบบฮอร์น ที่สถานีส่งสัญญาณ โดยให้มีทิศทางและตำแหน่งที่มายังสถานีรับสัญญาณ และตั้งแนวแกนของสายอากาศให้ตรงกับแนวแกนของจานรับสัญญาณดาวเทียม เปิดเครื่องกำเนิดสัญญาณเพื่อส่งสัญญาณความถี่ขนาด 12.4 กิกะเฮิร์ต ออกมาในระดับความแรงเท่ากับ +10 dBm
2. ติดตั้งสายควบคุมเข้ากับแท่นหมุน สั่งให้แท่นหมุนสายอากาศหมุนมาอยู่ที่ตำแหน่ง 0 องศา
3. ติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมซึ่งได้รับการปรับตั้งระยะของ LNBF มาจากบริษัทเรียบร้อยแล้ว เข้ากับเสาที่ห้องปฏิบัติการ เตรียมไว้ที่สถานีรับสัญญาณ โดยปรับทิศทาง, ระดับและตำแหน่งของสายอากาศให้สามารถรับสัญญาณจากสถานีส่งสัญญาณได้แรงที่สุด
4. สั่งให้แท่นหมุนสายอากาศหมุนมาอยู่ที่ตำแหน่ง -90 องศา
5. เปิดเครื่องวิเคราะห์ความถี่, เครื่องควบคุมแท่นหมุนสายอากาศและเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์
6. เรียกใช้โปรแกรมที่ควบคุมการวัดสายอากาศ บ่อนค่าความถี่ และตัวแปรอื่นๆ ให้กับโปรแกรม
7. โปรแกรมจะควบคุมการทำงานทั้งหมดโดยจะมีการอ่านค่าความแรงของสัญญาณ 1 ค่า เมื่อแท่นหมุนไป 1 องศา จนครบ 360 องศาที่มุม -90 องศาอีกครั้ง ก็จะได้ค่าความแรงของสัญญาณ 360 ค่า ซึ่งจะเก็บเป็นแฟ้มอยู่ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อโปรแกรมทำงานจนสิ้นสุดแล้วก็จะเปลี่ยนแนวแกนของจานรับสัญญาณดาวเทียม และแนวแกนของสายอากาศมาตรฐาน ไปเป็นทิศทางที่เหลือ\*

\* ในการวัดจะเริ่มวัดจากแนวตั้งก่อน แล้วจึงปรับเปลี่ยนมาวัดในแนวขวาง



รูปที่ 6.83 แสดงสายอากาศส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.84 แสดงสายอากาศรับ

### ผลการทดสอบและกราฟแสดงผลการทดสอบ

ผลการทดสอบที่ได้จากจานรับสัญญาณดาวเทียม จะประกอบด้วย

1. ตารางแสดงค่าความแรงของสัญญาณ ในแนวตั้ง  $\pm 15$  องศา
  2. ตารางแสดงค่าความแรงของสัญญาณ ในแนวขวาง  $\pm 15$  องศา
- ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น ในแนวตั้ง  $\pm 180$  องศา
4. กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น ในแนวขวาง  $\pm 180$  องศา
5. กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น ในแนวตั้ง  $\pm 15$  องศา
6. กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น ในแนวขวาง  $\pm 15$  องศา

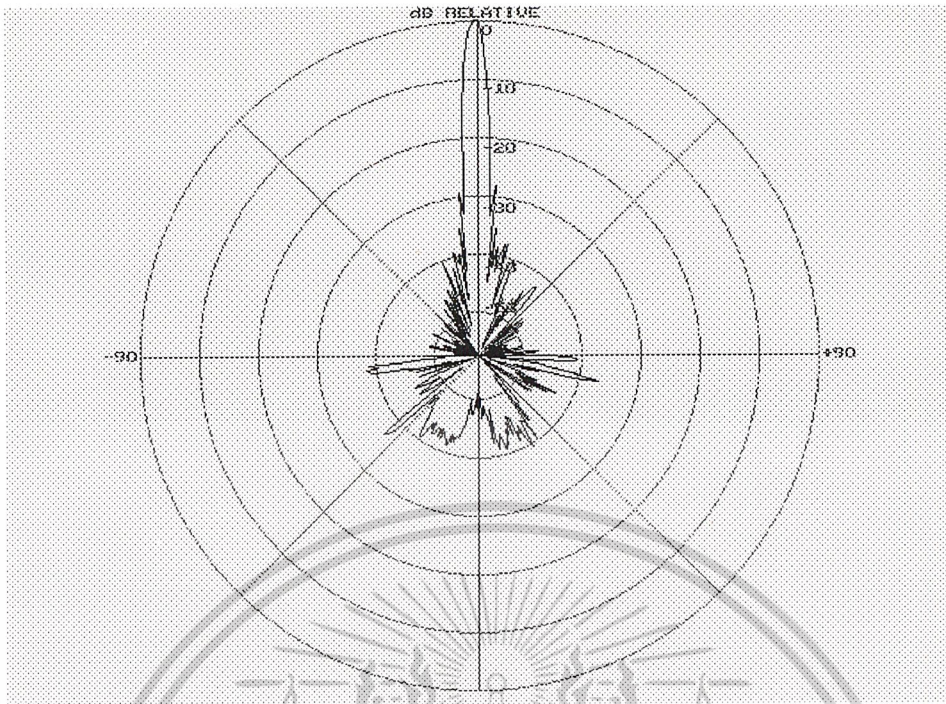
deg(°)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
gain(dBm)	-7.8	-10.1	-16.1	-25.2	-37.0	-42.2	-38.3	-52.2	-44.6	-57.2	-49.2	-50.6	-49.8	-48.6	-62.0
deg(°)	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15
gain(dBm)	-10.8	-17.9	-27.2	-36.3	-42.5	-37.1	-54.3	-44.6	-51.5	-48.0	-52.2	-49.7	-47.0	-51.4	-47.0

ตารางที่ 6.41 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวตั้ง  $\pm 15$  องศา (มุม 0 องศา = -7.7 dBm)

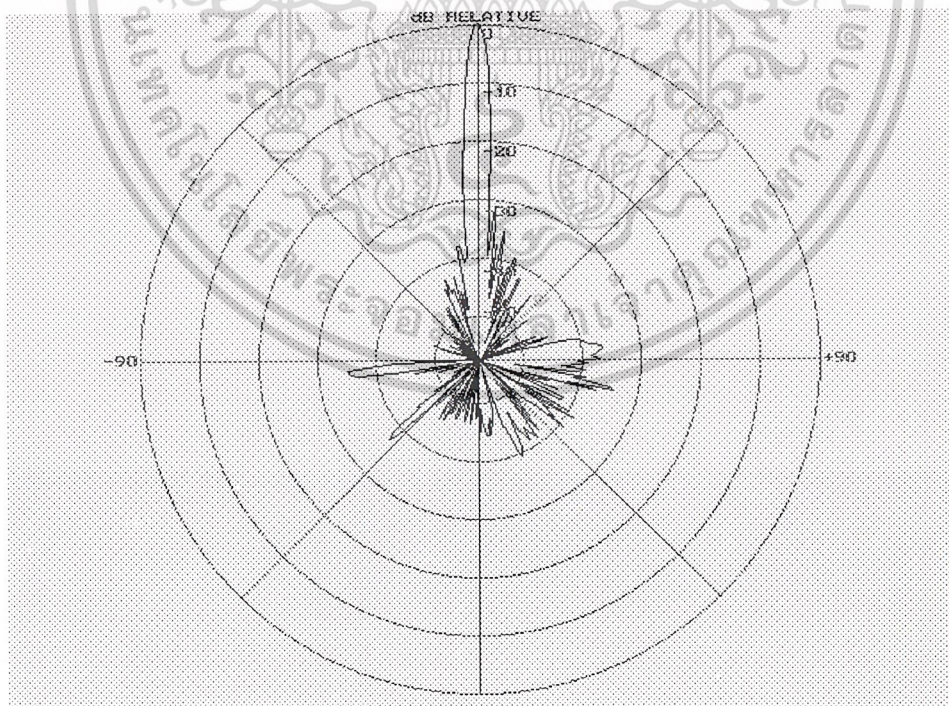
deg(°)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
gain(dBm)	-11.0	-15.3	-21.6	-29.7	-37.0	-45.2	-51.6	-52.7	-52.7	-49.9	-49.9	-61.1	-58.0	-61.1	-57.7
deg(°)	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15
gain(dBm)	-13.2	-19.0	-31.3	-43.7	-51.6	-43.0	-46.2	-57.2	-49.7	-59.0	-47.2	-48.4	-53.8	-56.3	-62.1

ตารางที่ 6.42 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแนวขวาง  $\pm 15$  องศา (มุม 0 องศา = -10.5 dBm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

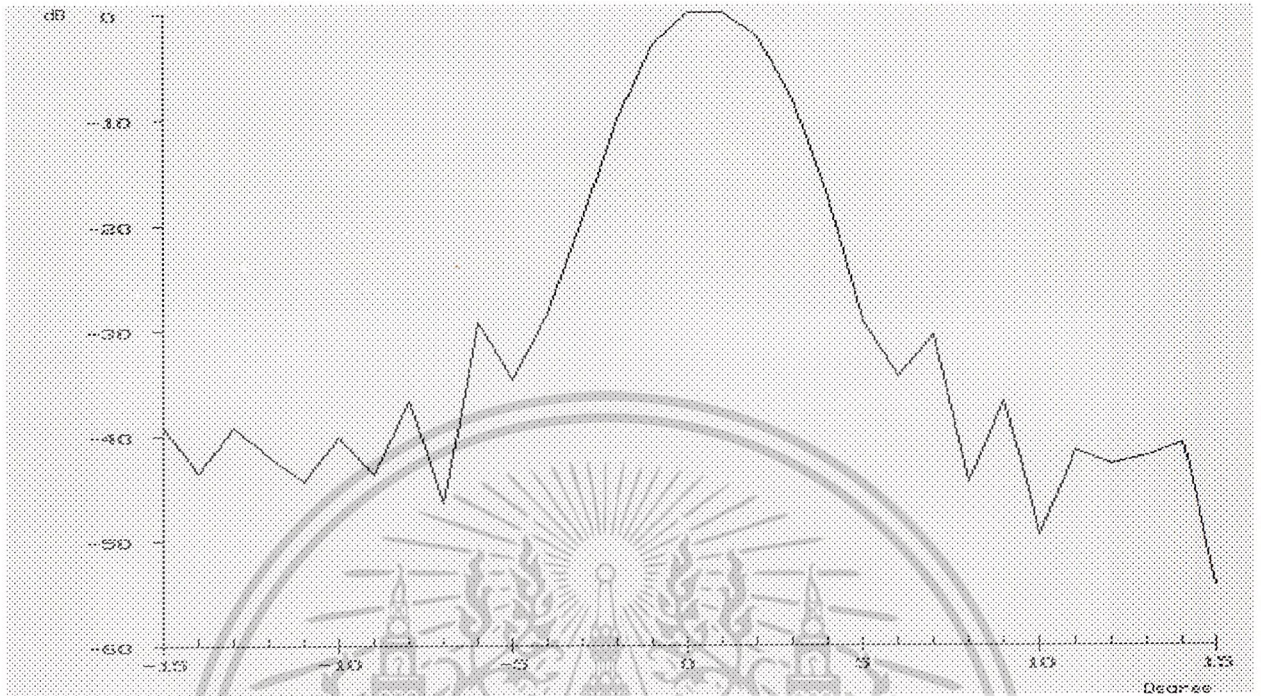


รูปที่ 6.85 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น ในแนวตั้ง 360 องศา

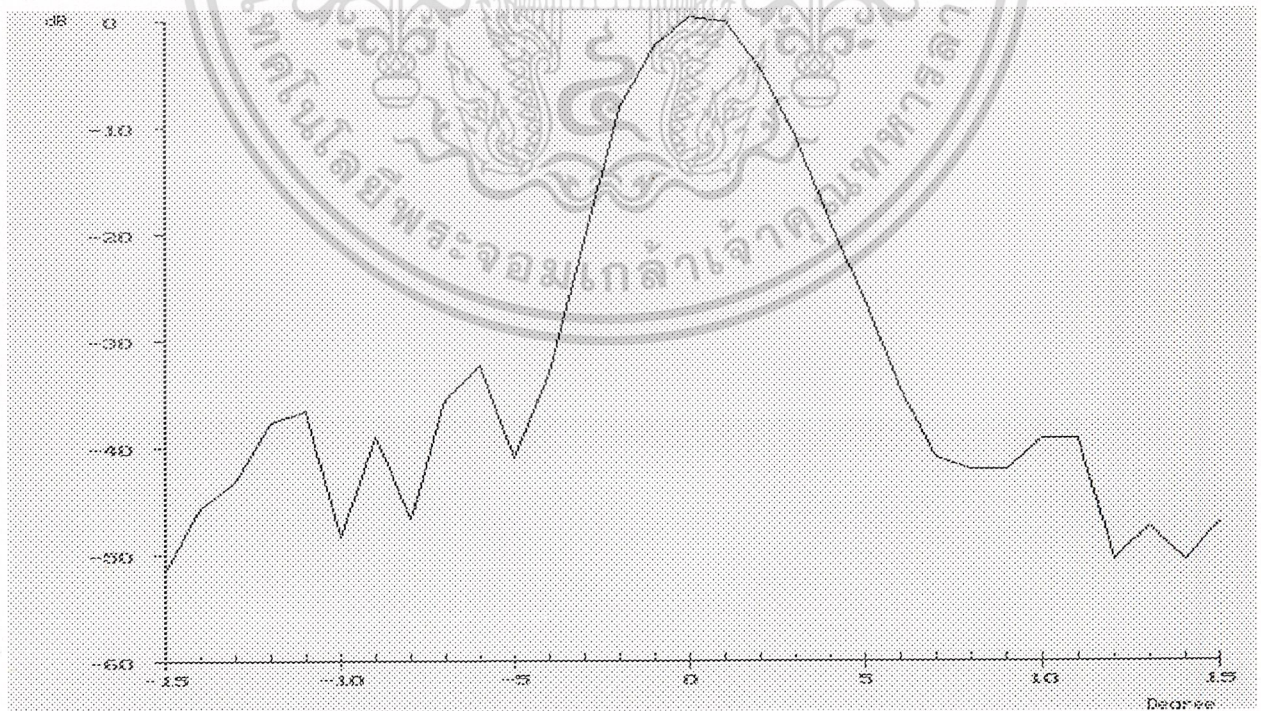


รูปที่ 6.86 กราฟทรงกลมแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น ในแนวขวาง 360 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.87 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น ในแนวตั้ง  $\pm 15$  องศา



รูปที่ 6.88 กราฟเชิงเส้นแสดงรูปแบบการกระจายคลื่น ในแนวขวาง  $\pm 15$  องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลองที่ 2

ในผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบครั้งนี้ ค่าความแรงสัญญาณที่แสดงอยู่ในผลการทดสอบเป็นค่าที่ใช้อ้างอิงกับระบบการวัดและเครื่องมือของทางคณะผู้จัดทำเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงกับระบบทดสอบอื่นได้ และมุม 0 องศาที่แสดงในผลการทดสอบคือมุมที่สามารถรับสัญญาณแรงที่สุด ไม่ใช่มุมที่ตั้งฉากกับแกนของจานรับสัญญาณดาวเทียม

จากผลการทดลองที่ได้สามารถทราบข้อมูลดังต่อไปนี้

จากการทดสอบในแนวตั้ง

1) ค่าฮาร์ฟเพาเวอร์บีมวิดธ์ (HPBW)

ที่ 2 องศา มีค่าระดับพลังงาน  $-10.10$  dBm

ที่  $-1$  องศา มีค่าระดับพลังงาน  $-10.80$  dBm

มีค่า HPBW เท่ากับ  $2 - (-1) = 3$  องศา

2) ค่าระดับของไซด์โลบ (SLL)

ที่โลบหลัก ( 0 องศา ) มีค่าระดับพลังงาน  $-7.70$  dBm

ที่ไซด์โลบ ( 7 องศา ) มีค่าระดับพลังงาน  $-38.30$  dBm

มีค่า SLL เท่ากับ  $-7.7 - (-38.3) = 30.60$  dB

จากการทดสอบในแนวนอน

1) ค่าฮาร์ฟเพาเวอร์บีมวิดธ์ (HPBW)

ที่ 2 องศา มีค่าระดับพลังงาน  $-15.30$  dBm

ที่  $-1$  องศา มีค่าระดับพลังงาน  $-13.20$  dBm

มีค่า HPBW เท่ากับ  $2 - (-1) = 3$  องศา

2) ค่าระดับของไซด์โลบ (SLL)

ที่โลบหลัก ( 0 องศา ) มีค่าระดับพลังงาน  $-15.30$  dBm

ที่ไซด์โลบ (  $-9$  องศา ) มีค่าระดับพลังงาน  $-49.70$  dBm

มีค่า SLL เท่ากับ  $-15.30 - (-49.70) = 34.40$  dB

## บทที่ 7 สรุปผลและวิจารณ์

จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การออกแบบระบบนี้มีประสิทธิภาพที่สามารถใช้งานได้ ปัจจุบันเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้ง อยู่ในห้องปฏิบัติการวิจัยและบริการคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าห้อง 426 ชั้น 4 ตึกสำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สจล. ซึ่งเป็นสถานที่ใช้ทดสอบสายอากาศของห้องปฏิบัติการดังกล่าว

จากแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศที่ได้ สามารถจำแนกสายอากาศออกเป็น

1. สายอากาศที่มีแพทเทอร์นแบบกว้าง ( มีบีมวิดธ์กว้าง ) จะเหมาะสำหรับใช้เป็นสายอากาศสำหรับสถานีฐาน ( เบสสเตชัน )
2. สายอากาศที่มีแพทเทอร์นแบบแคบ ( มีบีมวิดธ์แคบ ) จะเหมาะสำหรับใช้เป็นสายอากาศสำหรับสถานีรับ หรือ เครื่องรับที่ต้องการอัตราการขยายของสัญญาณสูง

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดสอบ ไม่สามารถทดสอบสายอากาศที่มีขนาดใหญ่ไม่ได้เพราะแท่นหมุนรับน้ำหนักได้จำกัด นอกจากนี้จากการที่เสาที่ใช้ยึดเป็นโลหะจึงอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการทดสอบได้

บทแทรก  
แสดงโปรแกรมการทำงานทั้งหมด

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

```
#include <CHPIB.H>
#include <CFUNC.H>
```

```
#define isc 3L
#define spec 318L
```

```
long table = 309L;
short terror;
```

```
void error_handle (int,char*);
void initialize (void);
void get_datable();
void out(char *);
void sel_freq(void);
void polar_plot();
void color_circle(),color_line();
void spectrum();
void rectan_plot();
void command();
void remote();
void stop();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void main()
{

    clrscr();
    gotoxy(30,13);
    printf("ANTENNA MEASUREMENTS\n");
    getch();
    clrscr();

    spectrum();
    getch();
    /* clrscr();
    polar_plot();
    rectan_plot();*/
}

void spectrum()
{
    printf("SPECTRUM ANALYZER!!!\n");
    initialize();
    printf("end of initialize\n");
    sel_freq();
    printf("end of setup\n");
    get_datable();
    printf("end of get data");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void initialize()
{
    error_handle(IOTIMEOUT(isc,5.0),"IOTIMEOUT");
    error_handle(IOABORT(isc),"IOABORT");
    error_handle(IOCLEAR(isc),"IOCLEAR");
    error_handle(IOMATCH(isc,'\n',0),"IOMATCH");
}

```

```

void error_handle(int error,char *routine)
{
    if (error != NOERR)
    { printf ("HPIB error in call to %s : %d :,%s\n",routine,error,errstr(error));
      exit (1);
    }
    return;
}

```

```

void sel_freq()
{
    char cmd[80],cmd1[80];
    float center,span,aa;
    int ans;
    float rr,vv,mar;
    printf("enter value of atten.?(dB)\n");
    scanf("%f",&aa);
    printf("!! PLEASE ENTER THE VALUE OF CENTER FREQUENCY (MHz) :");
    scanf ("%f",&center);
    printf("!! PLEASE ENTER THE VALUE OF SPAN FREQUENCY (KHz) :");
    scanf ("%f",&span);
    sprintf(cmd,"AT%.0fDB;CF%.0fMZ;SP%.0fKZ;",aa,center,span);
    out(cmd);
    printf("enter value of resolution bw.?(KHz)\n");
    scanf("%f",rr);
    printf("enter value of video bw.?(KHz)\n");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

scanf("%f",vv);
printf("select choice\n");
printf("1.tracking on\n");
printf("2.select your marker freq.\n");
scanf("%d",ans);

switch(ans)
{
case 1 : out("M2;MKTRACK ON;MF;")
break;
case 2 : printf("enter marker freq.?(MHz)\n");
scanf("%f",mar);
sprintf(cmd1,"RB%.0fKZ;VB%.0fKZ;M2;MKF%.0fMZ;MF",rr,vv,mar);
out(cmd1);
break;
}
printf("end of remote mode\n");
}

void get_datable()
{
FILE *data;
char filename[30];
int length,i;
float pre,pra[360],dat[360];

```

```

for (i=0;i<360;i++)
dat[i]=0;
printf("ENTER THE FILE NAME : ");
scanf("%s",&filename);
remote();
command("LD 0 DG CL");
command("LD 360 DG WL");
command("LD 0 DG CP");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for (i=0;i<360;i++)
{
    printf("Current position %d\n", readout());
    command("CW"); /* rotate clockwise */
    while(readout()!=i+1);
    stop();
    sleep(10);
    out("RB300KZ;VB10KZ;M2;MKTRACK ON;MF;");
    printf("end of remote mode\n");
    error_handle(IOENTER (spec,&pre),"IOENTER");
    printf ("THE freq. OF MARKER IS: %.2f Hz.\n", pre);
    delay(120);
    out("MA;");
    error_handle(IOENTER (spec,&pra[i]),"IOENTER");
    printf ("THE AMP. OF MARKER IS: %.2f dBm.\n", pra[i]);
}

data = fopen(finame,"ab");
fwrite(&pra,sizeof(float),360,data);
fclose(data);
stop();
getch();
command("CCW");
/* command("CC"); /* rotate counter-clockwise
while(readout()!=0);
stop(); */
}

void out(char *tospec)
{
    error_handle(IOOUTPUTS(spec,tospec,strien(tospec)),"IOOUTPUTS");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void polar_plot()
{
    double pi,x,y;
    int i,j,k,l,h,m,n,o;
    int max,max1,span,min,min1,e[360],f[360];
    FILE *fil;
    char finame1[30];
    int driver;
    int mode ;
    float d[360],g;
    int polyarray[]={0,0,640,0,640,480,0,480};

    clrscr();

    printf("File name : ");
    scanf("%s",finame1);
    fil=fopen(finame1,"rb");
    clrscr();
    driver = DETECT;
    initgraph(&driver,&mode,"c:\\bc\\");
    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;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

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*/
{
    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;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        min1=d[j];
    }
    else
    {
        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;
}

for (j=1;j<360;j++)
{

    h=max;
    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)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        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");
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();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

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()
{
    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);
    fil=fopen(filename,"rb");
    fread(d,sizeof(float),360,fil);
    driver = DETECT;
    initgraph(&driver,&mode,"c:\\bc\\");
    fillpoly(4,polyarray);
    settxtjustify(1,2);
    color_line(80,5,80,445,c);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

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);
        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,"%0.1d",j*-10);
    outtextxy(52,i-2,str);
    j++;
}
setcolor(2);
settextstyle(2,HORIZ_DIR,0);
outtextxy(25,0,"dB");
outtextxy(600,470,"Degree");
/* outtextxy(330,470,"normalize with gain = dBW"); */

max=d[0];
max1=d[0];
min=d[0];
min1=d[0];
dmx=0;
dmn=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for (j=1;j<359;j++)      /*Find max*/
{
    if (d[j] > max1)
        {
            if(d[j]>max)
                {
                    max=d[j];
                    dmx=j;
                }
            max1=d[j];
        }
    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;
                }
        }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        min1=d[j];
    }
}

span=50.0;
j=0;

settextstyle(2,HORIZ_DIR,0);
for (i=0;i<360;i++)
{
    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");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

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 error_handler(int error, char *routine)
{
if (error != NOERR)
{
printf("Error by command %s", routine);
gotoxy(1, wherey()+1);
printf("Error = %d : %s", error, errstr(error));
}
}

void init_gpib(void)
{
error = IORESET(isc);
error_handler(error, "IORESET");
error = IOTIMEOUT(isc, 10.0);
error_handler(error, "IOTIMEOUT");
error = IOCLEAR(isc);
error_handler(error, "IOCLEAR");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void command(char *codes)
{
    terror = IOOUTPUTS(table, codes, strlen(codes));
    error_handler(terror, codes);
}

```

```

void stop(void)
{
    char *codes;
    codes = "ST";
    terror = IOOUTPUTS(table, codes, strlen(codes));
    error_handler(terror, "IOSTOP");
}

```

```

void remote(void)
{
    terror = IOREMOTE(table);
    error_handler(terror, "IOREMOTE");
}

```

```

int readout(void)
{
    float position;
    terror = IOENTER(table, &position);
    error_handler(terror, "get position");
    return((int) position);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ไม่สามารถจะสำเร็จลุล่วงไปได้ถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลต่าง ๆ หลายท่านดังนี้ ที่สำคัญที่สุดขอขอบคุณ อาจารย์ โมไนย ที่ให้ความรู้และให้คำปรึกษาเมื่อเกิดปัญหา

ขอขอบคุณ พี่มนตรี พี่กมล พี่ประยุกต์ พี่กบ ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องแล็บ EMI

ขอขอบคุณ พี่วุฒิ พี่นิว พี่โอ้ พี่นุกรณ์ ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการของ บริษัท ฟิลิปส์ (ประเทศไทย) จำกัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. HEWLETT-PACKARD, INC : QUICK C-PROGRAMMING GUIDE ,U.S.A. ,  
1991
2. HEWLETT-PACKARD, INC : HP8566 SPECTRUM ANALYZER  
OPERATING AND PROGRAMING
3. HEWLETT-PACKARD, INC : USING HP-IB INTERFACE AND  
COMMAND LIBRARY WITH DOS
4. HEWLETT-PACKARD, INC : EQUIPMENT MANUAL FOR TURNTABLE
5. มนตรี พจนารถวัลย์ : การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยเทอร์โบซี, ซี  
เอ็ดยูเคชั่นจำกัด พ.ศ. 2535
6. โมไนย ไกรฤกษ์, วิวัฒน์ กิรานนท์ : ทฤษฎีสายอากาศ คณะวิศวกรรม  
ศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

