

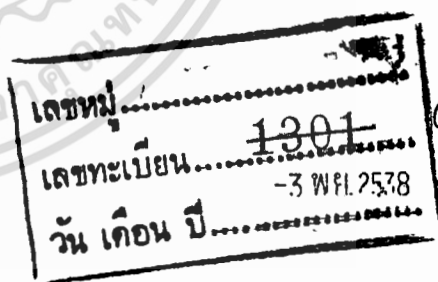
ปริญญานิพนธ์

เครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุย่าน 140-149 เมกะเฮิรตซ์

RADIO SIGNAL DIRECTION FINDER (140-149 MHz)



A021069



021069

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ศูนย์เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท เครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุย่าน 140-149 เมกะเฮิร์ตซ์

RADIO SIGNAL DIRECTION FINDER (140-149 MHz)

- ชื่อนักศึกษา
1. นายกิตติชัย สุทะปา รหัสประจำตัว 36031101
 2. นายเพชรพิชญ์ สระแก้ว รหัสประจำตัว 36031125
 3. นายวีระพงษ์ สุโพธิ์ รหัสประจำตัว 36031130
 4. นายอำพล เข้มเขื่อน รหัสประจำตัว 36031145

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

1. อาจารย์สมชาย หมั่นสายญาติ
2. อาจารย์สันติ ดันตระกุล
3. อาจารย์สุชิน อางหาญ

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์สมชาย หมั่นสายญาติ	
2. อาจารย์สันติ ดันตระกุล	
3. อาจารย์สุชิน อางหาญ	
4. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม	
5. อาจารย์สุรสิทธิ์ ราตรี	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 7 พฤษภาคม 2538 เวลา 15.00 น. ถึงเวลา 16.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.301 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล ทัพพจน์ ภา อัยชยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.../...เดือน.../...ปี.ศ. ๒๕๓๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุย่าน 140-149 เมกะเฮิร์ตซ์
RADIO SIGNAL DIRECTION FINDER (140-149 MHz)

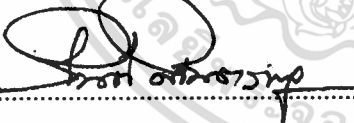
ผู้จัดทำ

1. นายกิตติชัย สุทะป่า
2. นายเพชรพิชญ์ สระแก้ว
3. นายวีระพงษ์ สุโพธิ์
4. นายอำพล เข้มเขื่อน

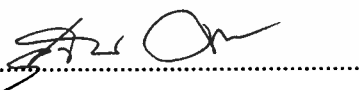
อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....

(อาจารย์สมชาย หมั่นสายญาติ)

ลงนาม.....

(อาจารย์สันติ ตันตระกูล)

ลงนาม.....

(อาจารย์สุชิน อองหาญ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุย่าน 140-149 เมกะเฮิรตซ์
RADIO SIGNAL DIRECTION FINDER (140-149 MHz)

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการของระบบสายอากาศ ระบบควบคุมโดยการใช้ไมโคร-โปรเซสเซอร์และการทำงานของวิทยุรับส่งที่ประกอบเป็นเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ
2. เพื่อออกแบบวงจรและสายอากาศ เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานรวมทั้งจัดทำวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบเป็นโครงงาน
3. เพื่อนำวงจรที่ออกแบบไว้ประกอบเป็นเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ
4. เพื่อทดลองการทำงานของเครื่องและปรับปรุงแก้ไข พร้อมทั้งจัดทำคู่มือประกอบการใช้งานของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ
5. เพื่อนำเอาเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ ไปใช้งาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. รู้และเข้าใจทฤษฎีและหลักการการทำงานของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ
2. รู้และเข้าใจการออกแบบวงจรและโปรแกรมควบคุมการทำงาน
3. สามารถออกแบบวงจร โปรแกรมควบคุมและสร้างเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ
4. ทดลองการทำงานและจัดทำคู่มือประกอบการใช้งานของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ
5. นำเอาเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุไปใช้งาน

เครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุย่าน 140-149 เมกะเฮิรตซ์

นายกิตติชัย สุทะปา
นายพรพิชญ์ สระแก้ว
นายวีระพงษ์ สุโพธิ์
นายอำพล เข้มเขื่อน

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สมชาย หมั่นสายญาติ
อาจารย์สันติ ตันตระกูล
อาจารย์สุชิน อางหาญ

ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ ซึ่งออกแบบและพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการค้นหาทิศทางสัญญาณวิทยุของสถานีรบกวนได้โดยอัตโนมัติ อาศัยเครื่องรับวิทยุใช้งานร่วมกับสายอากาศแบบทิศทางรับสัญญาณเข้ามาแล้วประมวลผลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งพัฒนาจากโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี โดยเลือกรับเอาสัญญาณจากสถานีที่มีความแรงมากที่สุด ทำให้สามารถตรวจสอบวัดทิศทางของสัญญาณคลื่นรบกวนออกมาเป็นมุมเมื่อเปรียบเทียบกับสถานีหาทิศทางสัญญาณวิทยุ

นอกจากใช้เพื่อการค้นหาทิศทางสัญญาณวิทยุแล้ว ยังใช้เป็นโรเตอร์สายอากาศไปในตัวได้อีกด้วย ซึ่งบันทึกข้อมูลทิศทางของกลุ่มสถานีได้ 60 ช่องสถานี สามารถควบคุมทิศทางของสายอากาศผ่านทางคีย์บอร์ดโดยผู้ใช้ และหันสายอากาศให้ชี้ไปยังทิศทางของกลุ่มสถานีที่ต้องการได้โดยอัตโนมัติ

RADIO SIGNAL DIRECTION FINDER (140-149 MHz)

MR.KITTICHAJ SUTHAPA
 MR.PACHARAPID SRAKAE0
 MR.WEERAPHONG SUPHO
 MR.UMPON YAMYEAN

ADVISOR

MR. SOMCHAI MAUNSAIYAT
 MR. SUNTI TUNTRAKOOL
 MR. SUCHIN ADHAN

ABSTRACT

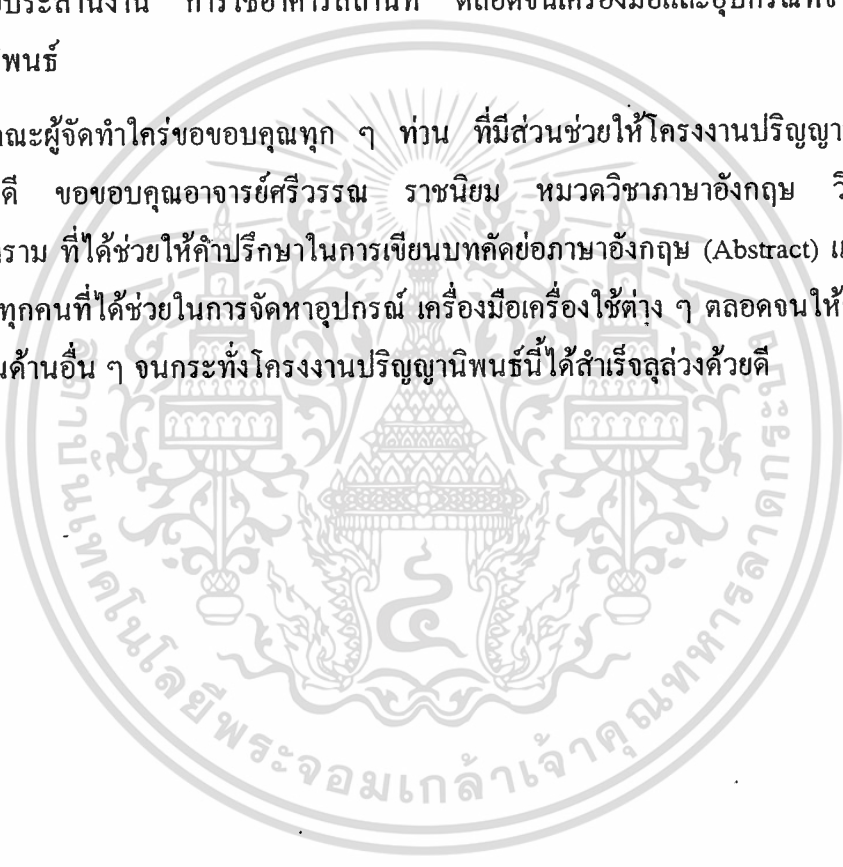
This thesis presents the Radio Signal Direction Finder which is designed and developed for automatical finding direction of radio signal of noisy station by using radio receiver and signal direction antenna. Then processed by microprocessor and Assembly Language Program. The antenna receives the signal from the highest signal station to check the direction of noisy wave in angle for comparing with radio signal direction finding station.

It is also used for rotator of antenna and able to 60 directional information contracted station. The user can control the direction of antenna by using keyboard. The antenna is directed to the desired station automatically.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการปริญญานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จได้ ก็ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่าน ที่ได้ช่วยให้คำปรึกษาในการดำเนินงานและให้แนะนำในการแก้ปัญหาด้วยดีเสมอมา รวมทั้งคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน การใช้อาคารสถานที่ ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำปริญญานิพนธ์

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณทุก ๆ ท่าน ที่มีส่วนช่วยให้โครงการปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณอาจารย์ศรีวรรณ ราชนิยม หมวดวิชาภาษาอังกฤษ วิทยาลัยเทคนิคราชสีหราชราม ที่ได้ช่วยให้คำปรึกษาในการเขียนบทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ได้ช่วยในการจัดหาอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นด้านอื่น ๆ จนกระทั่งโครงการปริญญานิพนธ์นี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ	1
1.2 ความมุ่งหมายของการตรวจสอบเฟ้าฟังและหาทิศวิทยุ	2
1.3 ลักษณะของระบบและหลักการทำงานของเครื่องหาทิศวิทยุโดยสังเขป	2
1.4 ความสำคัญของการตรวจสอบเฟ้าฟังและหาทิศวิทยุ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	9
2.1 ระบบสื่อสาร	9
2.2 การสื่อสาร โดยอาศัยคลื่นวิทยุ	10
2.2.1 ประเภทของการสื่อสาร โดยอาศัยคลื่นวิทยุ	11
2.2.2 วิธีการติดต่อสื่อสารทางวิทยุ	11
2.3 การแพร่กระจายคลื่นวิทยุ	12
2.3.1 ความเข้มของสนามไฟฟ้า	13
2.3.2 คลื่นฟ้า คลื่นดิน	14
2.3.3 การหักเหของคลื่น ✓	18
2.4 สายอากาศ	22
2.4.1 คลื่นทีอีเอ็ม (TEM) และโพราไลเซชัน	22
2.4.2 การกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศ	23
2.4.3 สายอากาศไดโพล	25
2.4.4 แพทเทอร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศ	26
2.4.5 สายอากาศแบบอื่น ๆ	29
2.4.6 การต่อสายอากาศเป็นแผงแอเรย์	30

เอกสารนี้ 2.5 เครื่องส่งวิทยุ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
2.5.1 วงจรออสซิลเลเตอร์	33
2.5.2 การเปลี่ยนขนาดความถี่วิทยุ	33
2.5.3 ขนาดความถี่วิทยุที่ควบคุม	34
2.5.4 คลื่นพาห์	34
2.5.5 การแปรรูปคลื่นวิทยุ	34
2.5.6 ความกว้างของแถบคลื่นวิทยุ	35
2.5.7 คลื่นวิทยุที่คลื่นอื่นปะปนออกไป	36
2.5.8 เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่น	36
*2.6 เครื่องรับวิทยุ	37
2.6.1 ประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุ	37
2.6.2 ดีเทคเตอร์	37
2.6.3 ระบบการรับคลื่นวิทยุ	38
2.6.4 เสี่ยงรบกวน	40
2.6.5 สแกนหรือการกวาดหาคลื่นวิทยุ	40
2.6.6 สควอชคอนโทรล	42
2.6.7 อาร์ไอที. คอนโทรล (RIT Control)	42
2.7 ตัวเชื่อมโยงทางแสง (Optocoupler)	42
2.7.1 พื้นฐานของตัวเชื่อมโยงทางแสง	42
2.7.2 คุณสมบัติของตัวเชื่อมโยงทางแสง	43
* 2.8 แอลซีดี. (LCD)	45
2.9 การควบคุมมอเตอร์เอซี	48
2.9.1 วงจรจุดชนวน	48
2.9.2 วงจรจุดชนวนด้วยเฟสของสัญญาณเอซี	51
2.9.3 การควบคุมมอเตอร์เอซีด้วยวิธีควบคุมเฟส	53
บทที่ 3 การออกแบบ	58
3.1 การออกแบบวงจร	58
3.1.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ	58
3.1.2 สายอากาศสำหรับการเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุด	59
3.1.3 โรเตอร์สายอากาศ	63
3.1.4 วงจรจุดชนวนเบื้องต้นสำหรับการควบคุมเฟสเต็มคลื่น	63

เรื่อง	หน้า
3.1.5 วงจรขับมอเตอร์ (Motor Driver)	64
3.1.6 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ใช้กับมอเตอร์	65
3.1.7 วงจรแซมปลิงแอนด์โฮลด์ (Sampling And Hold)	66
3.1.8 วงจรแลมปี (Lamp)	68
3.1.9 วงจรเอส-มิเตอร์แอมป์ (S-Meter Amp.)	69
3.1.10 วงจรแอ็ทเทนนูเอเตอร์ (Attenuator)	70
3.1.11 คีย์บอร์ด	71
3.1.12 ภาคเพาเวอร์ซัพพลาย	72
3.2 การออกแบบโปรแกรม	74
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	99
4.1 การทดสอบควบคุมมอเตอร์สายอากาศ	99
4.2. การทดลองบันทึกข้อมูล	99
4.3.การนำข้อมูลที่บันทึกไว้ออกมาใช้งาน	104
4.4 การทดลองลบข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้	111
4.5 การทดสอบการหมุนของมอเตอร์	114
4.6 การทดลองหาทิศทางสัญญาณวิทยุ	114
บทที่ 5 บทวิจารณ์ สรุปและแนวทางในการพัฒนา	122
5.1 บทสรุป	122
5.2 ปัญหาในการทำงาน	122
5.3 แนวทางในการพัฒนา	123
5.3.1 แนวทางในการพัฒนางจร	123
5.3.2 แนวทางในการพัฒนาโปรแกรม	123
บรรณานุกรม	124
ภาคผนวก ก. ส่วนประกอบของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุย่าน 140-149 เมกะเฮิร์ตซ์ สายอากาศและมอเตอร์	125
ภาคผนวก ข. วงจร ลายวงจรพิมพ์และการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์	132
ภาคผนวก ค. รายการอุปกรณ์	142
ภาคผนวก ง. คู่มือการใช้งานเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุย่าน 140-149 เมกะเฮิร์ตซ์	149
ภาคผนวก จ. ข้อมูลโรเตอร์รุ่น G-250 และไอซีเบอร์ ADC0804	164

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
รูปที่ 1.1 เทคนิคการหาทิศวิทยุ	4
รูปที่ 1.2 การแพร่กระจายคลื่นวิทยุย่านความถี่ต่าง ๆ	4
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของการสื่อสาร	10
รูปที่ 2.2 ระบบสื่อสารพื้นฐาน	10
รูปที่ 2.3 กระจายพลังงานของคลื่น	13
รูปที่ 2.4 คลื่นดิน	14
รูปที่ 2.5 คลื่นที่สะท้อนจากบรรยากาศ	15
รูปที่ 2.6 บรรยากาศชั้นต่าง ๆ ในไอโอโนสเฟียร์	16
รูปที่ 2.7 รูปภาพแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศตามเวลา	17
รูปที่ 2.8 การหักเหของคลื่น	19
รูปที่ 2.9 การเดินทางของคลื่นในบรรยากาศ	19
รูปที่ 2.10 การแผ่รังสีของหน้าคลื่น	20
รูปที่ 2.11 คลื่นเดี่ยวอ้อมต้นเขา	21
รูปที่ 2.12 คลื่นสะท้อนจากสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่	21
รูปที่ 2.13 คลื่นที่อีม.	22
รูปที่ 2.14 การกระจายของคลื่นในสระน้ำ	23
รูปที่ 2.15 สนามของการกระจายคลื่น	23
รูป 2.16 การกระจายของคลื่นไฟฟ้าจากสายอากาศ	24
รูปที่ 2.17 สายอากาศไดโพล	26
รูปที่ 2.18 (ก) รูปแบบการกระจายของกระแสบนสายอากาศไดโพล	27
รูปที่ 2.18 (ข) รูปแบบการกระจายของโวลเตจบนสายอากาศไดโพล	27
รูปที่ 2.19 (ก) ตัวอย่างแพทเทอร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอน	28
รูปที่ 2.19 (ข) ตัวอย่างแพทเทอร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวตั้ง	29
รูปที่ 2.20 แพทเทอร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล	30
รูปที่ 2.21 สายอากาศโพลเค็ดไดโพล	31

ภาพ	หน้า
รูปที่ 2.22 สายอากาศยาก็	31
รูปที่ 2.23 แพทเทอร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศยาก็	31
รูปที่ 2.24 การวัดบีบีวีคัทของสายอากาศทิศทาง	32
รูปที่ 2.25 ตัวเชื่อมโยงทางแสงแบบทั่ว ๆ ไป	43
รูปที่ 2.26 เป็นชิ้นส่วนอินพุทของตัวเชื่อมโยงทางแสง	44
รูปที่ 2.27 นิแมตติคัลควิดคริสตอลขณะที่ยังไม่มีไบอัส	45
รูปที่ 2.28 แสดงนิแมตติคัลควิดคริสตอลเมื่อจ่ายไบอัสเข้าไป	46
รูปที่ 2.29 (ก) แสดงเช็กเมนต์ของแอลซีดี	47
รูปที่ 2.29 (ข) แสดงมาตรฐานการให้ไบอัส	48
รูปที่ 2.30 เส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันกับกระแสของเกต	49
รูปที่ 2.31 (ก) วงจรสมมูลของวงจรถูกขนานเกต	50
รูปที่ 2.31 (ข) การเขียนเส้นภาระ	50
รูปที่ 2.32 (ก) วงจรถูกขนานด้วยเฟสของสัญญาณเอซีแบบง่าย	51
รูปที่ 2.32 (ข) รูปคลื่นแรงดันเมื่อค่าความต้านทาน R มีค่าน้อยและค่าใหญ่	51
รูปที่ 2.33 (ก) วงจรถูกควบคุมเฟสครั้งกลืนแบบง่ายด้วยความต้านทานแปรค่าได้	52
รูปที่ 2.33 (ข) วงจรถูกควบคุมเฟสครั้งกลืนด้วยความต้านทานแปรค่าได้ และ ไดโอด	52
รูปที่ 2.34 สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับวงจรถูกเชื่อมสามเฟสที่สามารถกลับเฟสอันดับได้	53
รูปที่ 2.35 (ก) วงจรถูกควบคุมมอเตอร์เฟสเดี่ยวโดยวิธีควบคุมเฟส	54
รูปที่ 2.35 (ข) รูปคลื่นแรงดันคร่อมมอเตอร์เอซีที่มุมจุดขนานและอัตราเร็วต่าง ๆ	54
รูปที่ 2.35 (ค) เส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่างแรงหมุนกับอัตราเร็วที่ตำแหน่งมุมจุดขนาน	54
รูปที่ 2.36 สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับวงจรถูกเชื่อมไม่มีกรกลับเฟสอันดับ	55
รูปที่ 2.37 (ก) มอเตอร์เอซีต่อแบบเดลตา	56
รูปที่ 2.37 (ข) มอเตอร์เอซีต่อแบบวายไม่มีเส้นสะเทิน	56
รูปที่ 2.37 (ค) มอเตอร์เอซีต่อแบบวายมีเส้นสะเทิน	56
รูปที่ 2.38 การต่อสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์แบบไม่สมดุลควบคุมมอเตอร์เอซี แบบวายและแบบเดลตา	57
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ	58

ภาพ	หน้า
รูปที่ 3.2 แสดงรูปร่างของสายอากาศแบบยากิ-ยูดา	60
รูปที่ 3.3 สายอากาศยากิ-ยูดา 10 อีเลเมนต์ 2 เบย์	62
รูปที่ 3.4 (ก) วงจรจุดชนวนควบคุมเฟสเต็มคลื่นแบบใช้ไดโอดแอ็คและไตรแอ็ค	64
รูปที่ 3.4 (ข) รูปคลื่นแรงดันของ (ก)	64
รูปที่ 3.5 วงจรขับมอเตอร์	65
รูปที่ 3.6 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ใช้กับโรเตอร์	66
รูปที่ 3.7 วงจรแชนเปลิ่งแอนด์โฮลด์	67
รูปที่ 3.8 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ใช้กับวงจรแชนเปลิ่งแอนด์โฮลด์	67
รูปที่ 3.9 สภาวะการทำงานของวงจรแลมปี	68
รูปที่ 3.10 วงจรแลมปี	69
รูปที่ 3.11 วงจรเอส-มิเตอร์แอมป์	70
รูปที่ 3.12 วงจรเอ็ทเทนนูเอเตอร์	72
รูปที่ 3.13 วงจรคีย์บอร์ด	73
รูปที่ 3.14 วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	73
รูปที่ 3.15 โพลวัชาร์ทการทำงานของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุย่าน 140-149 เมกะเฮิรตซ์	75
รูปที่ 4.1 คำมุ่มเมื่อกดคีย์ Left ให้โรเตอร์หมุนจนสุด	99
รูปที่ 4.2 ข้อความเมื่อกดคีย์ MR	100
รูปที่ 4.3 ข้อความเมื่อกดคีย์ Enter	100
รูปที่ 4.4 การบันทึกข้อมูล	100
รูปที่ 4.5 ข้อมูลเรียกขานที่ทดลองป้อนเข้าไป	100
รูปที่ 4.6 ข้อมูลเรียกขานเป็น HS2AP	101
รูปที่ 4.7 การป้อนข้อมูลที่ผิดไปจากเงื่อนไข	101
รูปที่ 4.8 การป้อนคำมุ่มเป็น 361°	102
รูปที่ 4.9 ข้อความเมื่อเปลี่ยนคำมุ่มเป็น 250°	102
รูปที่ 4.10 การบันทึกข้อมูล	102
รูปที่ 4.11 (ก) การบันทึกสัญญาณเรียกขานและคำมุ่ม	103
รูปที่ 4.11 (ข) ข้อความเมื่อกด Enter	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ	หน้า
รูปที่ 4.12 ผลที่ได้เมื่อกดคีย์ N	103
รูปที่ 4.13 คำมูมของโรเตอร์ปัจจุบัน	105
รูปที่ 4.14 ลูกศรชี้ที่คีย์ Memory Operate	105
รูปที่ 4.15 การทำงานของโหมด Memory Operate	105
รูปที่ 4.16 ผลการตรวจสอบข้อมูล	106
รูปที่ 4.17 การป้อนสัญญาณเรียกขานเป็น HS5JSM	106
รูปที่ 4.18 ข้อความเมื่อไม่มีสัญญาณเรียกขาน HS5JSM	106
รูปที่ 4.19 การค้นพบสัญญาณเรียกขาน HS6IQR	107
รูปที่ 4.20 ข้อมูลที่ค้นพบ	107
รูปที่ 4.21 ตำแหน่งของโรเตอร์	107
รูปที่ 4.22 ลูกศรชี้ที่ Memory Number	108
รูปที่ 4.23 ข้อความรอให้ป้อนหมายเลข MR	109
รูปที่ 4.24 (ก) ข้อความ MR ที่มีการบันทึก	109
รูปที่ 4.24 (ข) ข้อความเมื่อไม่มี MR บันทึกไว้	109
รูปที่ 4.25 ข้อมูลของ Memory Number 00	110
รูปที่ 4.26 คำมูมเมื่อโรเตอร์หมุนจนสุด	110
รูปที่ 4.27 (ก) การเข้าสู่หมวด Memory Del	111
รูปที่ 4.27 (ข) เข้าสู่การลบหมายเลข MR	112
รูปที่ 4.28 ข้อความรอให้ป้อนหมายเลขช่องที่ต้องการลบ	112
รูปที่ 2.29 (ก) การป้อนเลข 06	112
รูปที่ 2.29 (ข) ข้อความเมื่อข้อมูลช่อง 06 ถูกลบออก	112
รูปที่ 4.30 ข้อความเมื่อหน่วยความจำช่องที่ 06 ไม่มีข้อมูลบันทึกอยู่	113
รูปที่ 4.31 ข้อความให้เลือกว่าจะลบข้อความทั้งหมดหรือไม่	113
รูปที่ 4.32 ข้อมูลที่พบในหน่วยความจำช่องที่ 2	114
รูปที่ 4.33 คำมูมเมื่อโรเตอร์หมุนจนสุด	114
รูปที่ 4.34 ข้อความให้ตั้งค่าการลคทอนสัญญาณ	115
รูปที่ 4.35 สายอากาศขากิ 10 อีเลเมนต์ 2 เบย์ติดตั้งบนโรเตอร์รุ่น G-400	116

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.36 ตำแหน่งจุดทดสอบที่ 1-5 ที่ใช้สำหรับการทดลอง	117
รูปที่ 4.37 แสดงสายอากาศยาคี 10 อีเลเมนต์ 2 เบย์ติดตั้งบน โรเตอร์รุ่น G-250	119



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ 4N33	44
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลตัวอย่างสำหรับสายอากาศแบบยาภิ-ยูดา	61
ตารางที่ 3.2 แสดงการทำงานของวงจรแอ็ทเทนนูเอเตอร์	71
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลของแต่ละสถานีที่ใช้ในการทดลอง	104
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ได้จากการป้อนข้อมูลเป็นสัญญาณเรียกขาน	108
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองที่ได้จากการป้อนข้อมูลเป็นหมายเลขของ Memory	111
ตารางที่ 4.4 ค่าการลดทอนสัญญาณที่สามารถเลือกได้	115
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการหาทิศทางสัญญาณวิทยุร่วมกับ โรเตอร์สายอากาศรุ่น G- 400	118
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการหาทิศทางสัญญาณวิทยุร่วมกับ โรเตอร์สายอากาศรุ่น G-250	120

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ

ปัจจุบันนี้ การติดต่อสื่อสารมีความเจริญก้าวหน้าไปมาก ไม่ว่าจะเป็นการส่งข่าวสารในรูปแบบของเสียง (Audio) ภาพ (Picture) หรือข้อมูล (Data) ก็ตาม สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ทั่วโลก หรือที่เรียกว่า "โลกาภิวัตน์" (Globalization) อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลข่าวสารก็ได้ถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่ง ๆ ขึ้นไป ตัวอย่างเช่น การติดต่อสื่อสารทางวิทยุ โทรทัศน์ โทรศัพท์ หรือวิทยุติดตามตัว เป็นต้น

ถึงแม้อุปกรณ์สื่อสารเหล่านี้จะมีวิวัฒนาการก้าวหน้าไปมากก็ตาม แต่การติดต่อสื่อสารโดยใช้วิทยุรับส่งก็ยังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเช่น ใช้ในกิจการทหาร ตำรวจ ใช้ในหน่วยงานราชการและรัฐวิสาหกิจต่าง ๆ หรือในภาคเอกชนก็มีความนิยมใช้วิทยุรับส่งอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกิจกรรมวิทยุสมัครเล่นได้รับความสนใจจากบุคคลทั่วไป และแพร่หลายไปทั่วทุกวงการสาขาอาชีพดังจะเห็นได้จากจำนวนผู้ที่ผ่านการสอบ ได้รับประกาศนียบัตรพนักงานวิทยุสมัครเล่นขั้นต้นจากกรมไปรษณีย์โทรเลขมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยมีกรมไปรษณีย์โทรเลขทำหน้าที่บริหารการใช้ความถี่วิทยุเพื่อควบคุมการใช้คลื่นวิทยุให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ มิฉะนั้นแล้วอาจเกิดการรบกวนกันทางคลื่นวิทยุอย่างรุนแรง อันจะเป็นผลเสียต่อการสื่อสารโทรคมนาคมทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ทำให้เกิดผลเสียหายทางด้านเศรษฐกิจและการพัฒนาตามมาในภายหลัง

กรมไปรษณีย์โทรเลขจึงได้ตั้งหน่วยงานขึ้นมาหน่วยงานหนึ่ง ซึ่งเรียกว่าสำนักงานตรวจสอบฝ้าฟังและกิจกรรมพิเศษ มีหน้าที่ความรับผิดชอบด้านตรวจสอบค้นหาทิศทางของสถานีวิทยุตรวจสอบการใช้ความถี่คลื่นวิทยุคมนาคมต่าง ๆ ให้ถูกต้องตามกฎหมายและกฎข้อบังคับระหว่างประเทศ ปฏิบัติการภารกิจพิเศษ งานตอบโต้ทางอิเล็กทรอนิกส์ จับกุมดำเนินคดีสถานีวิทยุที่มิได้รับอนุญาตตามกฎหมาย และงานวิทยุสื่อสารของกรมไปรษณีย์โทรเลข เพื่อให้มีการใช้คลื่นวิทยุอย่างมีระเบียบและมีประสิทธิภาพสูง นับเป็นงานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งของการบริหารความถี่วิทยุ ช่วยให้การจัดสรรความถี่วิทยุได้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

ดังนั้น กรมไปรษณีย์โทรเลขจำเป็นต้องมีเครื่องมือ และอุปกรณ์ในการตรวจสอบฝ้าฟังและหาทิศทางวิทยุไว้ใช้งานในการปฏิบัติหน้าที่ตามความรับผิดชอบ ซึ่งเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่าน 140-149 เมกะเฮิรตซ์ (Radio Signal Direction Finder 140-149 MHz) ที่คณะผู้จัดทำได้พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้สามารถใช้งานได้เช่นเดียวกับเครื่องหาทิศทางของกรมไปรษณีย์โทรเลข แต่เครื่องที่คณะผู้จัดทำพัฒนาขึ้นมาใหม่นี้ได้ดัดแปลงให้ใช้อุปกรณ์น้อยกว่า ขนาดเล็กกระทัดรัดมีความสะดวกในการใช้งานและใช้ต้นทุนในการสร้างต่ำกว่า สำหรับการใช้งานในการหาทิศทางและการค้นหาจุดที่ตั้งของสถานีวิทยุจริง ๆ แล้วจำเป็นจะต้องมีสถานีหาทิศทางไม่น้อยกว่าสามสถานี แต่ในที่นี้คณะผู้จัดสร้างขึ้นเพียงสถานีเดียว เพื่อจำลองการนำไปใช้งานและสาธิตหลักการทำงานของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ เนื่องจากว่ามีความจำกัดในเรื่องเวลาและงบประมาณในการสร้าง

1.2 ความมุ่งหมายของการตรวจสอบเฟ้าฟังและหาทิศทางวิทยุ

การตรวจสอบเฟ้าฟังและหาทิศทางวิทยุมีความมุ่งหมายดังนี้ คือ

1. เพื่อประกอบการพิจารณาวางแผนความถี่วิทยุ และการจัดสรรคลื่นความถี่วิทยุ
2. เพื่อประกอบการพิจารณาในการออกใบอนุญาตวิทยุคมนาคม ตามพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498 เช่นการตั้งสถานีวิทยุ การใช้เครื่องวิทยุคมนาคม เป็นต้น
3. เพื่อตรวจสอบการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่ได้รับอนุญาตโดยถูกต้องตามกฎหมาย ว่าดำเนินการไปโดยถูกต้องตามที่ได้รับอนุญาตหรือไม่อย่างไร
4. เพื่อตรวจสอบการปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดในใบอนุญาตวิทยุคมนาคม
5. เพื่อป้องกันและปราบปรามการลักลอบใช้คลื่นวิทยุโดยผิดกฎหมาย
6. เพื่อป้องกันและลดการรบกวนในการสื่อสารทางวิทยุคมนาคม

1.3 ลักษณะของระบบและหลักการทำงานของเครื่องหาทิศทางวิทยุโดยสังเขป

1. การหาทิศทางหรือตำแหน่งจุดที่ตั้งของสถานีวิทยุที่เราต้องการทราบเช่นสถานีวิทยุเถื่อนที่ส่งคลื่นวิทยุรบกวนการทำงานของสถานีวิทยุของทางราชการ ดังเช่นกรณีที่มีผู้ใช้นามเรียกขานว่า “แหลม” ส่งคลื่นวิทยุรบกวนการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจ ทหาร ระหว่างเกิดเหตุการณ์ไม่สงบขึ้นในบ้านเมืองเมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2535 จำเป็นจะต้องมีสถานีวิทยุชนิดประจำที่ หรือสถานีเคลื่อนที่ไม่น้อยกว่า 3 สถานี โดยให้ทุกสถานีทำงานพร้อม ๆ กัน

2. เครื่องอุปกรณ์ที่ใช้ประจำสถานีหาทิศทางวิทยุจะประกอบด้วย เครื่องรับวิทยุที่ทำงานในย่านความถี่ที่กำลังจะตรวจสอบนั้นจะเป็นเครื่องรับวิทยุธรรมดาที่ได้ในกรณีที่เราทราบความถี่ที่เข้ามารบกวนอย่างแน่นอน หรือเป็นเครื่องรับวิทยุที่สามารถปรับรับฟังในย่านความถี่ต่าง ๆ ได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

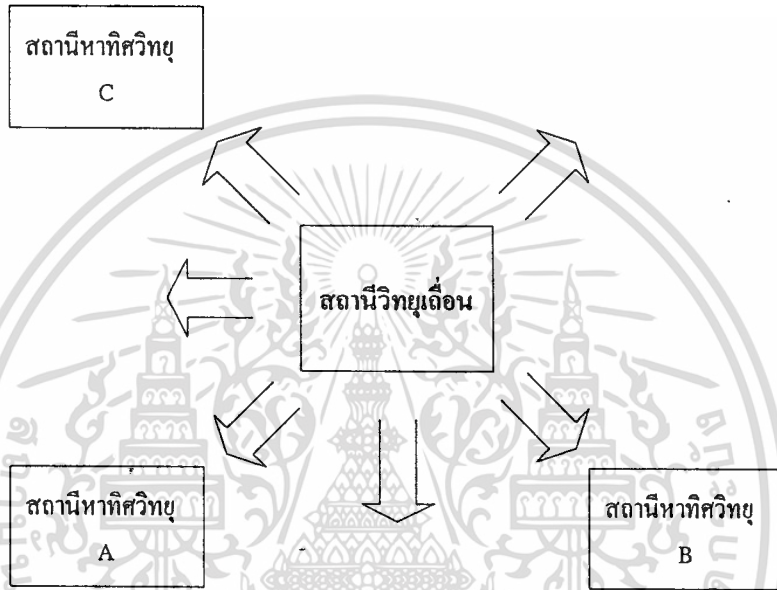
เจ้าหน้าที่ของสถานีจะทำการปรับหาคลื่นวิทยุได้ด้วยตนเอง (Manual) หรืออาจจะเป็นเครื่องที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พิเศษภายใน สามารถปรับกวาดหาคลื่นวิทยุที่แพร่กระจายเข้ามาในรัศมีการทำงานได้เองโดยอัตโนมัติที่เรียกว่า เครื่องรับวิทยุแบบสแกนเนอร์ (Scanner Receiver) เครื่องรับวิทยุแบบนี้เมื่อรับสัญญาณคลื่นวิทยุได้จะหยุดรับฟังอยู่ตรงจุดนั้นได้ทันที กับมีสายอากาศที่มีขีดความสามารถรับสัญญาณคลื่นวิทยุได้รอบทิศทางที่แพร่กระจายเข้ามาได้ 2 ทิศทาง (Bidirectional) เช่น สายอากาศแบบลูป (Loop) หรือสายอากาศแบบ วี-บีม (V-Beam) หรือแม้แต่สายอากาศแบบไดโพล (Dipole) หรืออาจจะใช้สายอากาศที่สามารถรับสัญญาณคลื่นวิทยุได้ในทิศทางเดียวเท่านั้น (Unidirectional) เช่น สายอากาศแบบยาจิก (Yagi) หรืออีกแบบหนึ่งคือสายอากาศแบบล็อกพีเรียดิก (Log Periodic) นอกจากนี้สถานีหาทิศทางวิทยุแต่ละสถานีจะต้องมีอุปกรณ์อีกอย่างหนึ่งคือ เครื่องวัดความแรงสัญญาณวิทยุ (Field Strength Meter)

3. เมื่อสถานีหาทิศทางวิทยุค้นพบสัญญาณคลื่นวิทยุที่ต้องการได้แล้ว ทุกสถานีจะต้องปรับหันสายอากาศประจำสถานี ซึ่งเป็นสายอากาศที่มีทิศทางดังกล่าวในข้อ 2 ให้หันไปหาสถานีที่กำลังส่งคลื่นวิทยุนั้นให้ตรงทิศทางให้มากที่สุด โดยสังเกตจากความแรงของสัญญาณที่อ่านได้จากเครื่องวัดคือเครื่องวัดความแรงของสัญญาณประจำสถานี ซึ่งพนักงานประจำสถานีจะทราบได้เมื่อสัญญาณที่ได้รับมีความแรงมากที่สุด และสามารถที่จะตรวจสอบวัดทิศทางที่มาของคลื่นนั้นออกมาเป็นมุม (Azimuth) เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีวิทยุหาทิศทางนั้น ๆ โดยปกติสายอากาศที่มีทิศทางประจำสถานีจะถูกติดตั้งไว้บนเสาที่สามารถบังคับให้หมุนหันไปในทิศทางต่าง ๆ และวัดสามารถหมุนได้ (Antenna Rotator)

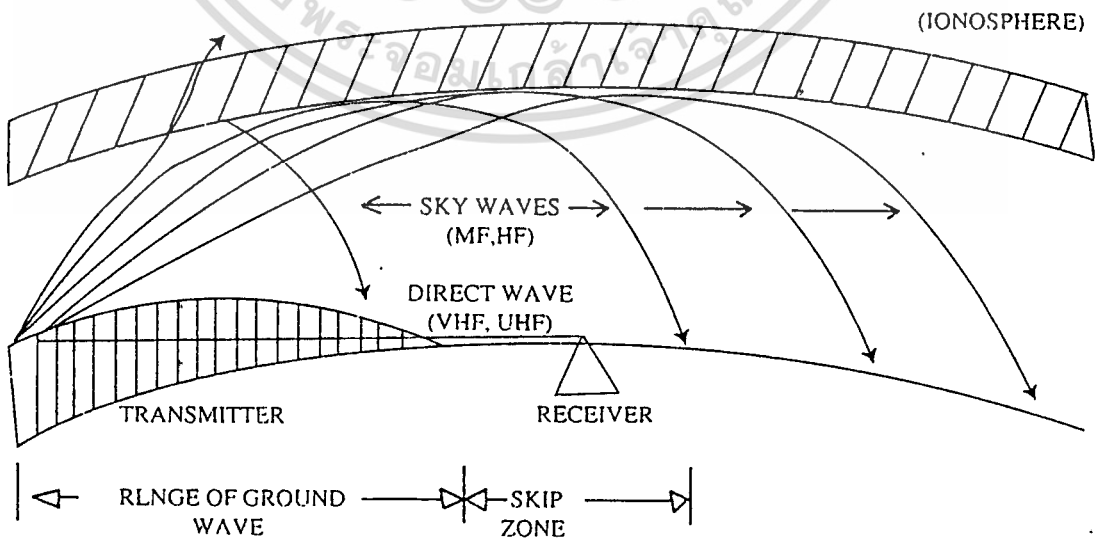
เมื่อแต่ละสถานีวิทยุตรวจวัดจนพบทิศทางของสัญญาณวิทยุตามที่ต้องการได้แล้ว พนักงานประจำทุก ๆ สถานีจะต้องมีการประสานงานกันโดยตรง โดยใช้เครื่องมือสื่อสารที่ดีพอ แต่ละสถานีจะต้องพล็อต (Plot) ลากเส้นลงบนแผนที่จากสถานีของตนไปในทิศทางที่มาของคลื่นวิทยุ นั้น เส้นที่ลากไว้บนแผนที่โดยสถานีหาทิศทางแต่ละสถานีจะตัดกันตรงจุด ๆ หนึ่ง ถ้าเครื่องวัดทิศทางมีความละเอียดแม่นยำพอ ซึ่งที่จุดนี้ก็คือ จุดที่ตั้งของสถานีที่ส่งคลื่นวิทยุออกมารอบกวนในทางปฏิบัติจริง ๆ จะต้องส่งสถานีหาทิศทางชนิดเคลื่อนที่ได้ (Mobile Radio Direction Finder) เคลื่อนที่เข้าไปใกล้จุดที่ตั้งของสถานีนั้นให้มากที่สุดและจัดเจ้าหน้าที่เดินเท้าเข้าไปทำการจู่โจมจับกุมเมื่อทราบสถานที่แน่นอน

4. การตรวจค้นหาทิศทางของคลื่นวิทยุจะได้ผลแน่นอนก็ต่อเมื่อคลื่นวิทยุนั้นอยู่ในรัศมีการทำงานของสถานีหาทิศทางสัญญาณที่ดักจับฟังได้จะต้องมีความแรงพอ และต้องมีการส่งแพร่กระจายคลื่นวิทยุออกมารอบกวนเป็นเวลานานพอสมควร เพื่อให้มีโอกาสปรับสายอากาศหาทิศทาง

ให้ตรงกับทิศทางมากที่สุดสำหรับประเด็นหลังนี้ ต่อมาโดยการนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทำงานและโดยการใช้สายอากาศแบบพิเศษจึงสามารถแก้ปัญหานี้ได้ เพราะเพียงชั่วระยะเวลาสั้น ๆ ที่มีการส่งคลื่นวิทยุออกมารอบวง สถานีหาทิศทางที่ติดตั้งฟังสัญญาณนั้นได้จะสามารถทราบทิศทางที่มาของคลื่นวิทยุได้ทันที



รูปที่ 1.1 เทคนิคการหาทิศทาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 1.2 การแพร่กระจายคลื่นวิทยุย่านความถี่ต่างๆไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาทิศทางของสัญญาณวิทยุที่จะทำให้ได้ผลดีที่สุดคือ การหาทิศทางของสัญญาณวิทยุ ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency) ย่านความถี่ปานกลาง (Medium Frequency) ย่านความถี่สูงมาก (Very High Frequency) และความถี่ที่สูงกว่า เนื่องจากสองย่านความถี่แรกพลังงานคลื่นวิทยุส่วนใหญ่อาศัยพื้นโลกเป็นสื่อนำคลื่น (Ground Wave) ส่วนสัญญาณวิทยุในย่านความถี่สูงมากและย่านความถี่สูงกว่านั้นพลังงานคลื่นวิทยุส่วนใหญ่แพร่กระจายไปโดยอาศัยบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก (Tropospheric Propagation) โดยเดินทางเป็นเส้นตรงคล้ายกับการเคลื่อนที่ของแสง สำหรับคลื่นวิทยุในย่านความถี่สูง (High Frequency) หรือคลื่นสั้น (Short Wave) นั้น การหาทิศทางกระทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากพลังงานของสัญญาณคลื่นวิทยุส่วนใหญ่พุ่งทะลุออกไปนอกโลกจนกระทบกับเพดานไฟฟ้า (Ionosphere) แล้วจึงสะท้อนกลับมาสู่พื้นโลก พลังงานคลื่นวิทยุดังกล่าวเรียกว่า คลื่นฟ้า (Sky Wave) จุดตกของคลื่นฟ้านี้จะเป็นจุดที่รับสัญญาณได้แรงที่สุด และจะขึ้นอยู่กับความสูงของเพดานไฟฟ้า จึงมีระยะทางห่างจากสถานีส่งวิทยุไกลมาก สาเหตุที่การดักฟังและหาทิศทางวิทยุในย่านความถี่สูงกระทำได้ยากนั้น เนื่องจากความสูงของเพดานไฟฟ้ามีระดับไม่คงที่ขึ้นอยู่กับฤดูกาล เวลากลางวันและกลางคืน จุดตกของคลื่นฟ้าจึงเปลี่ยนที่อยู่ตลอดเวลา

1.4 ความสำคัญของการตรวจสอบฝ้าฟังและหาทิศทางวิทยุ

การตรวจสอบฝ้าฟังและหาทิศทางวิทยุ เป็นกระบวนการที่สำคัญในการบริหารความถี่วิทยุ ซึ่งช่วยให้มีการใช้คลื่นวิทยุ ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีเหลืออยู่อย่างจำกัดให้เป็นไปอย่างประหยัด มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติในด้านต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. ด้านเศรษฐกิจ

1.1 การตรวจสอบ ควบคุม ดูแล การใช้คลื่นความถี่วิทยุของสถานีวิทยุคมนาคม การตรวจวัดคุณลักษณะทางเทคนิคและควบคุมมาตรฐานทางเทคนิคของสถานีวิทยุคมนาคมของหน่วยราชการ รัฐวิสาหกิจ นิติบุคคล และเอกชน ให้ปฏิบัติถูกต้องตามข้อบังคับวิทยุระหว่างประเทศ และพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498 จะช่วยให้การสื่อสารด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ปราศจากการรบกวนซึ่งกันและกัน หรือมีการรบกวนกันน้อยที่สุด จะทำให้ระบบการสื่อสารที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการให้บริการสื่อสารสาธารณะ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น บริการวิทยุโทรทัศน์ประจำที่ บริการวิทยุโทรศัพท์เคลื่อนที่อัตโนมัติ บริการวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ เป็นต้น อันจะเป็นการเอื้ออำนวยต่อการดำเนินธุรกิจการค้าเป็นปัจจัยโน้มนำทำให้เกิดการลงทุนและการขยายตัวและพัฒนาทางเศรษฐกิจ

1.2 โดยที่ความถี่วิทยุเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นการตรวจสอบฝ้าฟังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า เปรียบเทียบหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และหาทศวิทยุที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยพัฒนาข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ความถี่วิทยุให้ เป็นประโยชน์ ต่อการวางแผนและจัดสรรความถี่วิทยุให้ได้ประโยชน์สูงสุด

1.3 การตรวจสอบเฟ้่าฟังและหาทศทางวิทยุจะช่วยให้การบริหารความถี่วิทยุเป็น ไปอย่างมี ประสิทธิภาพ จะเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนด้วยเครื่องมือ และอุปกรณ์ด้าน โท รคมนาคมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อันจะเป็นผลดีโดยส่วนรวมต่อเศรษฐกิจของประเทศ

1.4 การตรวจสอบเฟ้่าฟัง และหาทศวิทยุรวมทั้งงานสารวัตตวิทยุคมนาคมที่มีประสิทธิภาพ สูงจะช่วยป้องกันและปราบปรามการละเมิดต่อกฎหมาย โดยการหลีกเลี่ยงและลักลอบใช้เครื่อง วิทยุคมนาคมโดยผิดกฎหมาย

1.5 การตรวจสอบเฟ้่าฟังและหาทศทางสัญญาณวิทยุที่มีประสิทธิภาพสูง จะช่วยให้มีการ ใช้วิทยุคมนาคมโดยถูกต้องตามกฎหมายมากขึ้น อันจะส่งผลทำให้รัฐมีรายได้จากค่าธรรมเนียมขอ ทำใบอนุญาตวิทยุคมนาคมตามพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498 มากขึ้น

2. ด้านสังคม

2.1 การตรวจสอบ ควบคุม ดูแล การใช้คลื่นความถี่วิทยุ และการตรวจวัดคุณลักษณะทาง เทคนิคของสถานีวิทยุกระจายเสียง และสถานีวิทยุโทรทัศน์ ให้ปฏิบัติถูกต้องตามข้อบังคับวิทยุ ระหว่างประเทศ และพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498 จะช่วยการประชาสัมพันธ์ให้รัฐ โดยเฉพะอย่างยิ่งการแพร่กระจายข่าวสารจากรัฐเข้าถึงประชาชนทั่วประเทศ ก่อให้เกิดความเข้าใจ อันดีต่อรัฐบาล

2.2 รัฐสามารถใช้สถานีวิทยุกระจายเสียง และสถานีวิทยุโทรทัศน์เพื่อการเรียนการสอน ทางไกล รวมทั้งการให้ความบันเทิงแก่ประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.3 รัฐมีโอกาสจะใช้เครื่องวิทยุคมนาคมเพื่อการพัฒนาด้านสาธารณสุขได้อย่างทั่วถึง และ มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อันจะช่วยทำให้เกิดความสงบสุขแก่ประชาชนและเป็นประโยชน์ต่อสังคม โดยส่วนรวม

2.4 การตรวจสอบและเฟ้่าฟังวิทยุ จะช่วยให้การติดต่อประสานงานช่วยเหลือผู้ประสบภัย ทางทะเลให้รอดพ้นจากอันตรายกระทำ ได้สะดวกมากยิ่งขึ้น อันจะเป็นการลดความสูญเสียชีวิต และทรัพย์สินทางสังคมและเศรษฐกิจได้

3. ด้านความมั่นคง

3.1 เครื่องมือตรวจสอบเฟ้่าฟังและหาทศวิทยุที่มีประสิทธิภาพสูง ตลอดจนความพร้อมใน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านอัตรากำลังเจ้าหน้าที่ จะช่วยให้การค้นหาที่ตั้งของสถานีวิทยุคมนาคมที่ดำเนินการผิดกฎหมาย และกฏข้อบังคับระหว่างประเทศ และสถานีวิทยุของฝ่ายตรงข้าม ซึ่งอาจจะกระทำการที่เป็นภัยต่อ ความมั่นคงของประเทศ เป็นไปอย่างได้ผล อันจะช่วยให้สามารถป้องกันรักษาความสงบเรียบร้อย และความมั่นคงของประเทศได้ และยังสามารถดำเนินการปราบปรามและจับกุม หรือสามารถ ทำลายผู้กระทำความผิดกฎหมายได้

3.2 การตรวจสอบเฟ้่าฟังและหาทศวิทยุที่มีประลศทธศภาพสูง จะช่วยในด้านการป้องกันและปราบปรามการลักลอบดักฟังข่าววิทยุของทางราชการโดยตรง

3.3 เครื่องมือตรวจสอบเฟ้่าฟังและหาทศวิทยุที่มีประลศทธศภาพสูง จะช่วยในการหาจุดหรือแหล่งที่จงใจรบกวนการติดต่อสื่อสารของทางราชการได้อย่างรวดเร็ว และสามารถแก้ไขได้อย่างทันท่วงที

3.4 การตรวจสอบเฟ้่าฟังและหาทศวิทยุที่มีประลศทธศภาพสูง จะช่วยให้ช่วยการสื่อสารเฉพาะกิจ เพื่อความมั่นคงของชาติใช้ประโยชน์ได้เต็มที่และคุ้มค่าน่ามากยิ่งขึ้น

3.5 การตรวจสอบเฟ้่าฟังและหาทศวิทยุที่มีประลศทธศภาพสูงนั้นนอกจากจะช่วยให้สามารถแก้ไขการจงใจรบกวนการติดต่อสื่อสารทางวิทยุคมนาคมได้อย่างทันท่วงทีแล้วยังช่วยให้สามารถดำเนินการตอบโต้ทางอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างรวดเร็วอันจะช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาและสถานการณ์ให้อยู่ในความสงบเรียบร้อยและมั่นคง

3.6 การปฏิบัติการตรวจสอบเฟ้่าฟังและหาทศวิทยุจะช่วยรักษาความมั่นคงและความปลอดภัยของประเทศทั้งในยามสงบ และในภาวะสงคราม ปัจจุบันอาวุธต่าง ๆ ทันสมัยและร้ายแรงมากขึ้น เครื่องมือตรวจสอบเฟ้่าฟังและหาทศวิทยุที่มีประลศทธศภาพสูงเท่านั้น ที่จำเป็นต้องเตรียมพร้อมไว้เพื่อสามารถให้ความช่วยเหลือร่วมมือในการรักษาอธิปไตยของชาติ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีและรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ ซึ่งได้แบ่งเป็นบทต่าง ๆ ดังนี้

บทที่ 1 เรื่อง บทนำ ในบทนี้จะกล่าวถึงความสำคัญของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ ความมุ่งหมายของการตรวจสอบเฟ้่าฟังและหาทศวิทยุ ลักษณะของระบบและหลักการทํางานของเครื่องหาทิศทางวิทยุโดยสังเขป ความสำคัญของการตรวจสอบเฟ้่าฟังและหาทศวิทยุ ซึ่งจะเกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติทั้งในด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคมและในด้านความมั่นคง

บทที่ 2 เรื่อง ทฤษฎีและหลักการ ในบทนี้จะกล่าวถึงเรื่องระบบสื่อสาร การสื่อสารโดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาศัยคลื่นวิทยุ การแพร่กระจายคลื่นวิทยุ สายอากาศ เครื่องส่งวิทยุ เครื่องรับวิทยุ ตัวเชื่อมต่อทางแสง แอลซีดี และการควบคุมมอเตอร์เอซี

บทที่ 3 เรื่อง การออกแบบ ในบทนี้จะแบ่งเป็นการออกแบบวงจรและการออกแบบโปรแกรม ในการออกแบบวงจรมันจะกล่าวถึงบล็อกไดอะแกรมการออกแบบเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุย่าน 140-149 เมกะเฮิร์ตซ์ การออกแบบวงจรและอธิบายการทำงานของแต่ละวงจร ส่วนการออกแบบโปรแกรมนั้นจะกล่าวถึงโฟลว์ชาร์ทของการออกแบบโปรแกรมในแต่ละโหมดการทำงานของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุย่าน 140-149 เมกะเฮิร์ตซ์

บทที่ 4 เรื่อง การทดลองและผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองใช้งานของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

บทที่ 5 เรื่อง บทสรุปและแนวทางในการพัฒนา ในบทนี้จะกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไข ตลอดจนแนวทางในการพัฒนาเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ

ภาคผนวก ก. จะแบ่งออกเป็นภาคผนวก ก. ถึงภาคผนวก จ. ดังนี้

ภาคผนวก ก. ส่วนประกอบของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ สายอากาศและโรเตอร์

ภาคผนวก ข. วงจร สายวงจรพิมพ์และการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค. รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ง. คู่มือการใช้งานเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ ย่าน 140-149 เมกะเฮิร์ตซ์

ภาคผนวก จ. ข้อมูลโรเตอร์รุ่น G-250 และไอซีเบอร์ ADC0804

นอกเหนือจากเนื้อหาในบทที่ 1 ถึงบทที่ 5 และภาคผนวก ก. ถึงภาคผนวก จ. แล้ว ผู้อ่านสามารถศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมได้จากหนังสือและเอกสารอ้างอิงที่แสดงไว้ในบรรณานุกรม หรืออาจจะศึกษาเพิ่มเติมจากหนังสืออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบสื่อสาร

คำว่า “การสื่อสาร” (Communication) ในภาษาไทยมีใช้อยู่หลาย ๆ คำเช่น “การสื่อสาร” หรือ “การติดต่อสื่อสาร” ซึ่งถือว่าเป็นคำ ๆ เดียวกัน มีผู้ให้ความหมายของคำนี้ต่าง ๆ กัน เช่น

การสื่อสาร คือ การที่มนุษย์ติดต่อส่งข่าวสาร ข้อเท็จจริง ความคิดเห็นตลอดจนความรู้สึกต่าง ๆ จากบุคคลใดบุคคลหนึ่ง (หรือหลาย ๆ คน) ไปยังอีกบุคคลหนึ่ง (หรือหลาย ๆ คน) (Edward Spair)

การสื่อสาร คือ การแลกเปลี่ยนความรู้สึกนึกคิดของบุคคลในลักษณะที่มีความรู้สึกร่วมกัน (Edgar Dale)

การสื่อสาร เป็นการเกี่ยวข้องสัมพันธ์ระหว่างการส่งและการรับสัญญาณต่าง ๆ การรวบรวมและความเข้าใจในเนื้อหาต่าง ๆ ตลอดจนการแลกเปลี่ยนและการเชื่อมโยงความรู้สึกต่าง ๆ ที่มีต่อกัน (Irving Lorge)

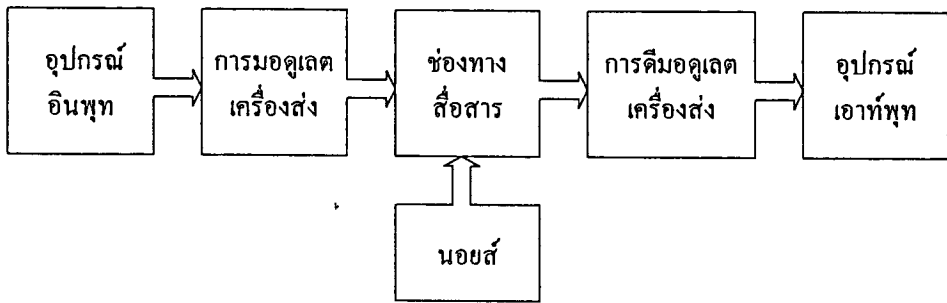
จากความหมายดังกล่าว จึงพอสรุปให้เข้าใจง่าย ๆ ได้ว่า

การสื่อสาร คือ การติดต่อเพื่อแลกเปลี่ยนเรื่องราวต่าง ๆ ซึ่งกันและกันของมนุษย์นั่นเอง การสื่อสารนับได้ว่าเป็นกิจกรรมพื้นฐานอย่างหนึ่งของมนุษย์ที่มีมาตั้งแต่กำเนิด

การสื่อสารจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อผู้รับสารสามารถเข้าใจตรงกับที่ผู้ส่งต้องการ ในการสื่อสารนั้นสิ่งสำคัญที่เราจะละเว้นการกล่าวถึงสิ่งนี้ไม่ได้เลยก็คือ “ตัวกลาง” ที่ใช้เพื่อเป็นทางนำข้อมูลจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ ตัวกลางที่ใช้นำข้อมูลนี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่า “ช่องสัญญาณ” (Channel) หรือ “ทรานสมิชันลิงค์” (Transmission Link) สามารถเขียนแผนผังของการสื่อสารได้ดังแสดงในรูปที่ 2.1

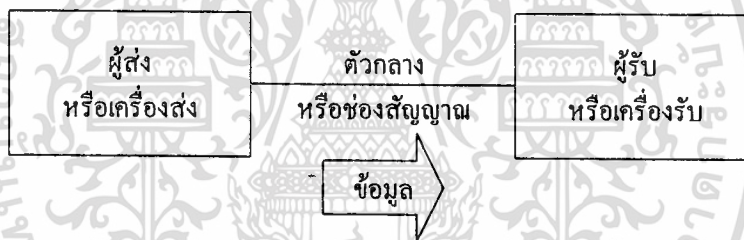
การสื่อสารอาจแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้เป็น 2 ประเภทคือ การสื่อสารตามสาย และการสื่อสารวิทยุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่า ช่องสัญญาณ หรือตัวกลางที่ใช้สำหรับส่งสัญญาณอยู่นั้นเป็นสายส่งสัญญาณ (Transmission Line) หรือเป็นบรรยากาศ

ในระบบสื่อสารนั้นไม่ว่าจะเป็นแบบใดก็ตาม แผนผังพื้นฐานมักจะเป็นเหมือนกับแสดง
ในรูปที่ 2.2
เอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของการสื่อสาร

ระบบสื่อสารโดยพื้นฐานประกอบด้วย อุปกรณ์อินพุท (Input Device) เครื่องส่ง ช่องทางสื่อสาร (Communication Channel) หรือแชนแนล ซึ่งมักมีนอยส์มารบกวนเครื่องรับและอุปกรณ์เอาต์พุท



รูปที่ 2.2 ระบบสื่อสารพื้นฐาน

ข่าวสารที่รับหรือส่งระหว่างกัน แบ่งออกได้เป็น 3 พวกใหญ่ ๆ คือ

1. เสียงหรือออดิโอ (Audio) ได้แก่ เสียงพูดในระบบโทรศัพท์ เสียงพูด เสียงเพลง หรือเสียงดนตรี ซึ่งต้องการคุณภาพเสียงดีในระบบวิทยุกระจายเสียง

2. ภาพ (Picture) ได้แก่ ภาพนิ่งในระบบโทรสาร (Facsimile) และระบบส่งภาพระยะไกล (Telephoto) ภาพยนตร์ในระบบโทรทัศน์

3. ข้อมูล (Data) ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะส่งมาเป็นรหัสให้แก่เครื่องขนต์ เครื่องจักร เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ได้แก่ ข้อมูลและคำสั่งในระบบโทรมาตร ตัวอักษรในระบบโทรพิมพ์ หรือโทรเลข ข้อมูลคอมพิวเตอร์ในระบบสื่อสารคอมพิวเตอร์

2.2 การสื่อสารโดยอาศัยคลื่นวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารการศึกษาจากระบบการสื่อสาร จะเห็นได้ว่าพาหะของสื่อสารหรือช่องทางของการสื่อสาร ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Media or Channels) ที่ได้รับการพัฒนาจนถึงปัจจุบันนี้ และมีความเจริญก้าวหน้าไปเป็นอันมาก นั่นคือ การสื่อสารทางด้านวิทยุ ซึ่งช่วยให้มนุษย์สามารถติดต่อสื่อสารกันได้เป็นระยะทางไกลมากขึ้น โดยวิธีเปลี่ยนเสียงพูดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าขยายให้เป็นคลื่นเสียง (Audio) แล้วทำการผสมกับคลื่นพาหะ (คลื่นวิทยุ) แล้วส่งไปยังเครื่องรับที่อยู่ห่างออกไป ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยสะดวก

2.2.1 ประเภทของการสื่อสารโดยคลื่นวิทยุ

เครื่องรับ-ส่งวิทยุทั่ว ๆ ไป จะแบ่งประเภทที่ใช้งานในย่านความถี่ออกเป็น 3 ประเภทดังต่อไปนี้

1. เครื่องรับ-ส่งวิทยุย่านความถี่เอชเอฟ. (HF = Hight Frequency) คือ ย่านความถี่สูง เริ่มตั้งแต่ความถี่ 3-30 เมกะเฮิร์ตซ์ เครื่องรับ-ส่งย่านเอชเอฟ. ส่วนใหญ่ออกแบบให้ใช้รับ-ส่งสัญญาณในระบบซิงเกิ้ลไซด์แบนด์ (SSB = Single Side Band) และซีบี.(CB = Citizen Radio) การสื่อสารในย่านความถี่เอชเอฟ นี้จะเป็นการสื่อสารระยะไกล และเป็นการสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุด (Point To Point)

การสื่อสารย่านนี้จะไปได้ไกลมากเพราะคลื่นวิทยุสามารถสะท้อนบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ได้ดี ทำให้สถานีรับและสถานีส่งสามารถติดต่อกันได้ข้ามประเทศเลยทีเดียว

2. เครื่องรับ-ส่งวิทยุย่านความถี่วีเอชเอฟ. (VHF = Very Hight Frequency) คือ ย่านความถี่สูงมาก เริ่มตั้งแต่ความถี่ 30-300 เมกะเฮิร์ตซ์ ส่วนใหญ่จะใช้รับส่งสัญญาณเอฟเอ็ม. การสื่อสารในย่านวีเอชเอฟ. มีทั้งแบบเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุดและการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ระยะทางที่ติดต่อสื่อสารมักจะไม่เกิน 50 กิโลเมตร

3. เครื่องรับ-ส่งวิทยุย่านความถี่ยูเอชเอฟ. (UHF = Ultra Hight Frequency) คือ ย่านความถี่สูงยิ่ง เริ่มตั้งแต่ความถี่ 300-3000 เมกะเฮิร์ตซ์ ส่วนใหญ่จะใช้รับส่งสัญญาณเอฟเอ็ม การสื่อสารในย่านความถี่ UHF มีทั้งแบบที่ใช้เชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุดและการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ระยะทางที่ติดต่อสื่อสารกันมักจะไม่เกิน 50 กิโลเมตร

2.2.2 วิธีการติดต่อสื่อสารทางวิทยุ

การติดต่อสื่อสารทางวิทยุ จำแนกออกเป็น

1. การติดต่อสื่อสารทางเดียว (One-Way Radio Communications) วิธีนี้จะมีสถานีต้นทางเป็นสถานีส่งฝ่ายเดียว ส่วนสถานีปลายทางเป็นสถานีรับเท่านั้น โดยปกติจะมีสถานีปลายทางมากไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า 1 สถานี ได้แก่ วิทยุกระจายเสียง โทรทัศน์ และวิทยุติดตามตัว (Paging Radio)

2. การติดต่อสื่อสารสองทาง (Two-Way Radio Communication) จะมีสถานีเป็นโครงข่าย (Network) ตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไป แต่ละคู่สามารถติดต่อโต้ตอบกันได้ด้วยวิธีดังนี้

- ซิมเพล็กซ์ (Simplex) ซึ่งแต่ละสถานีจะต้องผลัดกันพูด ผลัดกันฟัง เมื่อสถานีหนึ่งส่ง อีกสถานีจะต้องรับฟัง จะโต้ตอบสวนกันไม่ได้ ในการติดต่อทางวิทยุโทรศัพท์ เมื่อสถานีหนึ่งหมดข้อความที่จะส่ง จะต้องใช้คำว่า "เปลี่ยน" เพื่อให้คู่สถานีทราบและพูดโต้ตอบทำได้ เครื่องวิทยุที่ใช้จะมีเครื่องรับและเครื่องส่งรวมอยู่ด้วยกัน (Radio Transceiver) ในสภาพปกติ เครื่องวิทยุจะทำหน้าที่ฟังเพียงอย่างเดียว แต่เมื่อต้องการส่งจะต้องกดปุ่มพูด (Push to Talk) ที่ไมโครโฟน แล้วจึงพูดออกอากาศไปได้ ความสำเร็จวิทยุที่ใช้ในการติดต่อวิธีซิมเพล็กซ์นี้จะใช้ความถี่เดียวหรือจะใช้สองความถี่ก็ได้

- ดูเพล็กซ์ (Duplex) ซึ่งคู่สถานีสามารถพูดโต้ตอบกันได้ทันที ไม่ต้องรอให้อีกสถานีหยุดพูดหยุดส่ง เช่นเดียวกับการสนทนาทางโทรศัพท์ธรรมดา วิธีนี้จะแยกภาคเครื่องรับออกจากเครื่องส่ง ใช้ความถี่ในการรับและส่งไม่เหมือนกัน ซึ่งมีขนาดความถี่ห่างกันเพียงพอที่จะไม่รบกวนซึ่งกันและกัน เครื่องวิทยุจะเปิดไว้ให้รับและส่งอยู่ตลอดเวลาทั้งสองสถานีเลยก็ได้ หรือจะเปิดให้เครื่องรับเพียงอย่างเดียว และเปิดส่งโดยการใชาระบบสัญญาณ (Signaling) จากคู่สถานีไปยังคีย์ก็ได้

- เซมิดูเพล็กซ์ (Semiduplex) ซึ่งสถานีส่งทำงานแบบดูเพล็กซ์ ส่วนคู่สถานีทำงานแบบซิมเพล็กซ์โดยใช้สองความถี่ ในการติดต่อสื่อสารทางวิทยุซึ่งมีศูนย์วิทยุควบคุมข่ายของการติดต่อ (Network Control) ส่วนใหญ่เป็นแบบซิมเพล็กซ์ ใช้ความถี่เดียวหรือสองความถี่

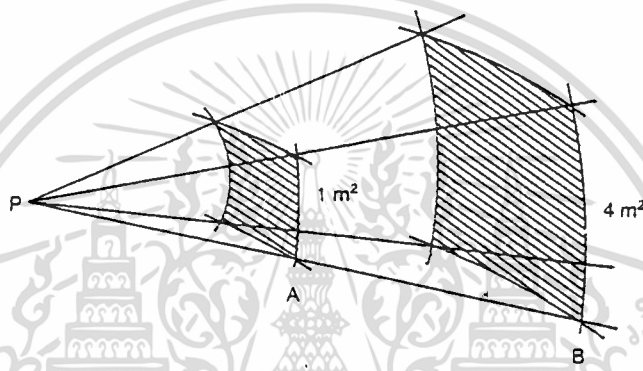
๒.3 การแพร่กระจายคลื่นวิทยุ

คลื่นวิทยุที่แพร่กระจายออกจากสายอากาศนั้น จะมีการแพร่ออกไปในทุกทิศทาง คลื่นวิทยุเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเดินทางไปได้ด้วยความเร็วเท่าแสง การแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายหลังที่มันได้ออกจากสายอากาศไปแล้วเป็นเรื่องที่สำคัญอยู่ มิใช่น้อยในการสื่อสารวิทยุ เราสนใจเป็นพิเศษกับการที่จะส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้แพร่กระจายออกไปในทิศทางหรือให้เดินทางไปยังบริเวณที่เราต้องการจะทำการสื่อสารด้วยเท่านั้น ดังนั้น คุณสมบัติในการเคลื่อนที่ของคลื่นภายหลังที่ได้แพร่กระจายออกไปในอากาศแล้ว จึงเป็นเรื่องที่ควรสนใจอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะคุณสมบัตินี้มีความหมายอย่างมากต่อประสิทธิภาพของการรับและส่งสัญญาณเมื่อคลื่นวิทยุแพร่กระจายออกจากสายอากาศส่งแล้ว คลื่นวิทยุก็จะเดินทางไปในย่านอวกาศในลักษณะ

ต่าง ๆ กันสุดแต่จะเข้าไปอยู่ในบรรยากาศย่านใด

2.3.1 ความเข้มของสนามไฟฟ้า

การวัดความแรงของคลื่นวิทยุ นั้น โดยทั่วไปนิยมวัดจากค่าระดับความเข้มของสนามไฟฟ้า (Electric Field Intensity) ที่เกิดขึ้นจากคลื่นวิทยุ นั้น หน่วยมาตรฐานที่ใช้ในการวัดความเข้มของสนามไฟฟ้านั้นคือโวลท์/เมตร แต่ในทางปฏิบัติ นั้น ค่าของสนามไฟฟ้ามักจะมีค่าน้อยลง จึงนิยมใช้ให้อยู่ในหน่วย มิลลิโวลท์/เมตร หรือ ไมโครโวลท์/เมตร เท่านั้น



รูปที่ 2.3 กระจายพลังงานของคลื่น

เมื่อสมมติว่า คลื่นวิทยุที่มีแหล่งกำเนิดกระจายออกมาจากสายอากาศ ที่มีลักษณะเป็นจุด (Point Source) ตามทฤษฎีแล้วคลื่นก็จะกระจายออกไปรอบ ๆ สายอากาศที่มีลักษณะเป็น จุดนั้น อย่างสม่ำเสมอ คล้ายแสงไฟที่กระจายออกไปจากหลอดไฟกลม ๆ พลังงานของคลื่นนั้น จะไม่มีการสูญเสียไป หากมันไม่ได้ไปกระทบกับวัตถุ ซึ่งมีความสามารถที่จะดูดซึมพลังงานไปจากมัน สายอากาศนั้นจะกระจายระลอกคลื่นให้คาน้ำออกไปเป็น “หน้าคลื่น” (Wave Front) ในลักษณะของทรงกลมที่ค่อย ๆ ใหญ่ขึ้น ๆ ดังนั้นหน้าคลื่นที่อยู่ใกล้กับสายอากาศ ก็ย่อมจะมีความเข้มมากกว่าหน้าคลื่นที่อยู่ห่างไกลออกไป ทั้งนี้เพราะว่า พื้นที่ของผิวทรงกลมจะขยายออกมามากขึ้นเมื่อทรงกลมมีขนาดใหญ่ขึ้นจึงทำให้พลังงานของคลื่นตลอดผิวหน้าของทรงกลมนั้นมีค่าเฉลี่ยต่อพื้นที่ที่น้อยลง รูปที่ 2.3 ทำให้เราเข้าใจถึงว่า ทำไมความเข้มของพลังงานหรือพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ จึงมีค่าลดลง เมื่อเคลื่อนที่ห่างออกไปจากจุดกำเนิด คลื่นมากยิ่งขึ้น ค่าของความหนาแน่นหรือความเข้มของกำลังงานในคลื่นที่เคลื่อนที่ออกไปเป็นระยะต่างๆ จากจุดกำเนิดจะมีค่าแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง หรือเขียนเป็นสูตรได้ว่า

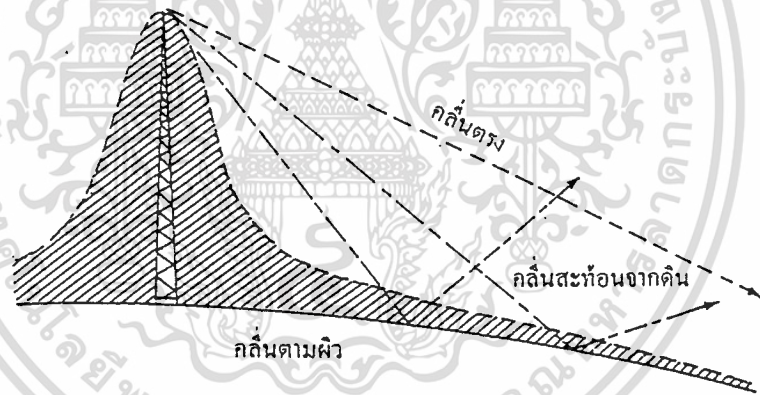
เอกสารนี้เป็นเอกสารความหนาแน่นพลังงาน $= P / (4 \pi r^2)$ ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ (2.1)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย P ในที่นี้คือกำลังของคลื่นจากสายอากาศหรือแหล่งกำเนิด และ d คือระยะ ทางจากสายอากาศหรือแหล่งกำเนิดคลื่นนั้น

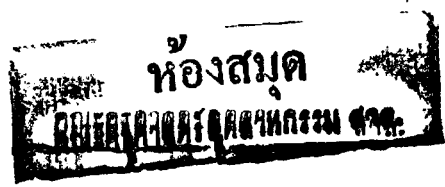
แม้ว่าคลื่นจะกระจายออกไปจากสายอากาศในลักษณะของทรงกลมแต่เมื่อระยะทางที่คลื่นกระจายออกไปนั้นอยู่ห่างจากสายอากาศมาก ๆ แล้วหน้าคลื่นก็จะเหมือนกับเกิดอยู่บนผิวของทรงกลมขนาดใหญ่ เพราะฉะนั้นถ้าหากเราพิจารณาเฉพาะเพียงบริเวณส่วนน้อยของหน้าคลื่นเราก็อาจจะเห็นว่าหน้าคลื่นเป็นที่ซึ่งมีลักษณะเป็นระนาบในแนวอนันต์เอง การพิจารณาคลื่นที่อยู่ไกลจากสายอากาศมากๆ ในลักษณะดังกล่าวมานี้ทำให้เรามักจะสมมติว่าคลื่นนั้นคือ "คลื่นระนาบ" (Plane Wave) กล่าวคือ เป็นคลื่นที่มีลักษณะราบเรียบเสมอกัน และเคลื่อนที่ออกไปเป็นระลอกคลื่นที่เป็นระนาบขนานกัน มากกว่าที่จะคิดว่าหน้าคลื่นนี้เคลื่อนที่ในลักษณะโค้งงอ

2.3.2 คลื่นฟ้า คลื่นดิน



รูปที่ 2.4 คลื่นดิน

คลื่นที่เคลื่อนที่อยู่ในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ (Troposphere) โดยอาศัยการเป็นตัวนำหรือความนำ (Conduction) ของผิวโลกเป็นสื่อ นั้น เรียกว่า "คลื่นดิน" (Ground Wave) บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์นั้น คือชั้นของบรรยากาศที่เป็นบรรยากาศห่อหุ้มโลกของเรา ซึ่งจะมียูจากพื้นดินขึ้นไปจนถึงประมาณ 10 กิโลเมตรจากผิวโลก การลดทอนการกระจายของคลื่นดินนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการเป็นตัวนำของผิวโลก คลื่นดินจะถูกลดทอนลงเมื่อคลื่นที่ใช้งานมีค่าความถี่สูงขึ้น คลื่นดินจะถูกลดทอนลงอย่างมากเมื่อความถี่ของคลื่นที่ใช้้นั้นสูงกว่าความถี่ในย่านเอ็มเอฟ.คือประมาณ 3 เมกะเฮิรตซ์ขึ้นไป คลื่นดินนั้น ในบางครั้งหมายถึงคลื่นที่ประกอบขึ้นมาจาก 3 องค์ประกอบ ดังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงในรูปที่ 2.4 คือ คลื่นตามผิว (Surface Wave) คลื่นตรง (Direct Wave) และคลื่นสะท้อนจากดิน (Ground Reflected Wave) เพราะส่วนประกอบทั้งสามนี้มีเส้นทางการเคลื่อนที่ต่างกัน ดังนั้นเมื่อมันรวมตัวกันเข้าสู่สายอากาศของเครื่องรับ มันก็จะทำให้สัญญาณที่สายอากาศรับได้นั้น มีขนาดแรงขึ้นหรือลดน้อยลงก็ได้ ขึ้นอยู่กับความต่างเฟสของคลื่นที่เป็นองค์ประกอบทั้งสามนั้น

ในบริเวณที่คลื่นตามผิวกระจายไปไม่ถึงนั้น ตัวการสำคัญก็จะเหลือเพียงคลื่นตรงและคลื่นที่สะท้อนกลับจากดินเท่านั้น ซึ่งคลื่นที่ได้จากการรวมตัวกันของคลื่นทั้งสองแบบนี้มักเรียกกันว่า "สเปซเวฟ" (SpaceWave) สเปซเวฟนี้มีความหมายมากต่อการสื่อสารที่ใช้ความถี่สูง ๆ โดยเฉพาะระบบการสื่อสารในแนวสายตา สเปซนี้จะถูกจำกัดระยะทางการใช้งานโดยส่วนโค้งของผิวโลก

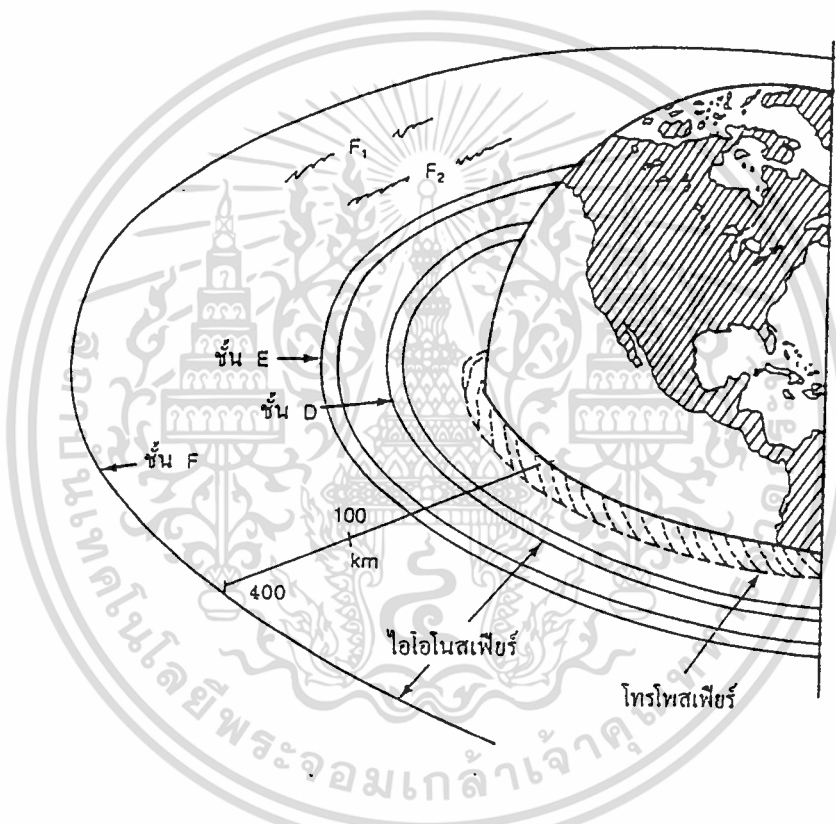


รูปที่ 2.5 คลื่นที่สะท้อนจากบรรยากาศ

นอกจากคลื่นดินหรือสเปซเวฟดังกล่าวมาแล้ว ยังมีคลื่นอีกส่วนหนึ่งที่กระจายออกไปจากสายอากาศ แล้วมีทิศทางผ่านบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกขึ้นไป แต่เนื่องด้วยอิทธิพลของชั้นบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ คลื่นส่วนนี้กลับถูกบังคับให้สะท้อนกลับลงมายังพื้นโลกอีก คลื่นที่สะท้อนกลับลงมายังพื้นโลกนี้เรียกว่า "คลื่นฟ้า" (Sky Wave) การที่จะเข้าใจคุณสมบัติของคลื่นฟ้านี้ให้ดียิ่งขึ้น เราจำเป็นจะต้องทำความเข้าใจกับตัวการที่ทำให้เกิดคลื่นฟ้า คือบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ก่อน บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์นี้เป็นชั้นที่มีประจุไฟฟ้าที่เรียกว่า

ไอออน (Ion) แยกตัวกระจายอยู่อย่างหนาแน่นทั้งนี้เพราะอะตอมของก๊าซในบรรยากาศชั้นนี้จะได้รับพลังงานอันเนื่องมาจากรังสีต่าง ๆ จากดวงอาทิตย์ เช่น รังสีเหนือม่วง รังสีแกมมา ฯลฯ ทำให้

อะตอมของก๊าซเหล่านั้นเกิดการแตกตัวออกเป็นอิออนกระจายอยู่ในบรรยากาศชั้นนั้น บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์นี้แบ่งออกเป็นชั้นย่อย ๆ ได้อีก 4 ชั้น (Layer) ซึ่งมีความหนาแน่นของอิออนและระดับความสูงจากพื้นผิวโลกต่างกัน ชื่อของบรรยากาศชั้นย่อย ๆ เหล่านี้คือ ชั้น D, E, F₁ และ F₂ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 บรรยากาศชั้น D จะอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 50 ถึง 90 กิโลเมตร เป็นชั้นของบรรยากาศที่ดูดซับเอาพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเอาไว้ โดยเฉพาะคลื่นที่มีความถี่ต่ำ ๆ บรรยากาศชั้นนี้จะสลายหายตัวไปอย่างรวดเร็วหลังพระอาทิตย์ตกดิน (ดูรูปที่ 2.7 ประกอบ)



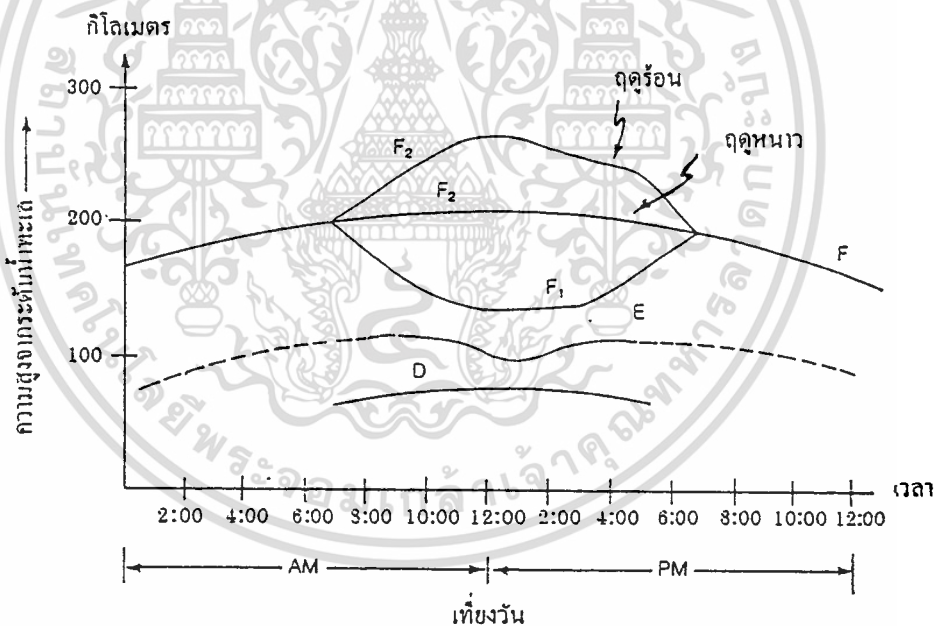
รูปที่ 2.6 บรรยากาศชั้นต่าง ๆ ในไอโอโนสเฟียร์

บรรยากาศชั้น E เป็นบรรยากาศที่เกิดจากกลุ่มของอิออน ซึ่งรวมตัวอยู่เป็นกลุ่ม ๆ คล้ายเมฆเคลื่อนที่อยู่ในระดับความสูงประมาณ 100 กิโลเมตรจากพื้นโลก มันจะเกิดขึ้นมาก โดยเฉพาะในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ บรรยากาศชั้นนี้จะสลายตัวลงในเวลากลางคืน โดยจะค่อย ๆ สลายตัวลง ความหนาแน่นลงหลังจากการสลายตัวของบรรยากาศชั้น D บรรยากาศชั้น E นี้เป็นบรรยากาศชั้นที่ไม่ค่อยมีอิทธิพล ต่อการเดินทางของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเท่าใดนัก ถ้าหากว่าแนวทางการเดินทางของคลื่นนั้นมีมุมเงยจากพื้นโลกไม่น้อยจนเกินไปนัก (ช่วงการสะท้อนของคลื่นมากกว่า 200 กิโลเมตร) ชั้นนี้สามารถสะท้อนคลื่นปานกลางและคลื่นสั้นได้ดี บางครั้งสามารถสะท้อนคลื่นวิทยุได้อย่างดี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรยากาศชั้น F_2 เป็นชั้นของบรรยากาศที่มีอิออนอยู่หนาแน่นมากที่สุด สำหรับในตอนกลางวันบรรยากาศชั้นนี้จะอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 300 กิโลเมตร

บรรยากาศชั้น F_1 นั้นคล้ายกับบรรยากาศชั้น F_2 ต่างกันแต่ว่า ความหนาแน่นของอิออนในบรรยากาศชั้น F_1 จะมีค่าน้อยกว่า ซึ่งบรรยากาศชั้น F_1 นี้จะอยู่สูงจากพื้นโลกขึ้นไปอีกเป็นระยะทางประมาณ 200 กิโลเมตร ในตอนกลางวัน

สำหรับในตอนกลางคืนนั้น ชั้น F_1 และ F_2 นั้นจะค่อย ๆ รวมตัวกันเข้าเป็นบรรยากาศชั้นเดียว แต่ก็ยังคงเรียกว่าบรรยากาศชั้น F_2 ซึ่งมีความสูงจากพื้นโลกประมาณ 250 กิโลเมตร บรรยากาศชั้น F นี้เป็นตัวการสำคัญ ที่ทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเบี่ยงเบนสะท้อนกลับลงมายังพื้นโลกอีก โดยเฉพาะอย่างยิ่งคลื่นที่มีความถี่อยู่ในย่านเอชเอฟ.



รูปที่ 2.7 รูปภาพแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศตามเวลา

คลื่นที่มีความถี่ต่ำเมื่อเดินทางผ่านบรรยากาศชั้นต่าง ๆ ขึ้นไป ก็จะถูกดูดซับพลังงานออกไปโดยบรรยากาศชั้น D ทำให้หมดโอกาสสะท้อนกลับมายังพื้นโลกได้อีก เมื่อความถี่ของคลื่นสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อความถี่ของคลื่นนั้นสูงขึ้นไปถึงย่านความถี่เอชเอฟ. คลื่นจะสามารถทะลุทะลวงผ่านบรรยากาศชั้น D ขึ้นไปได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อคลื่นนั้นเคลื่อนที่เลยไปพบบรรยากาศ ชั้น F_1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนูญาติเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ F_2 กลิ่นจะถูกเบี่ยงเบนให้สะท้อนกลับลงมายังพื้นโลกอีก สำหรับกลิ่นที่มีความถี่สูงขึ้นไปจนเกินย่านความถี่เอชเอฟ. อำนาจการทะลุทะลวงผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ของกลิ่นนั้นจะสูงขึ้น กลิ่นจะเดินทางผ่านชั้นของบรรยากาศหลุดออกไปนอกโลกเป็นส่วนใหญ่และไม่มีการสะท้อนกลับมาอีก

เป็นที่น่าสังเกตว่า กลิ่นที่มีความสูงและต่ำจนเกินไปจะไม่มีกลิ่นฟ้า กลิ่นฟ้าจะเกิดขึ้นมากในย่านความถี่เอชเอฟ. ทำให้การสื่อสารวิทยุย่านความถี่นี้สามารถติดต่อกันได้ในระยะทางไกล ๆ อย่างไม่กี่ตามบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์นั้นมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายประการ จึงทำให้การสื่อสารในย่านความถี่นี้ขาดเสถียรภาพที่ดี จุดดำที่เกิดในดวงอาทิตย์ (Sun Spot) เป็นส่วนหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศชั้นนี้มาก จุดดำในดวงอาทิตย์จะมีรอบการหมุนเวียนมาทุก ๆ 11 ปี เพราะฉะนั้นเมื่อถึงเวลานั้นเสถียรภาพของการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุจะเกิดการปั่นป่วนอย่างมาก

2.3.3 การหักเหของคลื่น

การหักเหของคลื่นเกิดขึ้นเมื่อคลื่นวิทยุเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปยังตัวกลางอีกตัวหนึ่งที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าไม่เหมือนกัน โดยที่มุมตกกระทบ ณ ตัวกลางที่สองไม่เป็นมุมฉากแน่นอนที่พลังงานคลื่นส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับเข้าไปยังตัวกลางที่หนึ่ง โดยมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนกลับ แต่ยังมีพลังงานคลื่นอีกส่วนหนึ่งที่จะเดินทางเข้าไปยังตัวกลางที่สอง การเดินทางเข้าไปยังตัวกลางที่สองนี้จะไม่เป็นแนวเส้นตรงต่อไปจากแนวเดินทางในตัวกลางแรก แต่จะหักเหออกไปมากขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตัวกลางทั้งสอง

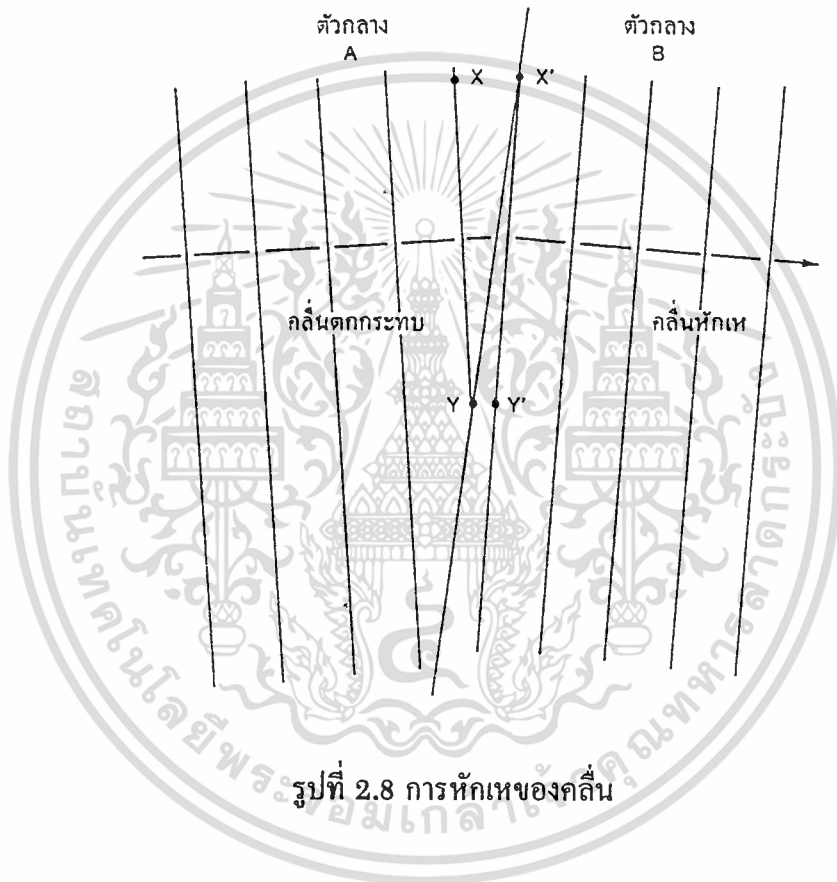
สาเหตุที่เกิดการหักเหของทางเดินของคลื่นวิทยุก็เนื่องมาจากข้อเท็จจริงที่ว่า ความเร็วของคลื่นวิทยุในตัวกลางที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าแตกต่างกันจะไม่เท่ากัน ตัวอย่างเช่น คลื่นวิทยุจะเดินทางไปในน้ำบริสุทธิ์ช้ากว่าเดินทางไปในอากาศถึง 9 เท่า เป็นต้น ตัวอย่างของการสื่อสารที่อาศัยการหักเหของคลื่นวิทยุที่รู้จักกันดีก็คือ การสื่อสารในย่านความถี่สูง

เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน จะทำให้ความเร็วของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่าง ๆ เหล่านี้จะมีค่าไม่เท่ากัน เพราะฉะนั้น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางหนึ่ง ไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีความหนาแน่นต่างกัน แล้วแนวทางการเคลื่อนที่ก็จะเกิดการหักเห (Reflection) ขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างตรงกลางทั้งสองนั้น

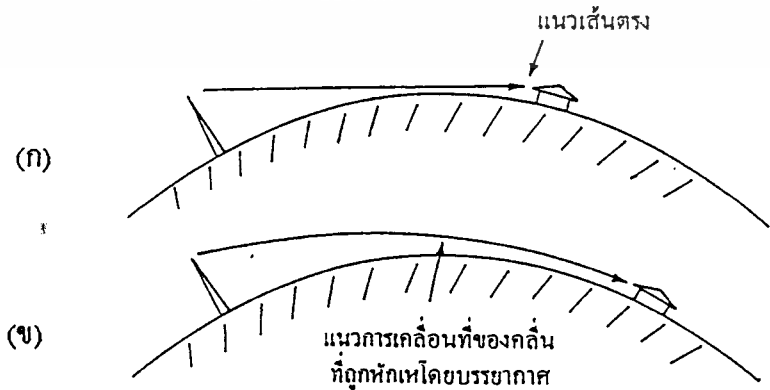
เมื่อพิจารณารูปที่ 2.8 จะทำให้เราเข้าใจสาเหตุแห่งการหนาแน่นกว่าตัวกลาง A หน้าคลื่นบริเวณจุด Y จะผ่านเข้าไปในตัวกลาง B ก่อนหน้าคลื่นบริเวณจุด X เพราะกว่าตัวกลาง B มีความเอกลักษณะนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาแน่นกว่าตัวกลาง A ดังนั้นจะเคลื่อนจากจุด Y ไปสู่ Y' จะได้ระยะทางน้อยกว่าส่วนของคลื่นที่เคลื่อนที่อยู่ในตัวกลาง A คือจากจุด X ไปสู่จุด X' ดังนั้นจึงทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของหน้าคลื่นเกิดขึ้น ทำให้ทิศทางการเดินทางของคลื่นนั้นเกิดการเบี่ยงเบนออกไปจากเดิม

การหักเหของคลื่นนั้นจะมีเกิดขึ้นได้แม้แต่ในบรรยากาศทั่วไป ทั้งนี้เพราะบรรยากาศที่อยู่



รูปที่ 2.8 การหักเหของคลื่น



รูปที่ 2.9 การเดินทางของคลื่นในบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระดับผิวโลก จะมีความแน่นมากกว่าความหนาแน่นของบรรยากาศที่สูงขึ้นไป จึงทำให้แนวทางการเคลื่อนที่ของคลื่น มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.9 (ข) แทนที่จะมีเส้นทางเป็นเส้นตรงตามรูปที่ 2.9 (ก)

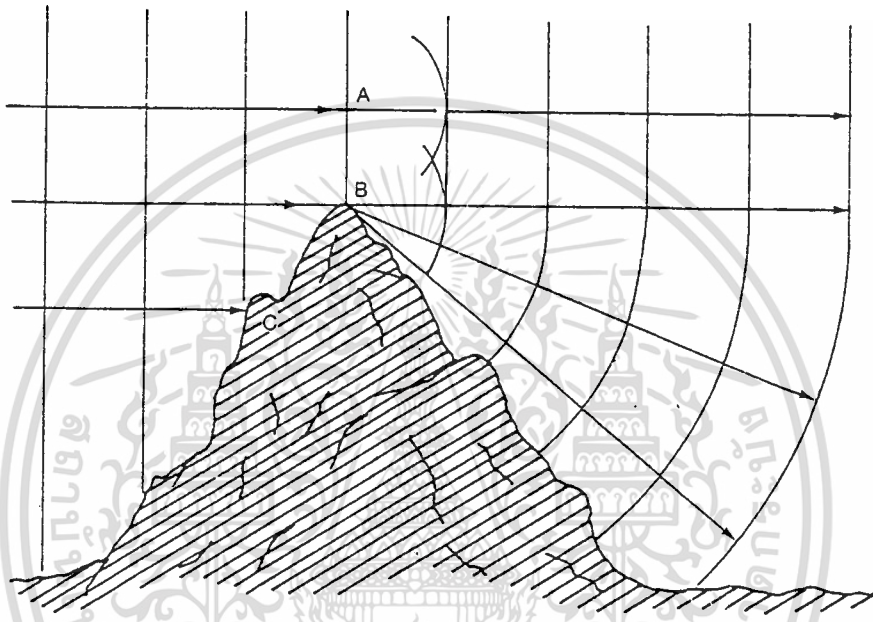
ปรากฏการณ์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง เกี่ยวกับการที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ ปรากฏการณ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถเคลื่อนที่เลี้ยวอ้อม (Diffraction) สิ่งกีดขวางไปได้ที่เป็นดังนี้ เพราะว่า ตามทฤษฎีของไฮย์เกน (Huygen) กล่าวว่า “จะมีพลังงานแผ่รังสี (Radiate) ออกไปจากทุก ๆ จุดบนหน้าคลื่น” พลังงานของคลื่นที่แผ่รังสีออกไปข้าง ๆ จะหักล้างซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดการกระจายของคลื่นออกไปแต่เพียงด้านหน้าเท่านั้น รูปที่ 2.10 แสดงให้เห็นถึงการแผ่รังสีของหน้าคลื่นที่เคลื่อนที่ไปโดยไม่มีสิ่งกีดขวาง



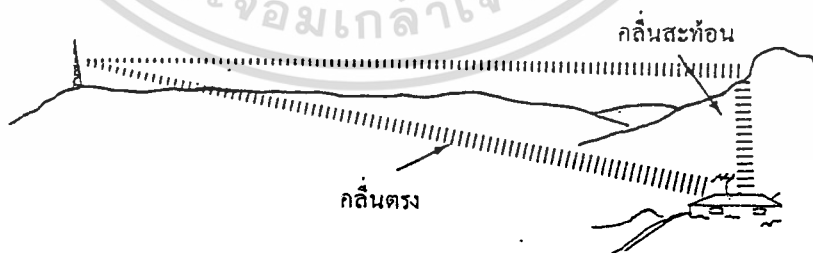
รูปที่ 2.10 การแผ่รังสีของหน้าคลื่น

เมื่อคลื่นเดินทางไปพบกับสิ่งกีดขวางเช่น ภูเขา ตามรูป 2.11 นั้น การแผ่รังสีของพลังงานจากหน้าคลื่นที่จุด C จะถูกกลดทอนลงไปด้วยภูเขา ทำให้ส่วนของพลังงานที่แผ่รังสีออกจากจุด B ไปในด้านล่างนั้นไม่ถูกหักล้างโดยส่วนของพลังงานจากจุด C ซึ่งจะต่างกับส่วนของพลังงานจากจุด B

ที่แผ่รังสีขึ้นไปทางด้านบนและจะถูกหักล้างไปโดยส่วนที่แผ่รังสีออกไปจากจุด A ปรัชญาการณื
เช่นนี้ทำให้เกิดการณืกระจายของพลังงานจากจุด B เลี้ยวลงไปเบื้องล่าง ดังแสดงในรูป 2.11 ซึ่ง
ลักษณะของปรัชญาการณืดังกล่าวเสมือนกับว่า คลื่นสามารถเคลื่อนที่เลี้ยวอ้อมวัตถุสิ่งกีดขวางไป
ได้นั่นเอง



รูปที่ 2.11 คลื่นเลี้ยวอ้อมสันเขา



รูปที่ 2.12 คลื่นสะท้อนจากสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่

ปรัชญาการณืของการเคลื่อนที่เลี้ยวอ้อมสิ่งกีดขวางของคลื่นที่นี้ จะช่วยให้เราสามารถทำ
การสื่อสารได้แม้แต่ในบริเวณที่ถูกบดบังโดยตึกใหญ่ ๆ หรือหลังภูเขา แต่อย่างไรก็ดีในกรณีเช่นนี้
เอกสาณืที่ส่งออกไปนั้นจะต้องเพิ่มความแรงให้สูงกว่าปกติเมื่อเปรียบเทียบกับกรณืที่ไม่มีสิ่ง
กีดขวางใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

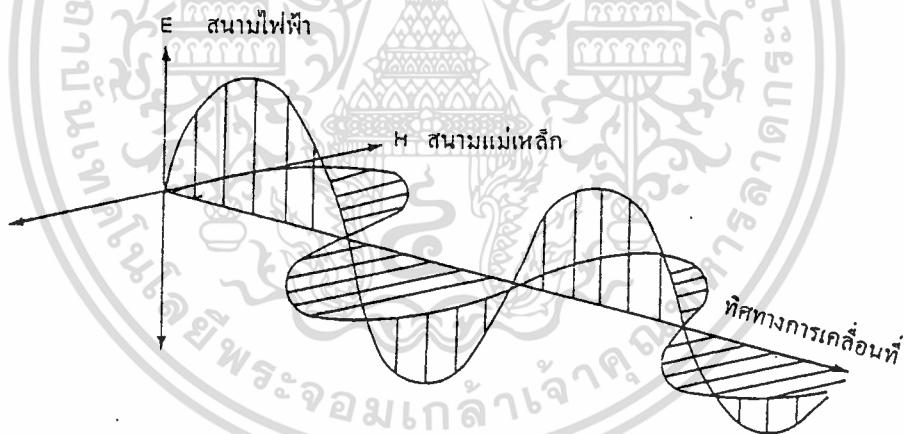
กีดขวาง เพื่อที่จะทำให้ทางด้านรับสามารถรับสัญญาณที่ส่งมาได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากการเลี้ยวอ้อมสิ่งกีดขวางจะทำให้เกิดการสูญเสียได้

เมื่อคลื่นเดินทางไปกระทบวัตถุ ที่มีขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวคลื่น จะเกิดการสะท้อนของคลื่น (Reflection) คล้ายกับแสงที่สะท้อนจากกระจกเงา การสะท้อนของคลื่นนี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดเป็นสัญญาณรบกวนดังเช่นการเกิดภาพซ้อนในเครื่องรับโทรทัศน์

2.4 สายอากาศ

สายอากาศเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสื่อสารในระบบวิทยุ ซึ่งจะใช้สายอากาศเพื่อการกระจายคลื่นวิทยุออกไปจากตัวมันทางด้านเครื่องส่ง และจะใช้ค้ำจับเอาคลื่นวิทยุเข้าสู่ตัวมันทางด้านเครื่องรับ

2.4.1 คลื่นทีอีเอ็ม.(TEM) และโพลาไรเซชัน



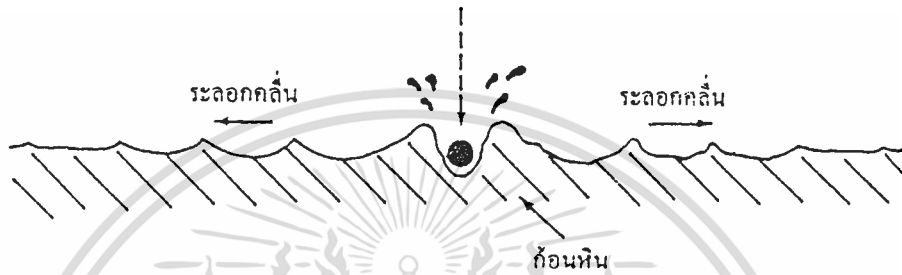
รูปที่ 2.13 คลื่นทีอีเอ็ม.

ระนาบของคลื่น (Wave Plane) ที่เกิดขึ้น เมื่ออ้างอิงเปรียบเทียบกับระนาบของผิวโลก มีชื่อว่า “โพลาไรเซชัน” (Polarization) ของคลื่นนั้น ลักษณะของโพลาไรเซชันของคลื่นทีอีเอ็ม. (TEM = Transver Electromagnetic Mode) กำหนดโดยระนาบของสนามไฟฟ้าซึ่งกระจายออกไป ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กระจายออกไปนั้นจะมีระนาบของสนามไฟฟ้า ระนาบของสนามแม่เหล็ก และทิศทางของการแพร่กระจายคลื่นตั้งฉากซึ่งกันและกัน ตามรูปที่ 2.13 นั้นแสดงว่า คลื่นทีอีเอ็ม.

มีโพลาไรเซชันในแนวตั้ง (Vertical Polarization) ให้สังเกตว่า โพลาไรเซชันนี้จะเป็นตัวอ้างอิงถึงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

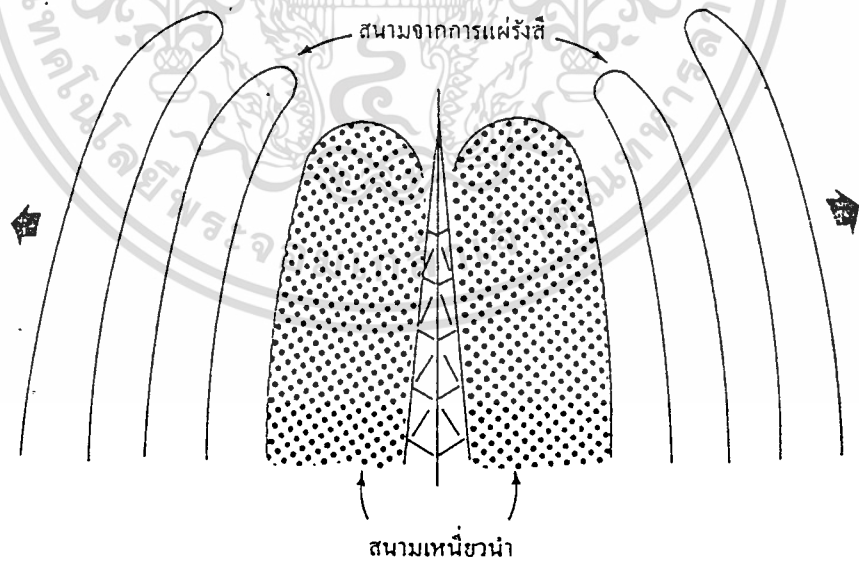
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระนาบของสายอากาศด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้าให้สายอากาศไดโพลอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก คือ ปลายข้างหนึ่งชี้ขึ้นฟ้าและปลายอีกข้างหนึ่งชี้ลงดิน เวลามองจากฟ้าจะเห็นคลื่นวิทยุแพร่ออกไปแรงที่สุดทุกทิศทางบนพื้นโลก เรียกว่าการกระจายคลื่นวิทยุออกไปรอบตัวด้วยความแรงเท่ากัน ไม่ว่าจะเป็นที่ใดการแพร่กระจายคลื่นจากสายอากาศตั้งฉากเรียกว่า เวกติคอลโพลาริเซชัน



รูปที่ 2.14 การกระจายของคลื่นในสระน้ำ

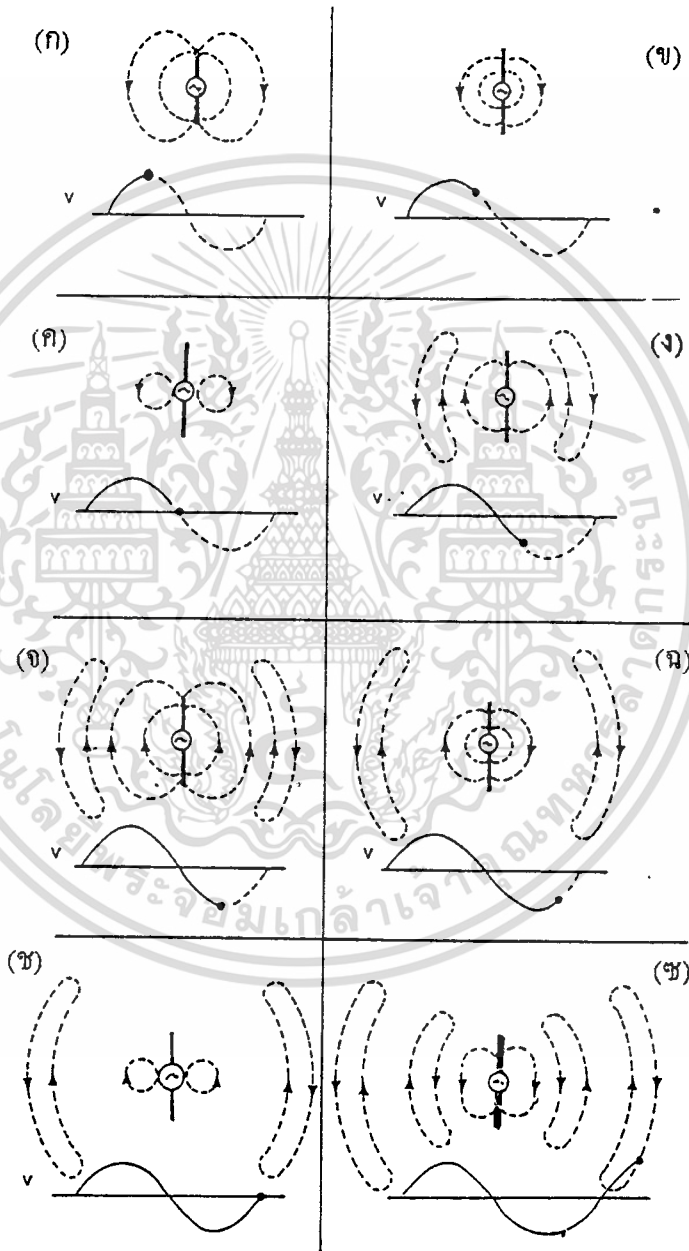
2.4.2 การกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศ



รูปที่ 2.15 สนามของการกระจายคลื่น

เมื่อเราทิ้งก้อนหินลงในสระน้ำจะเกิดคลื่นกระจายออกไปรอบ ๆ โดยมีภาพตัดขวางคล้าย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับแสดงไว้ในรูปที่ 2.14 ลักษณะการตามรูปที่ 2.14 นี้ สามารถใช้เปรียบเทียบกับ การกระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศตามรูปที่ 2.15 ได้เป็นอย่างดี



รูป 2.16 การกระจายของคลื่นไฟฟ้าจากสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (Induction Field) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการไหลของกระแสเข้าไปในสายอากาศ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปฏิกิริยาตามธรรมชาติ เช่นเดียวกับปรากฏการณ์ที่เกิดในหม้อแปลงไฟฟ้า เฉพาะในขั้นตอนนี้ จะไม่มีการแผ่รังสีพลังงานออกไปจากสายอากาศแต่อย่างใด สนามเหนี่ยวนำนี้จะเป็นตัวทำให้เกิด สนามแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่รังสีต่อออกไป ตามขั้นตอนซึ่งอธิบายเป็นลำดับจากรูป (ก) ถึงรูป (ข) ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.16

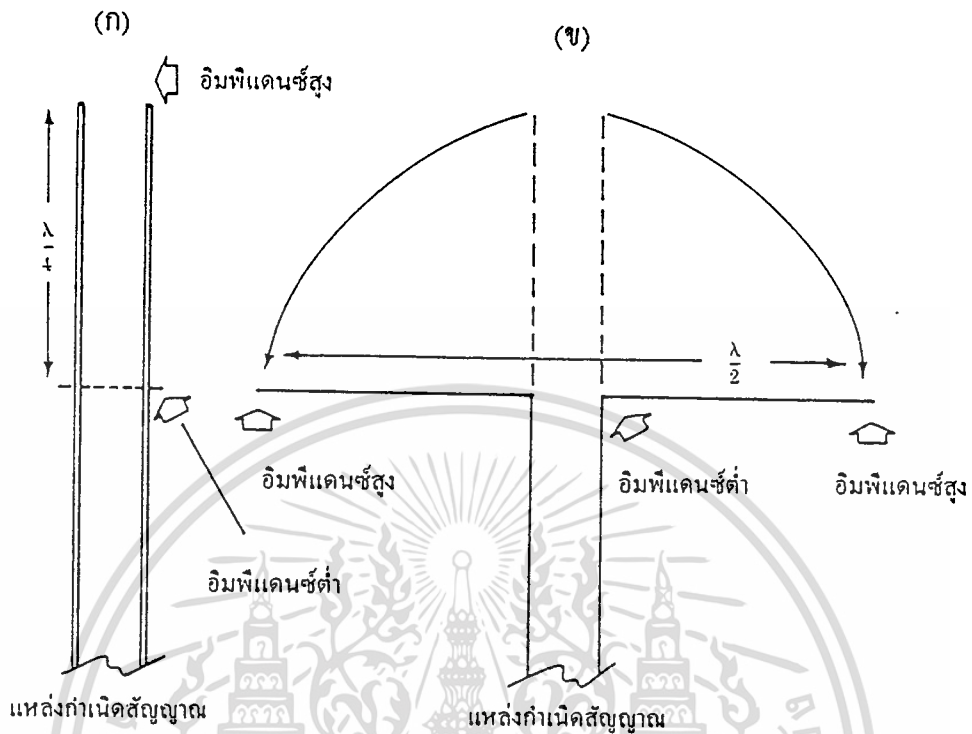
เพื่อความสะดวกในการอธิบายจะขอใช้รูปที่ 2.16 ประกอบในการอธิบายให้เห็นถึงขั้นตอนการกระจายของคลื่นไฟฟ้าแต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะว่า การกระจายของคลื่นแม่เหล็กจะมีทิศทางตั้งฉากกับคลื่นไฟฟ้าเสมอตามรูปที่ 2.16 (ก) เมื่อโวลเตจที่เกิดขึ้นบนสายอากาศมีค่าสูงสุด สนามไฟฟ้าก็จะเกิดขึ้นมากที่สุด และเมื่อโวลเตจที่ป้อนเข้าสู่สายอากาศมีค่าลดลง สนามไฟฟ้าก็จะมีค่าลดลงตาม ดังแสดงในรูปที่ 2.16 (ข) สนามไฟฟ้าก็จะลดลงตามโวลเตจที่ป้อนเข้าสู่สายอากาศ จนกระทั่งโวลเตจมีค่าเป็นศูนย์ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อสัญญาณที่ป้อนเข้าไปมีความถี่สูงพอสมควร แล้ว สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะยุบตัวตามลงมาไม่ทันหมดโดยสิ้นเชิงดังแสดงในรูปที่ 2.16 (ค) ต่อจากนั้นโวลเตจที่ป้อนเข้าสู่สายอากาศก็จะค่อย ๆ เกิดขึ้นในทิศทางที่สลับตรงข้ามกับการเกิดในครั้งแรก ซึ่งจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นใหม่โดยมีทิศของสนามไฟฟ้าตรงกันข้ามกับสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอยู่เดิม ดังแสดงในรูป ที่ 2.16 (ง) สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใหม่กับสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอยู่เดิมในบริเวณที่ใกล้กันที่สุดนั้น จะมีทิศทางหรือโพลาริตี (Polarity) ที่เหมือนกัน ดังนั้นมันจึงเกิดการผลักดันออกไปจากกัน ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใหม่จะค่อย ๆ มากขึ้นตามค่าโวลเตจที่เพิ่มขึ้นดังนั้น มันจึงผลักดันสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นครั้งแรกให้ไกลออกไปจากสายอากาศมากขึ้นทุกที ดังแสดงในรูปที่ 2.16 (จ) สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเดิม จะหลุดออกเป็นอิสระและเคลื่อนที่ออกไปจากสายอากาศในที่สุด รูปที่ 2.16 (ฉ), 2.16 (ช) และ 2.16 (ช) แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนต่อไปในปรากฏการณ์การกระจายสนามไฟฟ้าของคลื่นสัญญาณเป็นลำดับ

2.4.3 สายอากาศไดโพล

เรามีสายส่งสัญญาณที่มีปลายข้างหนึ่งต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดสัญญาณ และยังมีปลายอีกข้างหนึ่งเปิดอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.17 (ก) ที่ปลายด้านที่เปิดอยู่นี้ย่อมมีค่าอิมพีแดนซ์ที่สูง ถ้าเราทำการหาค่าอิมพีแดนซ์ตามตำแหน่งต่าง ๆ บนสายส่งสัญญาณ โดยเริ่มจากปลายเปิดนี้ย้อนลงไปตามสายนั้น จะพบว่าค่าอิมพีแดนซ์ตามตำแหน่งต่าง ๆ นั้นจะค่อย ๆ มีค่าลดลงและจะมีค่าต่ำสุด ณ ตำแหน่งที่ห่างจากปลายเปิดนั้นเท่ากับ $\lambda/4$ และเมื่อทำการแผ่สายทั้งสองออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.17 (ข) จะสังเกตเห็นว่ามีกระแสไหลเข้าสู่สาย ณ ตำแหน่งตรงจุดต่อนี้ได้มากที่สุด ซึ่งก็คือจะมีพลังงานไหลเข้าในส่วนนี้ได้มากที่สุด และในทางกลับกันจะไม่มีกระแสไหลออกไปจากปลายเปิดของสายส่งได้ ดังนั้นจึงทำให้โวลเตจที่เกิดขึ้นที่ปลายเปิดนี้มีค่าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 สายอากาศไดโพล

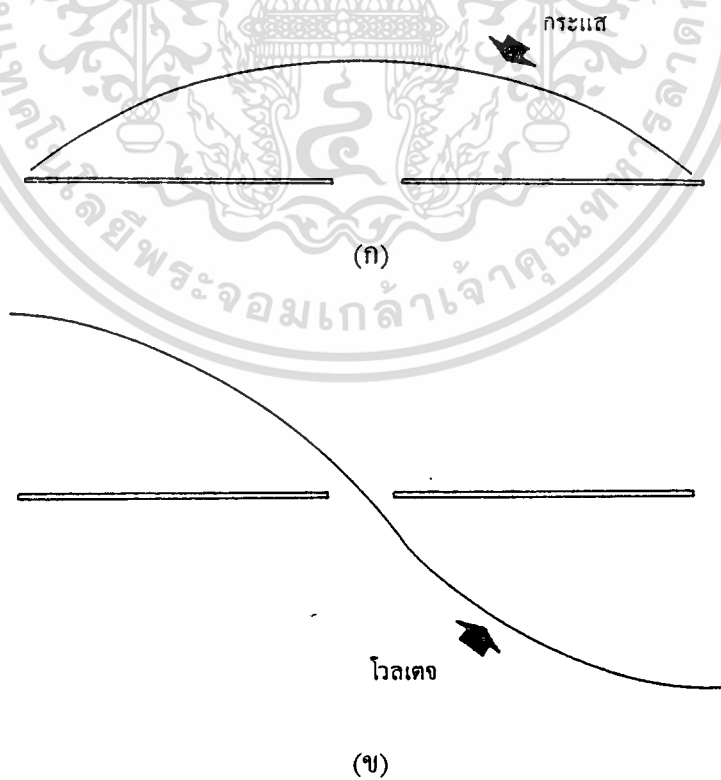
ความแรงของกระแสและโวลเตจตามจุดต่าง ๆ บนสายส่งที่ได้ทำการกางแผ่ออกไปแล้ว จะมีลักษณะรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2.18 (ข) เราจะพบว่า การกางแผ่สายสัญญาณออกในตำแหน่งนี้มีการกระจายของโวลเตจได้มากที่สุด ซึ่งเมื่อคิดตามหลักการที่ได้ อธิบายมาในหัวข้อ 2.4.2 ก็หมายถึงว่า จะเกิดการกระจายคลื่น ทีอีเอ็ม. ออกมาจากสายส่งสัญญาณส่วนนี้ได้มากที่สุด ดังนั้นสายส่งสัญญาณส่วนนี้จะกลายเป็นสายอากาศขึ้นมา สายอากาศที่สร้างขึ้นมาในลักษณะนี้ได้ ชื่อตามลักษณะของมันที่มีแกนหรือขั้ว (Pole) ที่ยื่นออกไปสองข้างนั้นว่า "สายอากาศไดโพล"

2.4.4 แพทเทิร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศ

ก่อนที่จะกล่าวถึงเรื่องของสายอากาศต่อไป เราควรจะทำความรู้จักกับลักษณะรูปแบบของการกระจายพลังงานของคลื่น หรือที่เรียกกันเป็นคำศัพท์เฉพาะว่า "แพทเทิร์นการกระจายคลื่น" ของสายอากาศไว้ก่อน ทิศทางที่สายอากาศจะแผ่กระจายคลื่นออกไปนั้นอาจจะพุ่งขึ้นไปในท้องฟ้า หรือพุ่งไปในทิศทางต่าง ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรออกแบบสายอากาศนั้น คุณสมบัติที่สำคัญอย่างยิ่งอย่างหนึ่งของสายอากาศก็คือ แพทเทิร์นแสดงความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้กระจายออกไปจากสายอากาศในทิศทางต่าง ๆ ตามธรรมชาติแล้ว แพทเทิร์นนี้จะมีลักษณะการกระจายคลื่น

ไปในทั้ง 3 มิติ แต่การเขียนรูปแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในลักษณะ 3 มิติทำได้ลำบาก ดังนั้น โดยทั่วไปแล้วการเขียนรูปแสดงแพทเทอร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศ จึงมักนิยมแบ่งเขียนกันอยู่ในสองระนาบเท่านั้น คือการเขียนรูปแสดงแพทเทอร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอนและแนวตั้ง การเขียนรูปแสดงแพทเทอร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอนมีชื่อว่า "โพลาร์ไดอะแกรมหรืออะซิมูทไดอะแกรม" (Polar or Azimuth Diagram) ตัวอย่างของแพทเทอร์นการกระจายพลังงานของคลื่นจากสายอากาศในแนวนอน และแนวตั้ง มีดังแสดงใน รูปที่ 2.19

สำหรับสายอากาศแบบไดโพลนั้นจะมีแพทเทอร์นการกระจายคลื่นดังแสดงในรูปที่ 2.20 ตามรูปนี้ได้แสดงให้เห็นถึงแพทเทอร์นการกระจายคลื่นทั้งแบบที่มีโพลาริเซชันอยู่ในแนวนอน และอยู่ในแนวตั้ง ลักษณะของการกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพลที่แสดงให้เห็นนี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่า "แพทเทอร์นแบบโอมนิไดเรกชัน" (Omnidirection) คือมันจะมีทิศทางออกไปทั่วเท่ากันรอบ ๆ ตัวในแนวระนาบหนึ่ง (คือในระนาบที่ตั้งฉากกับตัวสายอากาศ) และมีทิศทางที่พุ่งออกไปสองข้างตัวในอีกระนาบหนึ่ง (คือระนาบที่ตัดตามความยาวของสายอากาศ) ตามรูปที่ 2.20 นั้น จะเห็นแพทเทอร์นในระนาบนี้มีลักษณะคล้ายรูปเลข 8

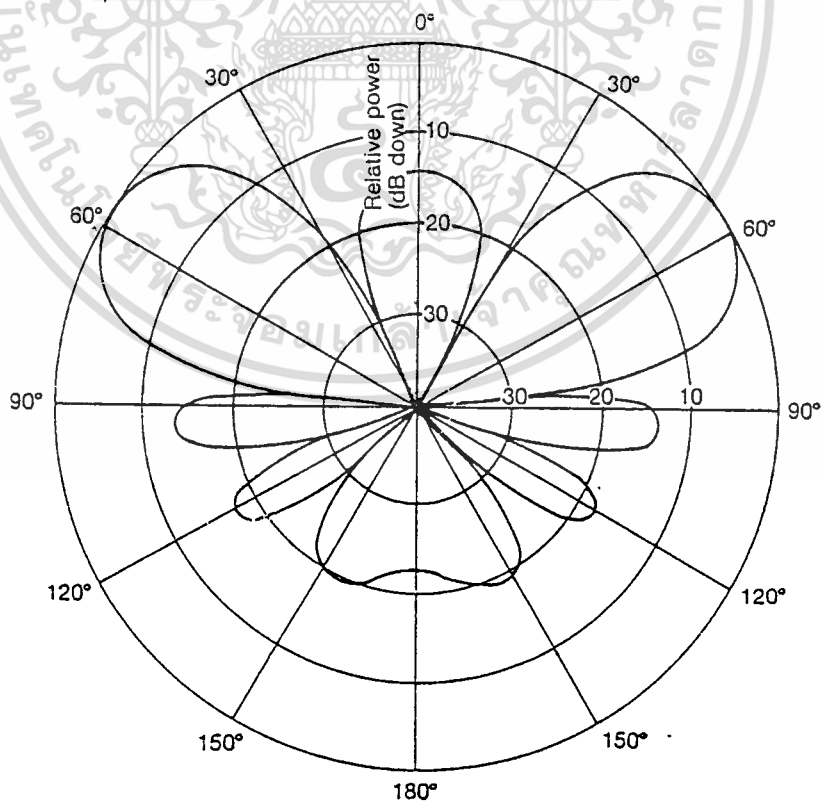


รูปที่ 2.18 รูปแบบการกระจายของค่ากระแสและโวลเตจบนสายอากาศไดโพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่มีความเข้มของพลังงานที่กระจายออกไปจากสายอากาศในแต่ละทางนั้นมีค่าต่างกัน แล้วก็ย่อมจะมีทิศทางอยู่ที่ทิศทางหนึ่งที่ทำให้พลังงานสามารถกระจายออกไปได้มากที่สุด ทิศทางที่พลังงานสามารถกระจายออกไปจากสายอากาศได้มากที่สุดนี้ ซึ่งตามปกติแล้วจะถือว่ามันคือทิศทางของสายอากาศนั้น ค่าที่ช่วยแสดงบอกให้รู้ว่าสายอากาศนั้นมีสมรรถภาพในการกระจายคลื่นไปในทิศทางที่กำหนดเอาไว้ได้มากหรือน้อยอย่างไรนั้น ได้แก่ค่าไดเรกทิฟเกน (Directive Gain) และค่าไดเรกทิวิตี (Directivity) ของสายอากาศนั้น ไดเรกทิฟเกนของสายอากาศนั้นมีคำจำกัดความว่าคือ “อัตราส่วนของความเข้มของสนามไฟฟ้าจากสายอากาศนั้นในทิศทางที่กำหนด ต่อความเข้มของสนามไฟฟ้าจากสายอากาศมาตรฐาน เมื่อกำลังคลื่นทั้งหมดที่กระจายออกจากสายอากาศทั้งสองมีค่าเท่ากัน” ที่กล่าวไว้ว่า “สายอากาศมาตรฐาน” นั้น ตามทฤษฎีแล้วหมายถึงสายอากาศแบบไอโซทรอปิก (Isotropic) ซึ่งหมายถึง สายอากาศที่สามารถกระจายคลื่นออกจากตัวมันไปได้เท่ากันหมดในทุกทิศทุกทางรอบตัวมันเอง ถือว่ามันมีไดเรกทิวิตีในทุกทิศทุกทางเท่ากับ 1

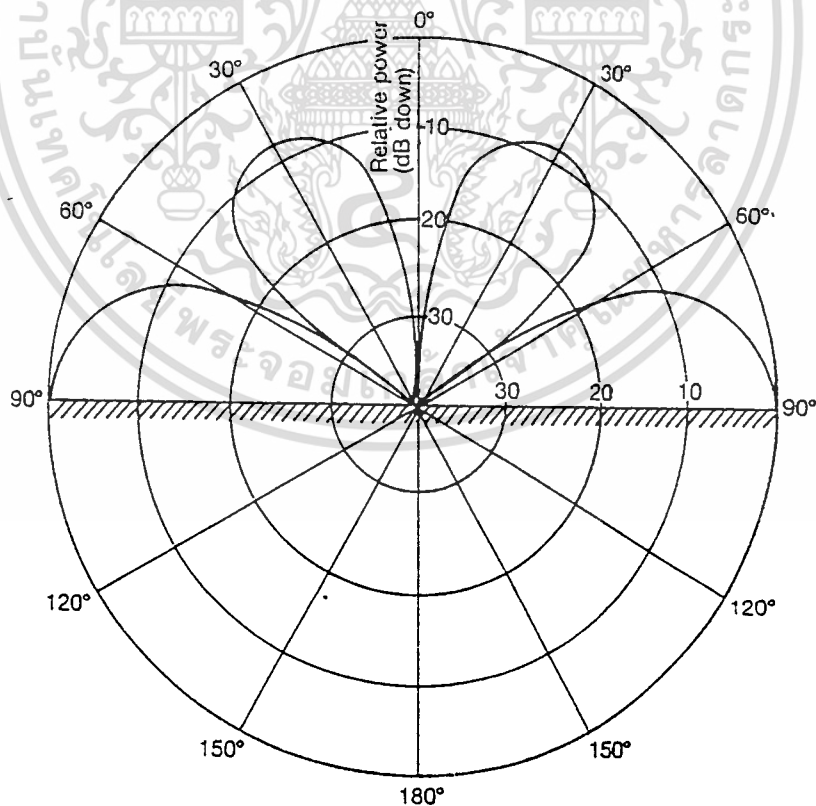
สายอากาศที่ยาว $1/2$ ของความยาวคลื่น ไซเป็นสายอากาศมาตรฐาน หรือสายอากาศสำหรับเปรียบเทียบ



เอกสารนี้เป็นรูปที่ 2.19 (ก) ตัวอย่างแพทเทิร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอน การคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 สายอากาศแบบอื่น ๆ

นอกจากสายอากาศไดโพลแล้ว ยังมีสายอากาศอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งสายอากาศเหล่านั้นล้วนแต่มีวิวัฒนาการมาจากสายอากาศแบบไดโพลเกือบทั้งสิ้น ตัวอย่างเช่น สายอากาศโฟลด์ดีดไดโพล (Folded Dipole Antenna) ดังแสดงในรูปที่ 2.21 โฟลด์ดีดไดโพลนี้มีแพทเทิร์นการกระจายคลื่นเหมือนกับสายอากาศไดโพล แต่จะมีอินพุทอิมพีแดนซ์มากกว่าอินพุทอิมพีแดนซ์ของสายอากาศอยู่ 4 เท่า การใส่ตัวสะท้อนคลื่น (Reflector) และตัวบังคับทิศทาง (Director) ให้กับสายอากาศโฟลด์ดีดไดโพลดังแสดงในรูปที่ 2.22 ตามแนวความคิดของด็อกเตอร์ยาเกิ (Dr.Yagi) ทำให้สายอากาศชนิดนี้ได้ชื่อว่า สายอากาศยาเกิ (Yagi Antenna) ตัวสะท้อนคลื่นและตัวบังคับทิศทางจะทำให้สายอากาศมีทิศทางและกำลังขยายดีขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.23 สายอากาศยาเกิจะมีทิศทางและกำลังขยายดีขึ้นเมื่อจำนวนของตัวบังคับทิศทางมีมากขึ้น แต่อย่างไรก็ดีจำนวนของตัวสะท้อนคลื่นที่มากกว่าหนึ่งตัวนั้น มีผลต่อทิศทางของสายอากาศน้อยมาก ดังนั้นจึงนิยมที่จะใช้ตัวสะท้อนคลื่นกับสายอากาศชนิดนี้เพียงตัวเดียว ถ้าสายอากาศชุดที่มีหลายอิลิเมนต์เราเรียกว่าสายอากาศบีม หรือสายอากาศแบบยาเกินั่นเอง



รูปที่ 2.19 (ข) ตัวอย่างแพทเทิร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวตั้ง

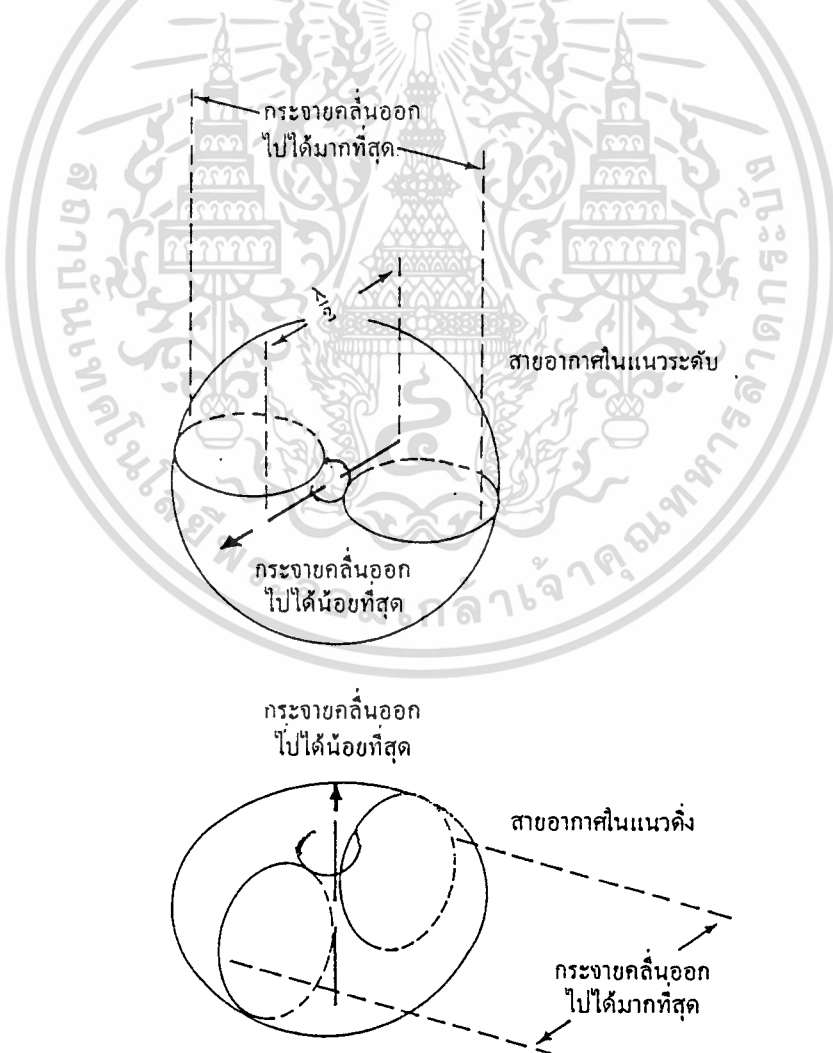
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากสายอากาศดังกล่าวแล้ว ยังมีสายอากาศแบบต่าง ๆ อีกมากมายเช่น สายอากาศแบบล็อกพีรีออดิก (Log Periodic Antenna) สายอากาศแบบเฟสเอเรย์ (Phase Array Antenna) เป็นต้น และนอกจากนี้ยังมีสายอากาศชนิดยาว $1/4$ ความยาวคลื่น ชนิดยาว $5/8$ ความยาวคลื่น และสายอากาศในย่านความถี่ไมโครเวฟ ซึ่งไม่สามารถอธิบายหมดได้ในเนื้อหาของปริญญาโทฉบับนี้ ผู้อ่านสามารถจะศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมได้จากหนังสือที่เกี่ยวกับสายอากาศ

2.4.6 การต่อสายอากาศเป็นแผงเอเรย์

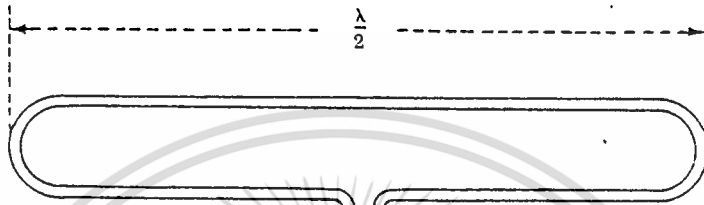
ในบางครั้งเราจำเป็นต้องจำกัดทิศทางการแผ่คลื่นของสายอากาศให้อยู่ในขอบเขตที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อมิให้รบกวนไปยังสถานีอื่น หรือถูกรบกวนจากสถานีอื่นได้ง่าย วิธีการที่จะจำกัดคลื่นให้แพร่ไปในทิศทางที่ต้องการนี้ เป็นการจำกัดกำลังงานเพราะไม่ต้องสิ้นเปลืองกำลัง เพื่อส่ง



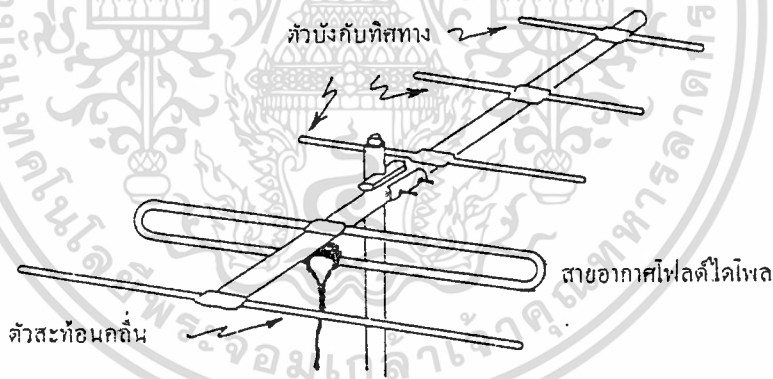
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 2.20 แพทเทอรันการกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล ๒ ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่น ไปยังบริเวณที่ไม่มีเครื่องรับ

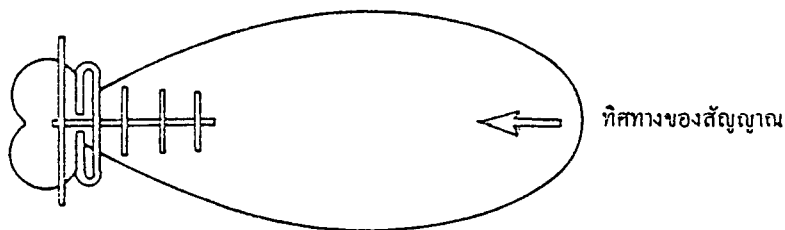
รูปแบบของการแพร่คลื่นในทิศทางเดียว เราเรียกว่า บีบทางเดียว (Unidirectional) ส่วนรูปแบบการแพร่คลื่นออกไปเป็นสองทางเหมือนกับไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟนั้น เราเรียกว่า บีบสองทาง (Bidirectoinal) และการแพร่คลื่นที่ออกไปรอบตัวแบบเดียวกับสายอากาศแนวตั้งเรียกว่า รอบตัว



รูปที่ 2.21 สายอากาศโพลเค็ดไดโพล



รูปที่ 2.22 สายอากาศยาคิ



รูปที่ 2.23 แพทเทอร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศยาคิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสายอากาศแบบมีทิศทาง เราสามารถวัดความคมของบีมในทิศทางนั้น ๆ ได้โดยการวัดมุมเรียกว่า บีมวิคท์ ซึ่งเป็นค่าความกว้างของมุมระหว่างจุดที่รับสัญญาณได้ตกลง 3 เดซิเบลเทียบกับจุดที่รับสัญญาณได้สูงสุด จากรูปที่ 2.24 ในที่นี้เราวัดมุมได้ 50°

ระบบสายอากาศที่มีบีมวิคท์แคบส่วนใหญ่จะมีเกนสูง เนื่องจากกำลังของคลื่นวิทยุอัดกันอยู่ในบีมแคบ ๆ ความแรงของสัญญาณในแนวของบีมจึงมากกว่าเมื่อเทียบความแรงสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศรอบตัว ดังนั้นกำลังที่ส่งออกจากเครื่องส่งจึงเสมือนกับว่ามีกำลังแรงขึ้นเท่ากับค่าอัตราขยายของสายอากาศ อัตราขยายของสายอากาศคิดจากอัตราส่วนของกำลังที่ใช้ในการกระทำให้เกิดความแรงของสัญญาณ ณ จุด ๆ หนึ่ง โดยใช้สายอากาศมาตรฐาน กับกำลังที่ใช้ในการทำ



รูปที่ 2.24 การวัดบีมวิคท์ของสายอากาศทิศทาง

ให้เกิดแรงสัญญาณ ณ จุดนั้น ๆ สายอากาศที่นิยมยึดถือเป็นมาตรฐานอ้างอิงก็คือสายอากาศแบบไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟ (หรือสายอากาศแนวตั้งชนิดควอเตอร์เวฟ) ถ้าเราใช้สายอากาศชนิดที่มีเกนกำลังส่งของเครื่องส่งจึงเสมือนกับว่ามีค่าเพิ่มมากขึ้น ค่ากำลังส่งที่มากขึ้นนี้เราเรียกว่า ค่ากำลังส่งประสิทธิผล (Effective Radiated Power หรือ ERP) เราสามารถคำนวณค่าอีอาร์พี. ได้เมื่อเราทราบค่ากำลังส่งของเครื่องส่ง การสูญเสียในสายนำคลื่นและเกนของสายอากาศ เช่น สมมติว่าเครื่องส่งมีกำลังส่งเท่ากับ 100 วัตต์ สายนำสัญญาณสูญเสียไป 10 วัตต์ และอัตราขยายของสายอากาศเท่ากับ 10 เท่า ค่าอีอาร์พี. จะเท่ากับ

กำลังส่งของเครื่องส่ง 100 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษายกเว้นนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะในเครื่องรับ-ส่งวิทยุสมัครเล่น เพราะใช้ได้สะดวกและได้ความถี่วิทยุที่แน่นอนและดีกว่าชนิดที่ใช้วงจร วีเอฟโอ.

2.5.3 ขนาดความถี่วิทยุที่ควบคุม

(ก) ข้อบังคับวิทยุสากลของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ กำหนดให้ความถี่ตั้งแต่ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ขึ้นไปจนถึง 275 จิกะเฮิร์ตซ์ เป็นความถี่สำหรับใช้ในกิจการวิทยุ ระหว่างประเทศ ที่จะต้องจัดสรรตามประเภทของกิจการวิทยุ

(ข) พรบ.วิทยุคมนาคม พ.ศ.2498 มาตรา 4. กำหนดความถี่ของคลื่นเฮิร์ตซ์เขียน หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตั้งแต่ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ จนถึง 300,000 เมกะเฮิร์ตซ์ เป็นความถี่ที่ต้องควบคุม ผู้ขอใช้จะต้องขออนุญาตจากกรมไปรษณีย์โทรเลขก่อน

2.5.4 คลื่นพาห์

คลื่นพาห์ (Carrier Wave) หมายถึง คลื่นวิทยุที่ยังไม่มีการแปรรูปคลื่น หรือคลื่นวิทยุที่ส่งออกจากสายอากาศเครื่องส่งเพื่อจะใช้เป็นพาหะนำสัญญาณเสียงไปสู่เครื่องรับ แต่ยังไม่มียสัญญาณเสียง ความถี่ของคลื่นพาห์คือความถี่ที่สถานีเครื่องส่งนั้นกำหนดใช้ตามข้อบังคับวิทยุสากล

2.5.5 การแปรรูปคลื่นวิทยุ

การแปรรูปคลื่นวิทยุ (Modulation) หมายถึง การเอาความถี่เสียง (AF) กับความถี่วิทยุ (RF) ผสมกัน หรือการเอาความถี่เสียงไปบีบบังคับความถี่วิทยุให้เป็นรูปคลื่นวิทยุแปรเปลี่ยนไป วิธีการแปรรูปคลื่นวิทยุที่ใช้กันมากมี 2 วิธี คือ :

1. การแปรรูปคลื่นวิทยุทางแอมพลิจูด คือการทำให้แอมพลิจูดของคลื่นวิทยุเปลี่ยนรูปไป เรียกว่าแอมพลิจูดมอดูเลชัน (AM = Amplitude Modulation) มีสัญลักษณ์ต่าง ๆ กันดังนี้

A₀ หมายถึง ไม่มีการแปรรูปคลื่น (มีแต่คลื่นพาห์เพียงอย่างเดียว)

A₁ หมายถึง วิทยุโทรเลขรหัสสมอร์สชนิดไม่มีเสียง

A₂ หมายถึง วิทยุโทรเลขรหัสสมอร์สชนิดมีเสียง

A₃ หมายถึง วิทยุโทรศัพท์

A₄ หมายถึง วิทยุโทรภาพ (Facsimile)

A₅ หมายถึง วิทยุโทรทัศน์ (Television)

2. การแปรรูปคลื่นวิทยุทางความถี่ (FM = Frequency Modulation) คือการทำให้ความถี่ของคลื่นวิทยุแปรเปลี่ยนไปเป็นความถี่สูงขึ้นและเป็นความถี่ต่ำลง มีสัญลักษณ์ต่าง ๆ กันดังนี้

F₁ หมายถึง วิทยุโทรเลขระบบ เอฟเอสเค. (FSK = Frequency Shift Keying)

F₂ หมายถึง วิทยุโทรเลขระบบเอฟเอสเค.ที่มีเสียง

F₃ หมายถึง วิทยุโทรศัพท์

F₄ หมายถึง วิทยุโทรภาพ

F₅ หมายถึง วิทยุโทรทัศน์

การแปรรูปคลื่นวิทยุทางความถี่ มีข้อกำหนดไว้ว่าความถี่ที่ใช้มันจะต้องไม่ต่ำกว่าย่าน 30 เมกะเฮิร์ตซ์ (ต้องเป็นความถี่วิทยุในย่าน วีเอชเอฟ., ยูเอชเอฟ.,เอสเอชเอฟ.) ส่วนการแปรรูปคลื่นวิทยุทางแอมพลิจูดไม่มีข้อห้าม จะใช้ความถี่วิทยุขนาดใด ๆ ก็ได้ เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่นขนาดเล็ก ชนิดครดยนต์ หรือชนิดมือถือ ซึ่งใช้ความถี่ในย่าน 144 - 148 เมกะเฮิร์ตซ์ นิยมใช้การแปรรูปคลื่นวิทยุของความถี่สำหรับทำวิทยุโทรศัพท์ (เอฟเอ็ม.) ส่วนเครื่องส่งวิทยุโทรศัพท์ขนาดเล็กแบบที่เรียกว่า วิทยุประชาชน หรือเรียกย่อว่า-ซีบี. (CB = Citizen Radio) มักใช้การแปรรูปคลื่นทางแอมพลิจูด และใช้ความถี่วิทยุระหว่าง 26,957 - 27,283 กิโลเฮิร์ตซ์

2.5.6 ความกว้างของแถบคลื่นวิทยุ

การส่งคลื่นวิทยุที่เป็นพาหะอย่างเดียว จะไม่เกิดแถบคลื่นวิทยุหรือแถบข้าง (Side Band) ต่อเมื่อมีการแปรรูปคลื่นวิทยุ จึงจะเกิดแถบคลื่นวิทยุแผ่กว้างออกไปจากความถี่วิทยุที่เป็นคลื่นพาห้ตามแต่ประเภทของการแปรรูปคลื่นวิทยุ เช่น

(ก) การแปรรูปคลื่นวิทยุทางแอมพลิจูดหรือเอเอ็ม. สำหรับวิทยุโทรทัศน์ชนิดที่มีแถบข้างเป็น 2 ข้าง (Double Side Band หรือ DSB) ใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3,000 เฮิร์ตซ์ จะมีแถบคลื่นวิทยุกว้าง 3,000-3,000 เท่ากับ 6,000 เฮิร์ตซ์ ถ้าเป็นวิทยุโทรศัพท์ชนิดที่มีแถบข้างเพียงข้างเดียวหรือที่เรียกว่าซิงเกิ้ลไซด์แบนด์ ใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3,000 เฮิร์ตซ์จะมีแถบคลื่นวิทยุกว้าง 3,000 เฮิร์ตซ์ หรือเท่ากับ 3 กิโลเฮิร์ตซ์

(ข) การแปรรูปคลื่นทางความถี่หรือเอฟเอ็ม สำหรับระบบวิทยุโทรศัพท์เพื่อการพาณิชย์ (Commercial Telephone) ใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3 กิโลเฮิร์ตซ์ จะมีแถบคลื่นกว้าง 36 กิโลเฮิร์ตซ์ แต่สำหรับวิทยุโทรศัพท์ในกิจการวิทยุสมัครเล่นนั้น จะถูกบีบให้มีแถบคลื่นวิทยุลดลงเหลือกว้างเพียง 16 กิโลเฮิร์ตซ์เท่านั้น

2.5.7 คลื่นวิทยุที่คลื่นอื่นปะปนออกไป

เครื่องส่งวิทยุที่ดีจะส่งคลื่นที่บริสุทธิ์ออกไปเป็นคลื่นพาห์ แต่เครื่องส่งวิทยุบางเครื่องจะส่งคลื่นอย่างอื่นปะปนออกไปด้วยเป็นคลื่นที่เกิดขึ้นเอง เนื่องจากความบกพร่องของวงจรเครื่องส่ง คลื่นอย่างที่ว่านี้ได้แก่

(1) คลื่นฮาร์มอนิก ซึ่งมีขนาดความถี่เป็น 2 เท่า 3 เท่า ฯลฯ ของความถี่คลื่นพาห์ ทำให้กำลังคลื่นพาห์ลดน้อยลงเพราะต้องแบ่งกำลังไปอยู่ที่คลื่นฮาร์มอนิกและไม่ให้ประโยชน์อันใดในการรับฟัง คลื่นฮาร์มอนิกยังไปรบกวนเครื่องรับอื่น ๆ ที่กำลังรับฟังคลื่นพาห์ของสถานีอื่น ซึ่งมีความถี่ตรงกับคลื่นฮาร์มอนิกนี้ด้วย

(2) คลื่นพาราซิติก (Parasitic Oscillation) มักเกิดขึ้นในวงจรขยายแรงไฟความถี่วิทยุย่านวีเอชเอฟ., เอชเอฟ. มีความถี่ไม่แน่นอน ปะปนแพร่ออกไปพร้อมกับคลื่นพาห์ ทำให้คลื่นมีกำลังลดน้อยลงเพราะกำลังส่วนหนึ่งต้องเสียไปในการส่งคลื่นพาราซิติกนี้ทั้ง ๆ ที่เป็นสิ่งไม่พึงประสงค์ คลื่นที่ปะปนออกไปกับคลื่นพาห์นี้เป็นคลื่นเทียม (Spurious Transmission) เป็นตัวการที่จะไปรบกวนเครื่องรับอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียง เช่น ไปรบกวนเครื่องรับวิทยุโทรทัศน์, เครื่องรับวิทยุกระจายเสียงและเครื่องรับวิทยุอื่น ๆ ดังนั้น เครื่องส่งวิทยุคุณภาพที่ดี จะต้องมีการทำลายคลื่นฮาร์มอนิกและคลื่นเทียม หรือลดความแรงของคลื่นที่ไม่พึงประสงค์เหล่านี้ให้เหลือน้อยที่สุด

อนึ่ง ความบกพร่องของเครื่องส่ง สายส่งกำลังและสายอากาศ อันเนื่องจากสายหลวมต่อกันไม่แน่นหรือสายหลุด อาจทำให้เกิดประกายไฟ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปรบกวนเครื่องรับวิทยุในบริเวณใกล้เคียงด้วย จึงต้องคอยตรวจตราอยู่เสมอ ๆ เพื่อให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ปราศจากการรบกวนซึ่งกันและกัน เกิดความปลอดภัยในการใช้งานและทำให้อายุการใช้งานของเครื่องยืนนานอีกด้วย

2.5.8 เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่น

กรมไปรษณีย์โทรเลขขออนุญาตให้จดทะเบียนใช้เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่นได้เฉพาะในกรณีต่อไปนี้

(ก) ความถี่วิทยุ ใช้งานความถี่ 144-146 เมกะเฮิร์ตซ์ (ความยาวคลื่นในย่าน 2 เมตร) หรือเรียกกันว่า ทุ มิเตอร์

(ข) กำลังส่ง ไม่เกิน 10 วัตต์

(ค) ระบบสื่อสาร ใช้เฉพาะวิทยุโทรศัพท์ระบบเอฟ.เอ็ม. (คือ F₃)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เครื่องรับวิทยุ

2.6.1 ประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุ

สิ่งที่แสดงประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นเครื่องรับวิทยุกระจายเสียงหรือเครื่องรับวิทยุคมนาคมที่นักวิทยุสมัครเล่นใช้ในการติดต่อสื่อสารทางวิทยุ ได้แก่

1. ความไวในการรับ (Sensitivity) หมายถึงความสามารถในการรับสัญญาณวิทยุเบา ๆ มีความแรงน้อย ๆ ได้ เครื่องรับที่มีความไวน้อย ต้องการสัญญาณวิทยุที่แรงมาก ๆ จึงจะทำให้ได้ยินเสียงได้

2. ความสามารถเลือกเฟ้นสัญญาณ (Selectivity) หมายถึงความสามารถแยกสถานีวิทยุที่ต้องการรับฟัง ให้ออกมาจากกลุ่มสัญญาณของสถานีวิทยุที่อยู่ข้างเคียงได้ ทำให้เสียงรบกวนจากสถานีที่ไม่ต้องการรับฟังเบาบางลงไปมาก ๆ ถ้าเครื่องรับมีซีเล็กติวิตีดีก็ทำให้การเลือกรับสัญญาณที่ต้องการได้ง่ายและถูกต้องแม่นยำ

3. ความชัดเจนของสัญญาณเสียง (Fidelity) หมายถึงความสามารถที่ทำให้เสียงที่รับฟังได้จากเครื่องรับวิทยุชัดเจนคล้ายคลึงกับเสียงที่มาจากต้นทางมากที่สุด ในการรับฟังวิทยุโทรทัศน์นั้น ความชัดเจนของเสียงอาจมีความสำคัญน้อยกว่าการรับฟังวิทยุกระจายเสียงหรือวิทยุโทรทัศน์ เพราะวิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์ มีทั้งเสียงพูดและเสียงดนตรี มีย่านความถี่เสียงกว้างกว่าที่ใช้ในงานวิทยุโทรทัศน์มาก

4. ความมีเสถียรภาพดี (Stability) หมายถึงความสามารถทำให้สัญญาณวิทยุปรับนิ่งอยู่ตรงความถี่วิทยุที่รับฟังได้ตลอดเวลา เครื่องรับวิทยุบางแบบหรือบางเครื่อง โดยเฉพาะ

เครื่องรับวิทยุชนิดใช้หลอด เมื่อปรับให้รับคลื่นของสถานีวิทยุแห่งหนึ่งได้แล้ว จะได้ยินเสียงดังที่สุดอยู่พักหนึ่งแล้วเสียงจะเบาลงไป (เพราะความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องรับ ทำให้ค่าของอุปกรณ์วิทยุต่าง ๆ เช่นค่าคาปาซิเตอร์หรือซี. (C) หรือค่าอินดักเตอร์. (L) เปลี่ยนไป ทำให้ความถี่รีโซแนนซ์ที่เกิดขึ้นเคลื่อนไป หรือเลื่อนไปจากความถี่วิทยุที่ส่งมา ต่อเมื่อปรับแต่งเครื่องรับเสียใหม่ให้ได้ความถี่ตรงกับความถี่ที่ส่งมาอีกครั้ง เสียงจึงจะดังขึ้นเท่าเดิม เครื่องรับชนิดใช้ทรานซิสเตอร์จะมีเสถียรภาพดีกว่าเครื่องรับชนิดหลอด

2.6.2 ดีเทคเตอร์

วงจรสำคัญที่เครื่องรับวิทยุจะขาดเสียมิได้คือ วงจรดีเทคเตอร์ (Detector) เพราะดีเทคเตอร์

เป็นตัวแยกสัญญาณเสียง ออกจากสัญญาณวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบการแปรรูปคลื่นวิทยุทางแอมพลิฟิเคชันหรือเอเอ็ม ใช้หลอดไดโอดหรือสิ่งที่ทำงานได้อย่างหลอดไดโอด เช่น แร่เยอรมันเนียมหรือแร่ซิลิกอน ในสมัยเริ่มแรกที่มีวิทยุกระจายเสียง เครื่องรับวิทยุกระจายเสียงมีดีเทคแบบง่าย ๆ เป็นกาลินา หรือแร่ซิลิกอน เรียกว่า เครื่องแร่หรือเครื่องรับชนิดแร่ ต่อมาดีเทคเตอร์จึงเป็นหลอดไดโอดและเป็นทรานซิสเตอร์ มีชื่อเรียกต่าง ๆ กันตามหน้าที่การทำงาน เช่น ไดโอดดีเทคเตอร์ รีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์ เฟลทดีเทคเตอร์ และโปรดัคต์ดีเทคเตอร์ เป็นต้น ส่วนการแปรรูปคลื่นวิทยุทางความถี่หรือเอฟเอ็มดีเทคเตอร์ เอฟเอ็ม เรียกว่าดิสคริมีเนเตอร์ (Frequency Discriminator) ต่อมาก็มีเรโชดีเทคเตอร์ (Ratio Detector) บางทีเรียกดีเทคเตอร์ว่า ดิมอดูเลเตอร์ เพื่อให้หมายถึงสิ่งที่ทำหน้าที่กลับกันกับมอดูเลเตอร์

2.6.3 ระบบการรับคลื่นวิทยุ

เครื่องรับวิทยุแบบง่ายที่สุดคือเครื่องแร่ มีดี เทคเตอร์เป็นก้อนแร่กับเข็มจิ้มแร่และใช้หูฟังเป็นเครื่องเปลี่ยนความถี่เสียง (คลื่นไฟฟ้า) เป็นคลื่นเสียง (คลื่นอากาศ) เครื่องแร่ใช้รับวิทยุกระจายเสียง และเครื่องรับวิทยุโทรศัพท์ระบบ เอ.เอ็ม. กับวิทยุโทรเลขรหัสสมอร์สชนิดมีเสียงได้ แต่เครื่องรับวิทยุโทรเลขรหัสสมอร์สชนิดไม่มีเสียงไม่ได้

เครื่องรับวิทยุชนิดหลอดแบบง่ายที่สุดที่มีใช้ทั่วไปคือ แบบที่มีดีเทคแบบรีเจนเนอเรทีฟ (Regenerative Detector) เพียงหลอดเดียว ใช้รับวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรศัพท์ วิทยุโทรเลขรหัสสมอร์สชนิดมีเสียงและวิทยุโทรเลขรหัสสมอร์สชนิดไม่มีเสียงได้

การรับสัญญาณวิทยุโทรเลขรหัสสมอร์สชนิดไม่มีเสียงใช้วิธีปรับแต่งวงจรป้อนกำลังกลับ (Feedback) ให้ดีเทคเตอร์เกิดการออสซิลเลชัน (เกิดกระแสสลับกับความถี่) เป็นความถี่เกือบเท่าความถี่วิทยุที่รับฟังให้ผลต่างของความถี่ทั้งสองที่มากกระทบกัน (Beat) เป็นความถี่เสียงประมาณ 500-1000 เฮิรตซ์ เช่นเมื่อรับฟังความถี่ 14,000 กิโลเฮิรตซ์ แล้วจะได้ยินเสียงกระทบกัน ความถี่ 0.5 กิโลเฮิรตซ์ หรือ 500 เฮิรตซ์

แต่ถ้าลดการป้อนกำลังกลับให้น้อยลงจนไม่เกิดอาการออสซิลเลชัน ดีเทคเตอร์จะตกอยู่ในสภาวะรีเจนเนอเรต (Regenerate) คือเป็นรีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์ มีความไวในการรับฟังเพิ่มมากขึ้น รับสัญญาณวิทยุโทรเลขชนิดมีเสียง วิทยุโทรศัพท์และวิทยุกระจายเสียงได้ความแรงสูงมาก เครื่องรับวิทยุแบบปรับเปลี่ยนความถี่วิทยุ (TRF หรือ Tuned Radio Frequency) มีหลอดขยายแรงไฟความถี่วิทยุเป็นหลอดตัน ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับความถี่วิทยุของวงจรทางเข้าให้ได้เท่ากับความถี่วิทยุที่รับฟังแล้ว จึงส่งแรงไฟที่ขยายแล้วไปเข้าหลอดรีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์ เมื่อได้แรงไฟความถี่เสียงออกจากหลอดดีเทคเตอร์แล้วจึงทำการส่งเข้าหลอดขยายแรงไฟความถี่เสียงและส่งกระแสสลับความถี่เสียงเข้าหูฟังหรือลำโพงเสียงเป็นอันดับสุดท้าย เครื่องรับวิทยุแบบที่อาร์เอฟนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออยู่ใต้เห็นใบเสร็จของหนังสือพิมพ์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้จะมีความไวสูง และสามารถเลือกเฟ้นสัญญาณ ได้ดีกว่าเครื่องรับวิทยุแบบเครื่องแร่และแบบรีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์ แต่ก็ยังไม่เป็นที่นิยมและใช้งานได้ไม่ดีเหมือนกับเครื่องรับวิทยุแบบซูเปอร์เฮเทอโรไดน์

เครื่องรับวิทยุแบบซูเปอร์เฮเทอโรไดน์ (Superheterodyne) มีหลักการทำงานที่สำคัญคือใช้วิธีเปลี่ยนความถี่วิทยุ ที่รับเข้ามาให้เป็นความถี่กลาง (IF) เสียก่อน เพื่อขยายความแรงให้มากขึ้นแล้ว จึงส่งเข้าวงจรดีเทคเตอร์เพื่อแยกเอาความถี่เสียงออกมา

ภาคแรกของเครื่องรับวิทยุเป็นภาคขยายแรงไฟความถี่วิทยุที่รับมาจากสายอากาศ แล้วจึงส่งเข้าภาคผสมความถี่ (Mixer) หรือภาคเปลี่ยนความถี่ (Frequency Converter) โดยมีวงจรทำให้เกิดความถี่วิทยุภายในเครื่องรับ แล้วส่งความถี่วิทยุที่เกิดขึ้นนี้เข้าไปผสมกับความถี่วิทยุที่รับเข้ามาทำให้เกิดผลต่างเป็นจำนวนเท่ากับ 455 หรือ 465 กิโลเฮิร์ตซ์ ต่อจากนั้นจึงส่งความถี่เข้าภาคขยายแรงไฟ ซึ่งอาจมีตอนเดียวหรือสองตอน แล้วส่งผลที่ได้ไปเข้าวงจรไดโอดดีเทคเตอร์ เพื่อแยกความถี่เสียงออกจากความถี่ไอเอฟ. และส่งความถี่เข้าภาคขยายแรงไฟความถี่เสียงต่อไป

การที่มีภาคขยายแรงไฟความถี่วิทยุจะทำให้เครื่องรับมีความไวสูงขึ้น การเปลี่ยนความถี่วิทยุเป็นความถี่ไอเอฟซึ่งเป็นความถี่ขนาดต่ำลงมา ทำให้เครื่องรับสามารถเลือกเฟ้นสัญญาณได้ดีลดการรบกวนจากสถานีข้างเคียงลงได้มากขึ้น และยังช่วยขยายแรงไฟความถี่ไอเอฟ. ได้แรงกว่าที่จะขยายความถี่วิทยุ ดังนั้น เครื่องรับวิทยุแบบซูเปอร์เฮเทอโรไดน์จึงมีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องรับแบบอื่น ๆ ทั้งหมด

แม้เครื่องรับวิทยุซูเปอร์เฮเทอโรไดน์จะมีมา 50 ปีแล้ว แต่ก็ยังเป็นเครื่องรับที่ทันสมัยยังไม่มีเครื่องรับแบบใดเหนือกว่า แม้จะมีการดัดแปลงวงจรแต่ละภาคบ้างแต่ก็ทำเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเท่านั้น ดังเช่น

ใช้วิธีการแปลงความถี่ 2 ครั้ง ครั้งแรกเปลี่ยนความถี่จากความถี่วิทยุที่รับเข้ามาให้เป็นความถี่ไอเอฟ.ขนาดความถี่ 10.7 เมกะเฮิร์ตซ์ก่อน เมื่อผ่านภาคขยายแรงไฟแล้วจึงเปลี่ยนความถี่ 10.7 เมกะเฮิร์ตซ์ เป็นไอเอฟ. 456 หรือ 465 กิโลเฮิร์ตซ์อีกครั้งหนึ่งในภายหลัง ซึ่งวิธีนี้เรียกว่าดับเบิลหรือมัลติคอนเวอร์ชันซูเปอร์เฮเทอโรไดน์ (Multiconversion Superheterodyne)

ใช้ทรานซิสเตอร์แทนหลอดวิทยุ เพื่อให้เครื่องรับสามารถใช้งานได้นานกว่าการใช้หลอด (เพราะหลอดไส้ขาดได้) มีประสิทธิภาพในการขยายสูงยิ่งขึ้น มีเสถียรภาพดียิ่งขึ้น เพราะเครื่องไม่ร้อนเหมือนกับเมื่อใช้หลอด และย่อส่วนรูปร่างของเครื่องรับให้เล็กกะทัดรัดได้ใช้เฟสดีคัล

หรือแบบซินทีไซเซอร์ (Phase Lock Loop or Synthesizer) แทนวงจรถ้าเน็คความถี่วิทยุธรรมดา ในเครื่องรับ

2.6.4 เสียงรบกวน

เสียงรบกวนหรือนอยส์ (Noise) หมายถึง

1. เสียงรบกวนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องรับนั่นเอง (คือแม้จะปลดสายอากาศออกจากเครื่องรับแล้วก็ยังได้ยินเสียงรบกวนนั้นอยู่)
2. เสียงรบกวนที่เข้ามาทางสายอากาศ อันได้แก่เสียงอากาศ (Atmospherics) รบกวน เสียงรบกวนอันเกิดจากประกายไฟฟ้าที่มนุษย์ก่อขึ้น (Man Made Statics) เช่นประกายระเบิดของหัวเทียน เครื่องยนต์ รถยนต์ เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เครื่องรังสี-เอ็กซ์ (เอ็กซ์-เร) ฯลฯ

เครื่องรับวิทยุที่ดีจะมีเสียงรบกวนน้อย (Low Noise Receiver) คือมีประสิทธิภาพสูง ในการรับสัญญาณวิทยุจึงมีการเทียบอัตราส่วนระหว่างความแรงของสัญญาณวิทยุกับความแรงของเสียงรบกวน เรียกว่าซิกแนลทูนอยส์เรโซ (Signal to noise ratio ย่อเป็น S : N หรือ S/N) เช่น เครื่องรับวิทยุมีซิกแนลทูนอยส์เรโซเท่ากับ 20 ดีบี. (S/N = 20 ดีบี.) ก็หมายความว่า สัญญาณวิทยุที่เข้ามา มีความแรงเหนือกว่า (หรือมากกว่า) เสียงรบกวน 20 ดีบี. หรือเท่ากับ

$$\begin{aligned} S/N &= 20 \text{ Log } 10 / 1 \\ &= 20 \text{ Log } \text{แรงสัญญาณ} / \text{แรงเสียงรบกวน} \end{aligned}$$

ดังนั้น ความแรงของสัญญาณวิทยุจะสูงกว่าความแรงของเสียงรบกวน 10 เท่า

อนึ่ง นอกจากการใช้เครื่องรับวิทยุที่มีค่าซิกแนลทูนอยส์เรโซสูงแล้ว เราสามารถจะเพิ่มประสิทธิภาพในการรับสัญญาณวิทยุได้ด้วยแกนของสายอากาศที่จะใช้กับเครื่องรับนั้น เช่น ถ้าใช้สายอากาศตั้งฉากขนาดความยาว $5/8$ ของความยาวคลื่น จะได้รับความแรงของสัญญาณวิทยุสูงกว่าที่จะได้จากสายอากาศขนาด $1/4$ ของความยาวคลื่น หรือถ้าใช้สายอากาศยอกชนิด 4 อีเลเมนต์ จะได้รับความแรงของสัญญาณวิทยุสูงกว่าใช้สายอากาศไดโพลขนาด $1/2$ ของความยาวคลื่นที่หันไปทิศทางเดียวกัน เป็นต้น

2.6.5 สแกนหรือการกวาดหาคลื่นวิทยุ

สแกน (Scan กวาดหาคลื่น Scanning การกวาดหาคลื่น) เป็นลักษณะการทำงานอย่างหนึ่ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเครื่องรับวิทยุสมัยปัจจุบัน แต่เดิมมานั้นการเปลี่ยนหาคคลื่นวิทยุต้องใช้วิธีหมุนคาปาซิเตอร์ด้วยมือเปลี่ยนค่าความถี่รีโซแนนซ์ ในปัจจุบันนี้มีวิธีเปลี่ยนค่าความถี่รีโซแนนซ์ได้เองโดยอัตโนมัติเพื่อหาคคลื่นวิทยุที่มีส่งอยู่ในขณะนั้น วิธีการกวาดหาคคลื่นวิทยุได้เองโดยอัตโนมัติ เรียกว่า สแกนนิ่ง

เมื่อกดปุ่มให้เครื่องรับกวาดหาคคลื่นด้วยวิธีสแกนนิ่ง เครื่องรับก็จะทำการกวาดหาสถานีวิทยุที่กำลังส่งคลื่นอยู่ในขณะนั้นพร้อมกับแสดงตัวเลขความถี่วิทยุที่เครื่องรับทำงานอยู่ ถ้ามีเสียงสัญญาณวิทยุ เครื่องรับจะหยุดการกวาดหา ถ้าไม่มีเสียงสัญญาณวิทยุก็จะกวาดหาต่อไปจนสุดทางหรือสุดขนาดความถี่ที่เครื่องนั้นจะรับได้สูงที่สุด แล้วก็กลับมาตั้งต้นให้กวาดหาคคลื่นตั้งแต่ความถี่ต่ำที่สุดอีกครั้งหนึ่ง

หากเครื่องรับหยุดการกวาดหาเพราะไปพบสัญญาณของสถานีวิทยุแห่งหนึ่งเข้าเครื่องรับจะทำให้เราได้ยินเสียงสัญญาณวิทยุนั้นอยู่นานสัก 4-5 วินาทีถ้าเราไม่กดสวิทช์ให้เครื่องหยุดกวาดหา เครื่องรับก็จะเริ่มกวาดหาสถานีอื่นต่อไป การสแกนนิ่งเป็นการช่วยผู้ใช้เครื่องรับมิให้เมื่อยมือหมุนหาสถานี แต่ควรสังเกตว่า สถานีวิทยุที่มีสัญญาณเสียงเบา ๆ อาจไม่ทำให้เครื่องรับหยุดการกวาดหาก็ได้

เครื่องรับวิทยุกระจายเสียงเอเอ็ม. และเอฟเอ็ม. แบบจีเอฟ. 8 พีแอลแอล. ซินทีไซเซอร์ ออโตจูนนิ่ง (GF8 PLL Synthesizer Auto Tuning) ของบริษัทซาร์ป สามารถกวาดหาสถานีวิทยุกระจายเสียงในย่านความถี่ปานกลาง 531-1602 กิโลเฮิร์ตซ์ และตลอดจนในย่านความถี่สูงมาก 87.5-108.0 เมกะเฮิร์ตซ์ได้

วิธีกวาดหาสถานีวิทยุกระจายเสียงในย่านความถี่ปานกลาง เมื่อกดสวิทช์ขึ้น (Up) แล้วปล่อย ความถี่รับจะเคลื่อนไปทางความถี่สูง 9 กิโลเฮิร์ตซ์ (เท่ากับความกว้างของแถบความถี่วิทยุ 1 สถานี หรือเท่ากับช่องห่างระหว่างสถานี 1 ช่อง) แล้วจะหยุดอยู่ตรงนั้นตลอดไป แต่ถ้ากดสวิทช์ขึ้นไว้นานหน่อย เครื่องรับจะกวาดหาสถานีวิทยุกระจายเสียงเรื่อยไปจนพบเสียงสัญญาณของสถานีวิทยุแห่งหนึ่งเข้าจึงจะหยุด และจะหยุดอยู่ตรงนั้นนานประมาณ 5 วินาที ถ้าเราไม่ทำอะไร มันก็จะกวาดหาคคลื่นสถานีอื่นต่อไปจนสุดแถบความถี่ 1602 กิโลเฮิร์ตซ์แล้วก็จะกลับมาเริ่มต้นที่ความถี่ 531 กิโลเฮิร์ตซ์ใหม่ แต่ถ้าเราต้องการฟังสถานีนั้นต่อไปจะต้องกดสวิทช์หยุด (Stop) ให้เครื่องรับหยุดกวาดหาคคลื่น

ในทำนองเดียวกัน ถ้ากดสวิทช์ลง (Down) ความถี่รับก็จะเคลื่อนไปทางด้านความถี่ต่ำ 9 กิโลเฮิร์ตซ์ทุกครั้งที่เกิดสวิทช์ และถ้าหากกดสวิทช์ไว้นานหน่อยเครื่องรับก็จะกวาดหาสถานีวิทยุกระจายเสียงที่มีความถี่ต่ำเรื่อยไปจนพบเสียงสัญญาณของสถานีหนึ่งเข้า จึงหยุดรอให้ฟังประมาณ

5 วินาที แล้วก็กวาดต่อไป ส่วนการรับสถานีวิทยุกระจายเสียงในย่านความถี่สูงมากระบบ เอฟเอ็ม. เมื่อกดสวิทช์ขึ้นครั้งหนึ่ง ความถี่รับฟังจะเคลื่อนสูงขึ้นไป 0.1 เมกะเฮิร์ตซ์หรือ 100 กิโลเฮิร์ตซ์ ถ้ากดสวิทช์ไว้นานหน่อย เครื่องรับก็จะกวาดหาสถานีวิทยุกระจายเสียงที่มีความถี่สูง ๆ ขึ้นเรื่อยไปจนกว่าจะได้ยินเสียงสัญญาณวิทยุจึงจะหยุดกวาดหา แล้วปล่อยให้เราฟังได้นาน 5 วินาทีเช่นกัน ในทำนองเดียวกันถ้าเรากดสวิทช์ลง เครื่องรับจะกวาดหาสถานีวิทยุกระจายเสียงทางด้านที่ใช้ความถี่ต่ำลง ฯลฯ

2.6.6 สquelch คอนโทรล

สquelch คอนโทรล (Squelch Control ย่อเป็น SQL) คือปุ่มบังคับในเครื่องรับวิทยุคมนาคมระบบเอฟเอ็ม.ที่ทำหน้าที่ปรับให้เสียงรบกวนลดลงหรือเงียบหายไป ในขณะที่ไม่มีเสียงสัญญาณวิทยุเข้ามา ในกรณีที่เมื่อเปิดเครื่องรับแล้วได้ยินแต่เสียงรบกวน ไม่มีเสียงพูด ต้องหมุนปุ่มบังคับ squelch คอนโทรล (ทางเดียวกับเข็มนาฬิกาเดิน) จนเสียงรบกวนลดลงและให้ตั้งปุ่มบังคับนี้ไว้ตรงที่จะเริ่มมีเสียงรบกวน

หากได้ยินเสียงสัญญาณวิทยุ (เสียงพูด) เข้ามาบ้าง ก็ต้องหมุนปุ่มบังคับไปทางขวาหรือซ้าย จนพอจะเริ่มได้ยินเสียงรบกวนและเสียงพูดวิทยุโทรศัพท์จะดังกลบเสียงนั้นได้

2.6.7 อาร์ไอที. คอนโทรล (RIT Control)

อาร์ไอที. คอนโทรล (RIT = Reciever Incremental Tuning); หมายถึง การปรับความถี่ของเครื่องรับให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงอีกเล็กน้อย ในบางโอกาสความถี่วิทยุของเครื่องส่งมาเข้าเครื่องรับไม่ค่อยตรงกับความถี่ที่เครื่องรับตั้งรับอยู่นักแม้ความถี่วิทยุจะต่างกันเพียง 1 หรือ 2 กิโลเฮิร์ตซ์ ก็อาจทำให้ได้ยินเสียงไม่ถนัดชัดเจน จึงจำเป็นต้องมีวงจรช่วยปรับความถี่ของเครื่องรับอีกเล็กน้อย เพื่อให้ความถี่วิทยุตรงกันจริง ๆ และเสียงจะดังชัดเจนยิ่งขึ้น การปรับความถี่นี้กระทำได้ด้วยการปรับปุ่มอาร์ไอที. ไปทางบวก (ความถี่เพิ่มขึ้น) หรือไปทางลบ (ความถี่ลดลง) ให้ได้ความถี่สูงขึ้นหรือลดลงประมาณ 3 กิโลเฮิร์ตซ์เป็นอย่างมาก ดังนั้น เมื่อใครรู้สึกว่าการรับฟังไม่ชัดเจน ก็ให้ทดลองปรับปุ่มอาร์ไอที. ไปทางบวกหรือลบ ดูทีละน้อย แต่ถ้าทำไปแล้วเสียงไม่ดีขึ้นก็แสดงว่าไม่เกี่ยวกับความถี่วิทยุเคลื่อนหรือเลื่อนกัน หากไม่ประสงค์ที่จะใช้วงจรอาร์ไอที. ก็หมุนปุ่มปรับอาร์ไอที. ไปทางซ้ายจนสุดจะถึงจุดปิด (Off)

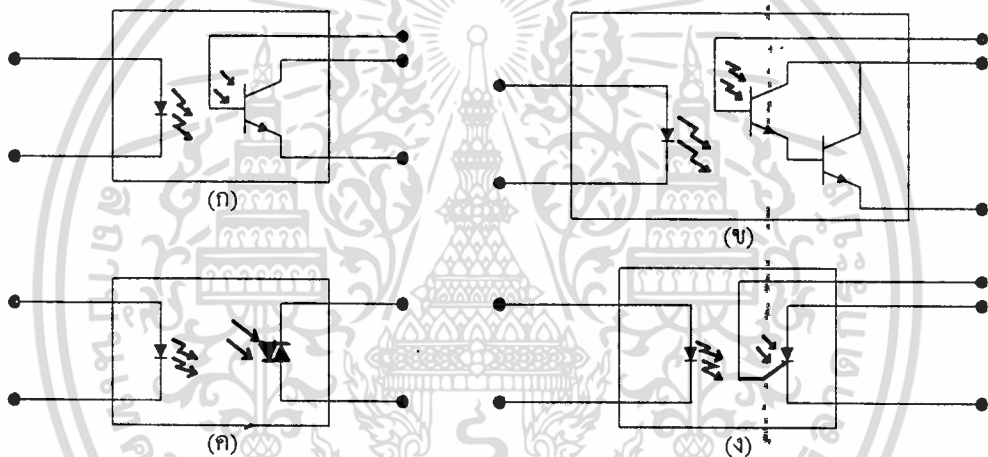
2.7 ตัวเชื่อมโยงทางแสง (Optocoupler)

2.7.1 พื้นฐานของตัวเชื่อมโยงทางแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้ใช้เฉพาะครั้งเรียกว่า ตัวแยกโดยใช้แสง (Opto Isolator) เป็นอุปกรณ์เดี่ยว ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจรับแสง โดยที่ทั้งสองชิ้นส่วนนี้ถูกแยกจากกันโดยมีฉนวนที่โปร่งใสคั่นกลาง และชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังทึบแสง

แหล่งกำเนิดแสงสำหรับตัวเชื่อมโยงทางแสงนั้นโดยส่วนมากแล้วจะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (Infrared Emitting Diode) ที่ทำจากสารแกลเลียม อาร์เซไนด์ ส่วนตัวตรวจรับหรืออุปกรณ์ภาคเอาต์พุตนั้น อาจจะเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ โฟโตคาร์ดิ้งตัน 'สวิตช์สองทางทิศทางซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้น และเอสซีอาร์. (SCR) ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง ในรูปที่ 2.25 ได้แสดงให้เห็นถึงสัญลักษณ์ของวงจรชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ถึงแม้ว่าจะมีหลายชนิดมากกว่านี้ แต่รูปที่แสดงก็นำมาเฉพาะที่พบเห็นกันบ่อย ๆ เท่านั้น



รูปที่ 2.25 ตัวเชื่อมโยงทางแสงแบบทั่ว ๆ ไป

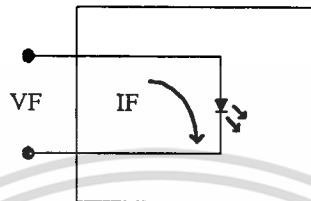
สัญญาณจะถูกส่งระหว่างชิ้นส่วนทั้งสองที่แยกจากกันทางไฟฟ้าโดยอยู่ในรูปของสัญญาณแสง โดยที่ชิ้นส่วนทั้งสองนี้ไม่สามารถสลับหน้าที่กันได้ และไม่มีการเชื่อมโยงไฟฟ้าระหว่างชิ้นส่วนทั้งสอง สัญญาณที่ถูกส่งผ่านจึงได้ทิศทางเดียวเท่านั้น

2.7.2 คุณสมบัติของตัวเชื่อมโยงทางแสง

ในการออกแบบตัวเชื่อมโยงทางแสงควรเข้าใจถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่สำคัญ เนื่องจากสนใจเฉพาะวงจรความถี่ต่ำ ตัวแปรทางด้านไฟฟ้ากระแสสามารถแบ่งออกได้เป็น อินพุต เอาท์พุต และอัตราส่วนของการส่งผ่านกระแส (CTR = Current Transfer Ratio) ,

อัตราส่วนของการส่งผ่านกระแส หรือซีทีอาร์. นั้น เป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสอินพุตต่อกระแสเอาต์พุตของตัวเชื่อมโยงทางแสง (เรียกว่า Bias) แทนด้วยตัวอีต้า (η) ซึ่งค่านี้ขึ้นอยู่กับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด และช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนทางอินพุทและเอาต์พุท โดยที่พื้นที่ความไว (Sensitivity) และอัตราการขยายตัวของตัวตรวจจับ ก็มีบทบาทที่สำคัญเช่นเดียวกันกับตัวแปรอื่น ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว



รูปที่ 2.26 เป็นชิ้นส่วนอินพุทของตัวเชื่อมต่อทางแสง

ตัวแปรอินพุททางด้านไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดตัวแปรทางด้านไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด ได้แก่ กระแสของไดโอดเมื่อได้รับไบอัสตรง (I_F) แรงดันตกคร่อมไดโอดเมื่อได้รับไบอัสตรง (V_F) และแรงดันสูงสุดที่ทนได้ เมื่อได้รับไบอัสกลับ (V_R) ดังแสดงในรูปที่ 2.26 เนื่องจากตัวแปรของเอาต์พุททางด้านไฟฟ้ากระแสตรง และตัวแปรทางการส่งถ่าย

		ค่าต่ำสุด	ค่าปกติ	ค่าสูงสุด	หน่วย
อินพุท	I_F			50	mA
	V_F ($I_F = 10$ mA)		1.2	1.5	V
	V_R		3	3	V
เอาต์พุท	I_T (RMS)			100	mA
	V_{DMR}		2.5	250	V
	V_{TM} ($I_T = 100$ mA)			3.0	V
ตัวแปรเชื่อมต่อ	I_F		8.0	15	mA
	I_B		100		V

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ 4N33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Transfer Parameter) จะแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับ ชนิดของชิ้นส่วนที่เป็นตัวตรวจรับที่ใช้ในตัวเชื่อมโยงทางแสง

ตัวเชื่อมโยงทางแสงที่ใช้โฟโตรีสซิสเตอร์ และโฟโตคาร์ลิ่งตันนั้น มีหลักการทำงานเหมือนกัน รอยต่อระหว่างขาคอลเลกเตอร์กับขาเบสถูกทำให้กว้างขึ้น แสงที่ตกกระทบรอยต่อจะทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลขึ้นมา เกิดการนำกระแสไฟ ซึ่งตัวแปรทั้งสองแบบมีดังนี้

I_C : เป็นกระแสสูงสุดที่ไหลต่อเนื่องผ่านขาคอลเลกเตอร์ (Output)

$V_{(BR) CBO}$: เป็นแรงดันพังทลายสูงสุดจากขาคอลเลกเตอร์ไปยังขาเบส

$V_{(BR) CEO}$: เป็นแรงดันพังทลายสูงสุดจากขาคอลเลกเตอร์ไปยังขามิตเตอร์

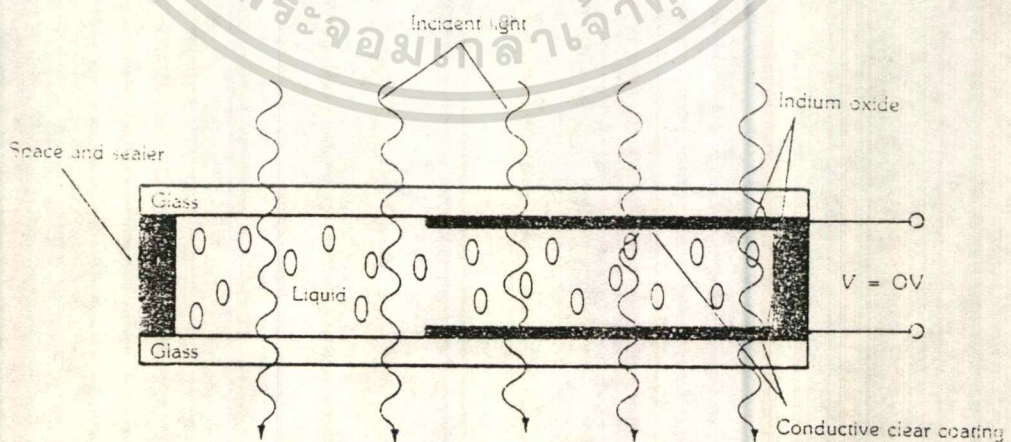
$V_{(BR) ECO}$: เป็นแรงดันพังทลายสูงสุดจากขามิตเตอร์ไปยังขาคอลเลกเตอร์

ตัวเชื่อมโยงทางแสงที่ใช้สวิทช์สองทิศทาง ที่ทำงานเมื่อมีแสงกระตุ้นเป็นภาคเอาท์พุทนั้น ถูกออกแบบมาสำหรับใช้ในงานซึ่งต้องการการแยก การทริกหรือการกระตุ้นตัวไดรแอสแต็ค

การแยกการสวิตซ์ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาดกระแสต่ำ และการแยกทางไฟฟ้าที่มีค่าสูง มีตัวแปรที่สำคัญดังนี้

$I_{T(RMS)}$: เป็นค่ากระแสอาร์เอ็มเอส. (rms) สูงสุดขณะอยู่ในสถานะที่ทำงาน (On-State)

2.8 แอลซีดี. (LCD)



รูปที่ 2.27 นี้แมตริกวิคฤตอลขณะที่ยังไม่มีไบอัส

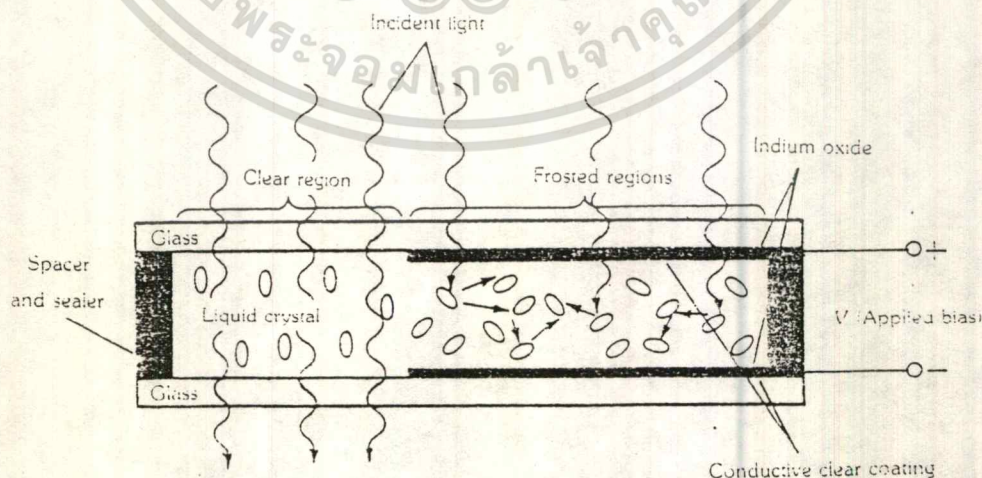
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลซีดี.(Liquid Crystal Display) หรือเรียกว่า ตัวแสดงผลแบบผลึกเหลว ซึ่งเราใช้สำหรับ วงจรคิสเพลย์ระบบตัวเลขในเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ในยุคปัจจุบันนี้ ซึ่งแอลซีดี.จะอยู่ในภาคแสดงผล (Display) ของเครื่องคิดเลข นาฬิกา หน้าปัดเครื่องในวิทยุ-โทรทัศน์ เครื่องมือวัดและทดสอบระบบดิจิทัล วงจรแสดงผลทางดิจิทัล ฯลฯ ในสมัยแรก ๆ ตัวแสดงผลจะมี 7 ส่วนที่มีจำนวนตัวแสดงผลจำกัดแค่ไม่กี่หลักเท่านั้น การพัฒนาต่อมาทำให้แอลซีดี. ก้าวเข้าไปมีบทบาทในวิทยุเคลื่อนที่, คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อความบันเทิงต่าง ๆ

ในปี พ.ศ. 2513 ได้มีการค้นพบว่าแผ่นสารผลึกเหลวสามารถเปลี่ยนตัวเองจากใสกลายเป็นทึบแสง หรือจากทึบแสงกลายเป็นใสได้โดยการป้อนแรงดันเข้าไป คุณสมบัตินี้ก็คือหลักการพื้นฐานของแอลซีดี. ในปัจจุบันนั่นเอง

ทำไมเราจึงต้องใช้แอลซีดี.แทนแอลอีดี. ก็เพราะว่าแอลอีดี.กินกำลังเป็นมิลลิวัตต์ ซึ่งถ้าเอามาใช้กับวงจรบางอย่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จ่ายกระแสไฟได้จำกัดอย่างเช่นมัลติมิเตอร์ นาฬิกา เครื่องคิดเลข ฯลฯ จะสิ้นเปลืองมากต้องเปลี่ยนถ่านอยู่บ่อย ๆ แต่ถ้าเราหันมาใช้แอลซีดี. ซึ่งกินกำลังเป็นไมโครวัตต์แล้วอายุการใช้งานของถ่านก็อ่อนเล็ก ๆ ที่บรรจุไว้นั้นจะใช้ได้นานกว่า

ผลึกเหลว (Liquid Crystal) อันเป็นตัวหลักของแอลซีดี.นี้ เป็นสารชนิดหนึ่งซึ่งมีสภาพการไหลเหมือนอย่างของเหลว แต่การรวมตัวกันของโมเลกุลของมันจะรวมตัวเช่นเดียวกันกับแบบโมเลกุลของของแข็ง ซึ่งการรวมตัวกันแบบดังกล่าวนี้เราเรียกว่า การรวมตัวกันแบบนีแมติกลิกวิดคริสตอล (Nematic Liquid Crystal) ดังแสดงโครงสร้างและโมเลกุลที่อยู่ภายในจะเป็น โมเลกุลตาม ที่ปรากฏในรูปที่ 2.27 และ รูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 นีแมติกลิกวิดคริสตอลเมื่อจ่ายไบอัสเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราจ่ายไบอัสเข้าไป (โดยทั่วไปแอลซีดีที่มีจำหน่ายในปัจจุบันจะให้แรงเคลื่อนไบอัสอยู่ในระดับ 6 หรือ 20 โวลต์สำหรับแอลซีดี. ขนาดใหญ่) จะทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นภายในลักษณะนี้เองที่ทำให้โมเลกุลภายในของผลึกเกิดการสะท้อนแสงผ่านหลอดแก้วคาร์กิลท์ออกมา สำหรับอายุการใช้งานของแอลซีดี.จะมีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 10,000 ชั่วโมง

แอลซีดี.ที่ใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบันมีอยู่ 2 ชนิดคือ ชนิดไดนามิกสแกทเตอริงและชนิดฟิลด์เอฟเฟค (Dinamic Scattering and Field-effect LCD) แอลซีดี.ชนิดหลังนิยมใช้มากกว่า ชนิดแรกเพราะกินกระแสเพียง 20% ของชนิดแรกและยังสามารถให้แสงได้ชัดเจนในขณะที่แสงสว่างจากภายนอกจะมาก นอกจากนี้แล้วแอลซีดี.ชนิดฟิลด์เอฟเฟคแยกละเอียดออกไปอีกเป็นชนิดสะท้อนแสง ชนิดให้แสงผ่านได้ และชนิดทรานสเฟล็กตีฟ



(ก)

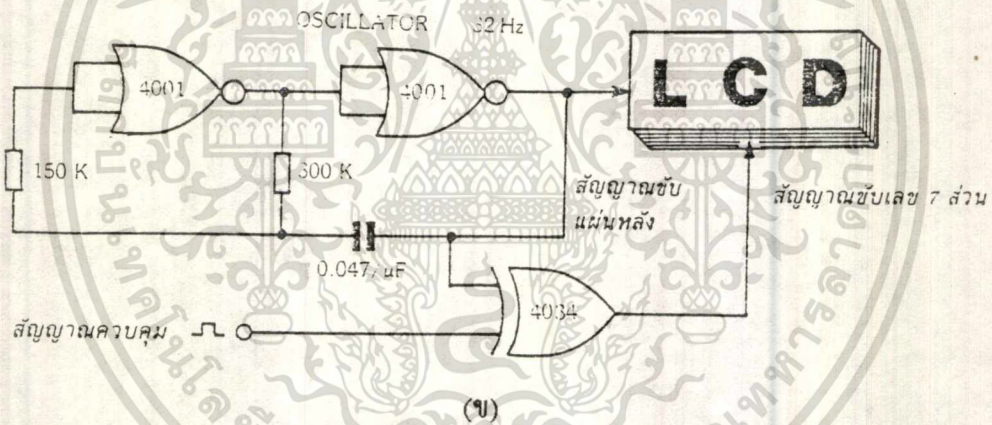
รูปที่ 2.29 (ก) เซ็กเมนต์ของแอลซีดี.

การป้อนไบอัสให้แก่แอลซีดี. ต้องป้อนไฟฟ้ากระแสลับที่มีความถี่พอเหมาะ และมีขนาดแรงเคลื่อนที่ถูกต้อง แต่ไม่จำเป็นจะต้องเป็นรูปไซน์เวฟเสมอไป สัญญาณกระแสลับนี้ ต้องมีค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลี่ยเป็น 0 หรือค่าควัตซ์ไซเคิล (Duty Cycle) 50% ถ้าไม่เป็น 0 จริงจะทำให้อายุการใช้งานของแอลซีดี.สั้นลงในทางปฏิบัติโดยทั่วไปเราจะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ผลิตความถี่แล้วป้อนสัญญาณไฟฟ้าเข้าไปยังแผ่นแก้วที่เรียกว่าแบล็คเพลน และอีกส่วนหนึ่งก็เป็นส่วนของเซ็กเมนต์

การนำแอลซีดี.มาใช้งานมีข้อดีดังต่อไปนี้คือ

1. บางเบาและพกพาสะดวก มีความหนาเพียงไม่กี่มิลลิเมตร
2. ใช้พลังงานน้อยเนื่องจากต้องการกำลังงานและแรงดันต่ำ ทำให้สามารถใช้งานได้แม้จะมีเพียงแบตเตอรี่ขนาดเล็กเป็นตัวจ่ายกำลังและใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เช่นซีมอส (CMOS) ได้
3. เป็นตัวแสดงผลแบบพาสซีฟเพราะว่าแอลซีดี. ไม่ได้กำเนิดแสง การอ่านค่าที่ตัวแสดงผลต้องใช้แสงสว่างจากภายนอก แต่ความเข้มของการแสดงผลก็ไม่ได้จางลงเมื่อแสงสว่างจากภายนอกเพิ่มขึ้นหากต้องการอ่านค่าในที่มืดทำได้โดยใช้แสงไฟส่องมาจากด้านหลังของแผงแอลซีดี.



รูปที่ 2.29 (ข) มาตรฐานการให้ไบอัส

4. เชื้อถั่วได้ ใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิกว้างและมีอายุการใช้งานนาน
5. ใช้งานได้กว้างขวาง ด้วยข้อดีที่กล่าวมาแล้วจึงทำให้แอลซีดี.เป็นส่วนประกอบสำคัญของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ผลิตออกสู่ตลาด
6. ราคาถูก

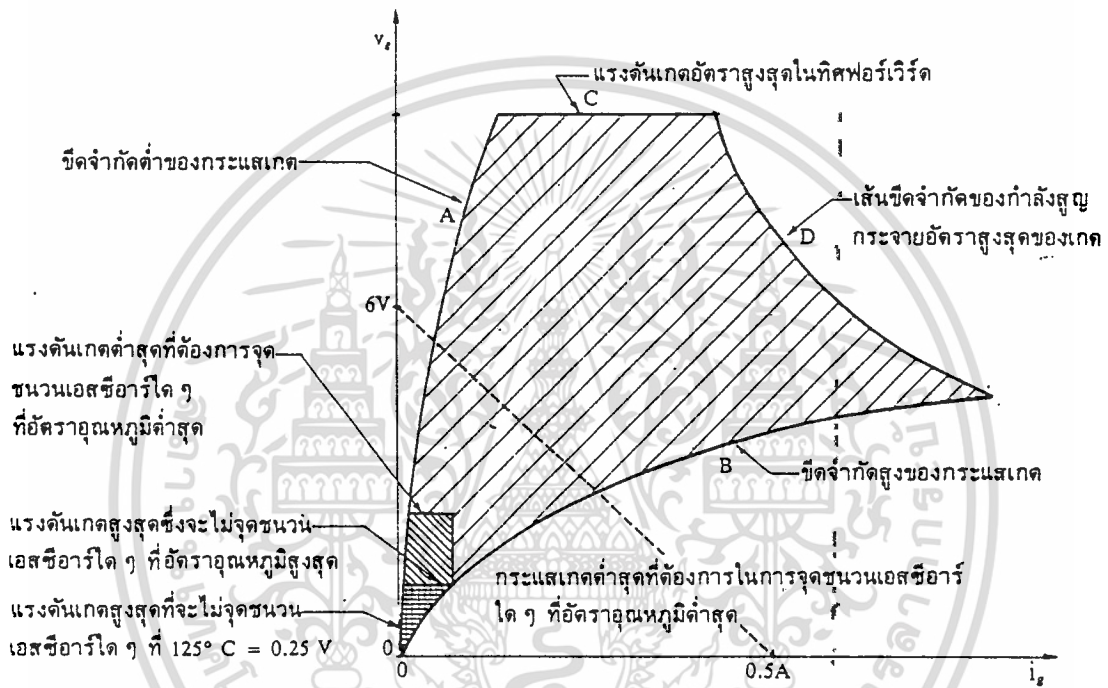
2.9 การควบคุมมอเตอร์เอซี

2.9.1 วงจรจุดชนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

วงจรจุดขนวนให้ได้ความต้องการต่อไปนี้

1. ต้องสามารถจุดขนวนได้ ถึงแม้ว่าจะเปลี่ยนทรานซิสเตอร์เป็นตัวอื่นแต่ยังคงเป็นตัวเดียว
2. ต้องมีแรงดันและกำลังไม่สูงเกินกว่าที่จะทนทานได้
3. ต้องแน่ใจได้ว่า การจุดขนวนจะต้องไม่เกิดจากสัญญาณรบกวนอื่น ๆ



รูปที่ 2.30 เส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันกับกระแสของเกต

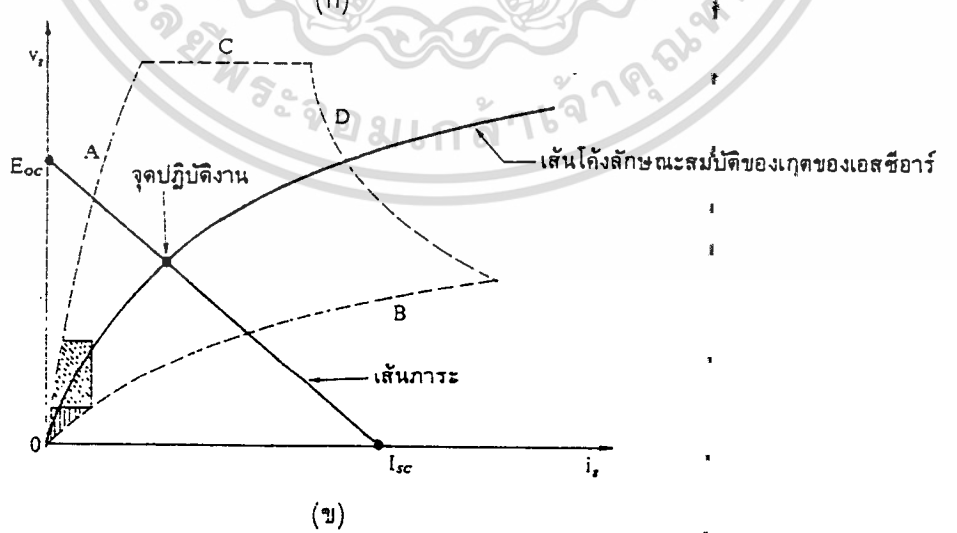
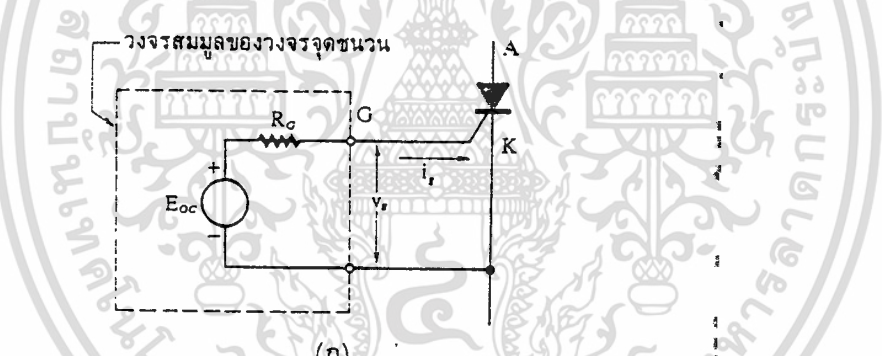
โดยความต้องการที่กล่าวข้างบนนี้ เราจึงออกแบบวงจรจุดขนวนที่มีวงจรสมมูลดังแสดงในรูปที่ 2.31 (ก) ซึ่งมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีแรงดันเปิดวงจร E_{OC} มีความต้านทานภายใน R_G และมีเส้นโค้งลักษณะสมบัติดังแสดงในรูปที่ 2.30 โดยเราเขียนเส้นภาระ (Load Line) จากจุด E_{OC} ซึ่งอยู่บนแกนตั้งของรูปที่ 2.30 ผ่านบริเวณที่นิยมใช้ขั้ววงจรซึ่งเป็นบริเวณที่สามของรูปที่ 2.30 มายังจุดของกระแสลัดวงจรของวงจรจุดขนวน I_{SC} ซึ่งอยู่บนแกนนอนของรูปที่ 2.31 ดังได้นำมาเขียนแสดงใหม่ในรูปที่ 2.31 (ข) โดยจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเปิดวงจร E_{OC} กับกระแสลัดวงจร I_{SC} ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ (3.1) ค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับทรานซิสเตอร์ขนาด 100 แอมแปร์ทั่ว ๆ ไปควรมีวงจรมอเตอร์ที่สามารถให้แรงดันเปิดวงจร 6 โวลต์ และมีความต้านทาน 12 โอห์ม ซึ่งเราสามารถเขียนรูปแสดงเส้นภาระได้ดังเส้นประที่แสดงในรูปที่ 2.30

ถ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้าของวงจรถูกขวนมีแรงดันเป็นฟังก์ชันกับเวลา คือ $E_{oc} = e_r(t)$ แล้วเส้นภาระที่เขียนได้จะเป็นเส้นที่เคลื่อนที่กวาดไปตามเส้นกราฟโดยเริ่มต้นจากจุดกำเนิดไปสู่ตำแหน่งสูงสุด คือ เส้นภาระที่แสดงเอาท์พุทสูงสุดของวงจรถูกขวน

การเลือกใช้เส้นโค้งกำลังของเกตนี้ จะขึ้นอยู่กับขีดจำกัดค่าเฉลี่ย หรือ ขีดจำกัดค่าสูงสุดที่สามารถยอมให้ได้กำลังสูญเสียกระจายของเกต ดังตัวอย่างเช่น ถ้าเราใช้สัญญาณคี่เข้าจุดขวน เราต้องเลือกใช้เส้นโค้งที่ไม่เกินค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สามารถยอมให้ได้ของกำลังสูญเสียกระจายของเกต (สำหรับเอสซีอาร์ เบอร์ C35 ค่านี้เท่ากับ 0.5 วัตต์) ถ้าเราใช้พัลส์เข้าจุดขวนเราต้องเลือกใช้เส้นโค้งกำลังสูญเสียกระจายของเกตซึ่งเป็นเส้น D ที่เขียนไว้ในรูปที่ 2.30 สำหรับเอสซีอาร์เบอร์ C35



รูปที่ 2.31 (ก) วงจรมอเตอร์ของวงจรถูกขวน (ข) การเขียนเส้นภาระ

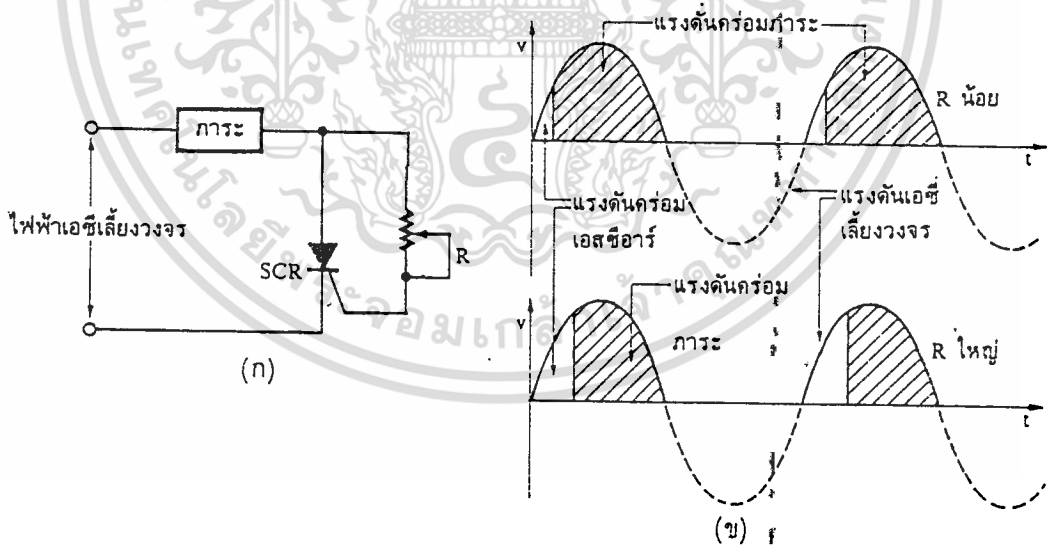
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในกรณีศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่านี้เท่ากับ 5 วัตต์ สำหรับสัญญาณเกดที่รูปคลื่นอยู่กลาง ๆ ระหว่างสัญญาณคี่ซึกับพัลส์เราต้องให้เส้นโค้งขีดจำกัดของกำลังสูญเสียกระจายที่สามารถยอมให้ได้ของเกดที่คำนวณได้จากวัฏจักรหน้าที่ (Duty Cycle) ของสัญญาณจุดชนวนตามสูตร

$$\begin{aligned} & (\text{กำลังขับสูงสุดของเกด}) \times (\text{ความกว้างของพัลส์}) \\ & \times (\text{อัตราการเดินของพัลส์}) \leq (\text{กำลังเฉลี่ยที่ยอมให้ได้ของเกด}) \end{aligned} \quad (3.2)$$

มีวงจรจุดชนวนหลายแบบด้วยกัน วงจรที่ง่ายและเป็นหลักพื้นฐานประกอบด้วย วงจรจุดชนวนด้วยไฟฟ้าคี่ซึ วงจรชนวนด้วยเฟสของไฟฟ้าเอซี (AC Phase Signal) และวงจรจุดชนวนด้วยพัลส์ แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะวงจรจุดชนวนด้วยเฟสของไฟฟ้าเอซีเท่านั้น ซึ่งเป็นวงจรจุดชนวนที่นำมาใช้ออกแบบในปริญยานิพนธ์นี้ ซึ่งได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.9.2

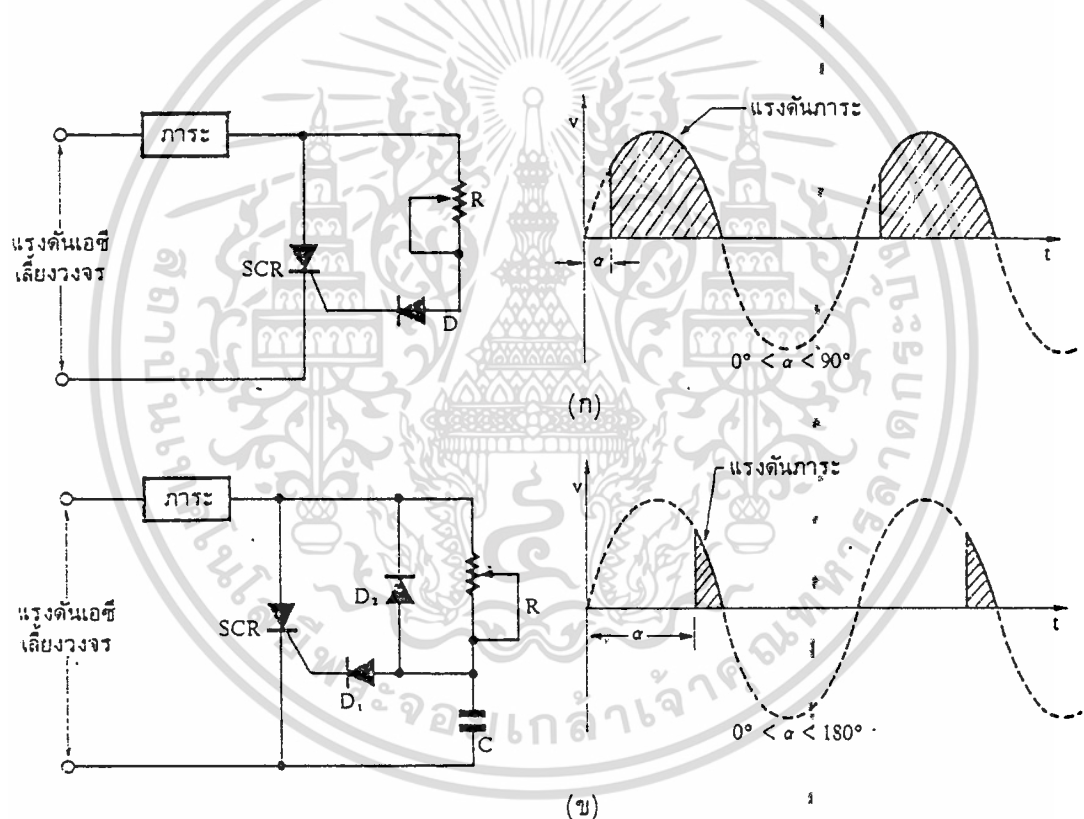
2.9.2 วงจรจุดชนวนด้วยเฟสของสัญญาณเอซี



รูปที่ 2.32 (ก) วงจรจุดชนวนด้วยเฟสของสัญญาณเอซีแบบง่าย (ข) รูปคลื่นแรงดันเมื่อค่าความต้านทาน R มีค่าน้อยและค่าใหญ่

โดยใช้แรงดันเอซีเลี้ยงวงจรเข้าจุดชนวนผ่านความต้านทานที่แปรค่าได้ R ดังแสดงในรูปที่ 2.32 (ก) ซึ่งจะทำให้เอสซีอาร์เปิดกระแสขึ้นเมื่อกระแสแอสเกตมีค่าใหญ่เพียงพอ ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความต้านทานและค่าของแรงดันที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในครึ่งวัฏจักรบวกระหว่างเฟสหรือมุม 0° ถึงมุม 90° และเอสซีอาร์จะปิดกระแสเมื่อครึ่งวัฏจักรลบมาถึงซึ่งมีรูปคลื่นแรงดันดังแสดงในรูปที่ 2.32 (ข) วงจรนี้เป็นวงจรที่มีราคาถูก แต่เกิดของเอสซีอาร์อาจชำรุดได้เมื่อครึ่งวัฏจักรลบมาถึง จึงได้มีการปรับปรุงแก้ไขด้วยการใช้ไดโอด D เข้ากันแรงดันกลับที่ป้อนเข้าเกิดดังเขียนแสดงในรูปที่ 2.33 (ก) ซึ่งวงจรสามารถควบคุมให้เอสซีอาร์เปิดกระแสแปรค่ามุมจาก 0° (คือเปิดให้นำกระแสครึ่งคลื่นเต็ม 100 %) ถึงมุม 90° (คือเปิดให้กระแสครึ่งคลื่น 50 %) เราจึงชอบนำไปใช้ในการควบคุมกระแสเรียกว่า "วิธีควบคุมเฟส" (Phase Control) ขอให้เราสังเกตว่ารูปที่ 2.33 (ก) นี้ไม่สามารถควบคุมใหญ่เกินกว่ามุม 90° ได้ และ α เป็นมุมจุดชนวน



รูปที่ 2.33 (ก) วงจรควบคุมเฟสครึ่งคลื่นแบบง่ายด้วยความต้านทานแปรค่าได้ (ข) วงจรควบคุมเฟสครึ่งคลื่นด้วยความต้านทานแปรค่าได้ ตัวเก็บประจุและไดโอด

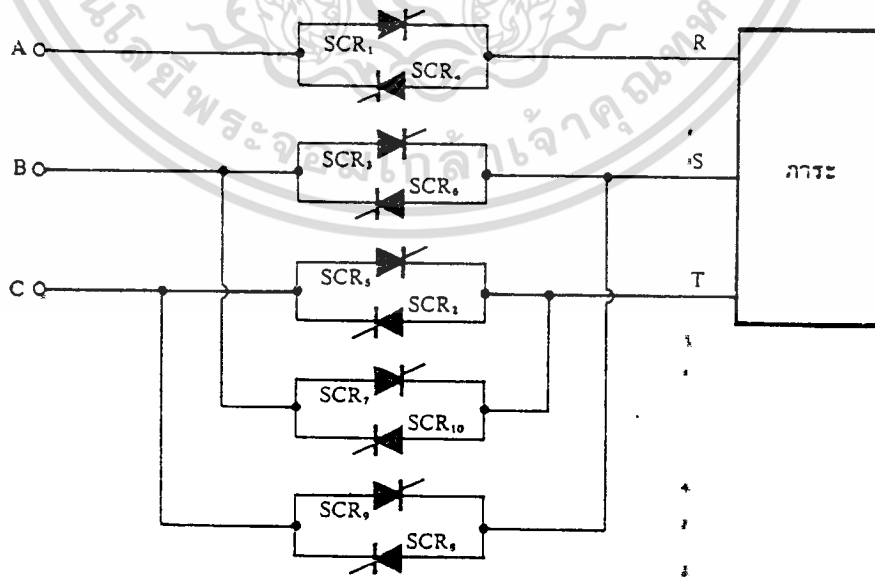
เพื่อที่เราจะสามารถควบคุมเฟสได้จาก 0° ถึง 180° (คือสามารถควบคุมได้เต็มครึ่งวัฏจักร) เราใช้ความต้านทาน ตัวเก็บประจุ และไดโอดเข้าต่อร่วมกันดังแสดงในรูปที่ 2.33 (ข) โดยจะต้องเลือกใช้ตัวเก็บประจุ C ให้ใหญ่พอที่จะสามารถเก็บประจุเพื่อถ่ายออกเป็นกระแสเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกดที่ใหญ่พอเพียงที่จะจุดชนวนได้ และเลือกค่า R เพื่อที่จะสามารถปรับค่าตัวเวลาของที่ RC ให้มุมจุดชนวนเกิดขึ้นจาก 0° ถึง 180° ได้ เนื่องจากวงจร RC จะทำให้แรงดันเอซีเลี้ยงวงจรมีเฟสนำหน้าแรงดันที่ป้อนเข้าเกด ซึ่งเมื่อแรงดันเอซีเลี้ยงวงจรครั้งวัฏจักรครบเข้ามาถึงจะประจุให้แผ่นบนของตัวเก็บประจุ C มีศักย์บวกครั้นถึงเวลาที่ตั้งไว้ด้วยการปรับค่าความต้านทาน R จะทำให้ศักย์บวกบนตัวเก็บประจุ C มีค่าใหญ่พอที่เอสซีอาร์จะปิดกระแส และแรงดันค่าลบนี้จะให้กระแสไหลผ่านตัวเก็บประจุ C และไดโอด D_2 แล้วประจุให้มีศักย์ลบที่แผ่นบนของตัวเก็บประจุ C ซึ่งเป็นการตั้งต้นใหม่รอคอยครั้งวัฏจักรบวกที่จะมาถึงต่อไป สำหรับไดโอด D_1 ทำหน้าที่กั้นแรงดันกลับที่จะป้อนเข้าเกดในช่วงครึ่งวัฏจักรลบ วงจรนี้สามารถนำไปดัดแปลงให้ใช้กับวงจรควบคุมเฟสเต็มคลื่นได้

2.9.3 การควบคุมมอเตอร์เอซีด้วยวิธีควบคุมเฟส

การควบคุมมอเตอร์เอซีด้วยไทรสเตอร์นั้น เราอาจแบ่งออกเป็น 5 วิธี คือ

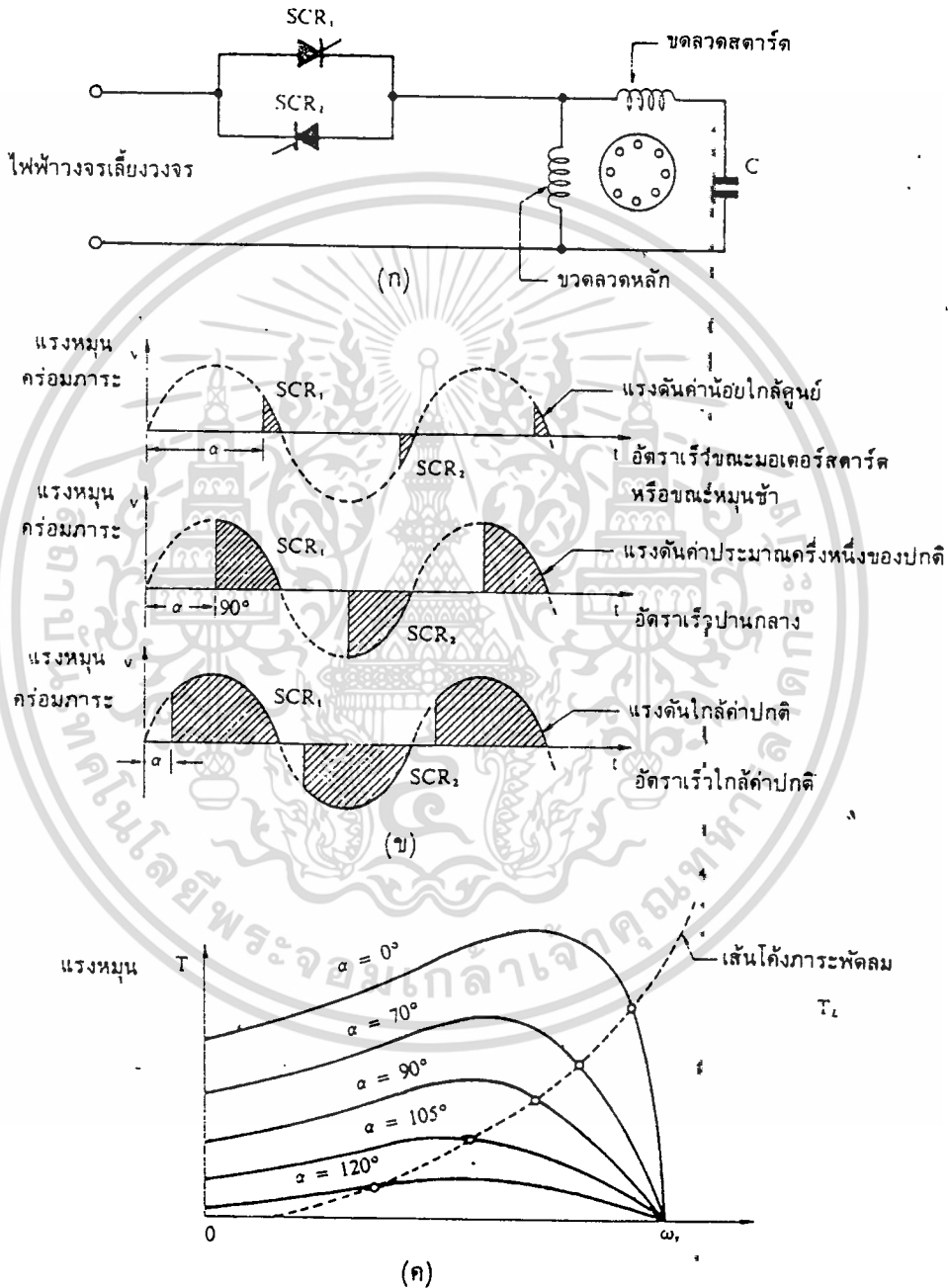
1. วิธีการควบคุมค่าแรงดันป้อนเข้ามอเตอร์เอซีโดยการปรับเปลี่ยนค่าวัฏจักรหน้าที่ หรือเรียกว่าคิวตีไซเคิล ด้วยการจุดชนวนให้เปิดกระแสตรงจุดแรงดันตัดข้ามศูนย์ที่จุดต่าง ๆ
2. วิธีการควบคุมแรงดันค่าที่ป้อนเข้ามอเตอร์เอซีโดยวิธีการควบคุมเฟส (Phase Control) ซึ่งสามารถใช้กับมอเตอร์เอซีเฟสเดียวหรือ โปลิเฟส



รูปที่ 2.34 สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับวงจรเอซีสามเฟสที่สามารถกลับเฟสอันดับได้

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เพื่อผู้รู้เห็นเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถนำเอกสารไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิธีการควบคุมค่าแรงดันและค่าความถี่ป้อนเข้ามอเตอร์เอซีโดยการเปลี่ยนไฟฟ้าดีซีเลี้ยงวงจรให้เป็นไฟฟ้าเอซีด้วยอินเวอร์เตอร์ (Inverter) แบบต่าง ๆ



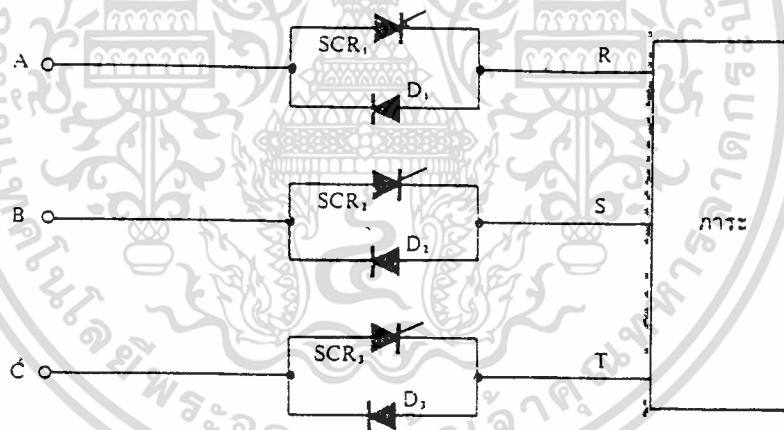
รูปที่ 2.35 (ก) วงจรควบคุมมอเตอร์เฟสเดียวโดยวิธีควบคุมเฟส (ข) รูปคลื่นแรงดันคร่อมมอเตอร์เอซีที่มุมจุดชานวนและอัตราเร็วต่าง ๆ (ค) เส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่างแรงหมุนกับอัตราเร็วที่ตำแหน่งมุมจุดชานวนต่าง ๆ รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีการควบคุมมอเตอร์เอซีด้วยคอนเวอร์เตอร์ที่มีดีซีเชื่อมโยง (DC Link Converter) ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนไฟฟ้าเลี้ยงวงจรสองครั้ง โดยการเปลี่ยนไฟฟ้าเอซีให้เป็นดีซีแล้วเปลี่ยนดีซีกลับเป็นเอซีพร้อมทั้งมีการควบคุม "โวลต์ต่อเฮิร์ตซ์" ให้คงที่

5. การควบคุมมอเตอร์เอซีเหนี่ยวนำโดยการปรับเปลี่ยนพลังงานสลิป วิธีนี้จะใช้ได้กับมอเตอร์แบบส่วนหมุนมีขดลวดพันเท่านั้น

ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะวิธีการควบคุมค่าแรงดันป้อนเข้ามอเตอร์เอซีด้วยวิธีควบคุมเฟสเท่านั้น โดยการใช้สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์เอซี และโดยอาศัยวิธีควบคุมเฟส เราสามารถควบคุมให้มอเตอร์เอซีสตาร์ท ปรับเปลี่ยนความเร็วและหมุนกลับทางได้ตามต้องการ

รูปที่ 2.35 (ก) วงจรควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกสองเฟสซึ่งใช้ไฟฟ้าเอซีเฟสเดี่ยวเลี้ยงวงจร โดยใช้เอสซีอาร์สองตัวต่อขนานแต่กลับขั้วกันเป็นตัวควบคุมด้วยจุดชนวนด้วยวิธีควบคุมเฟส ดังรูปคลื่นลักษณะสมบัติในรูปที่ 2.36 (ข) ถ้ามอเตอร์นี้เป็นมอเตอร์



รูปที่ 2.36 สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับวงจรเอซีไม่มีการกลับเฟสอันดับ

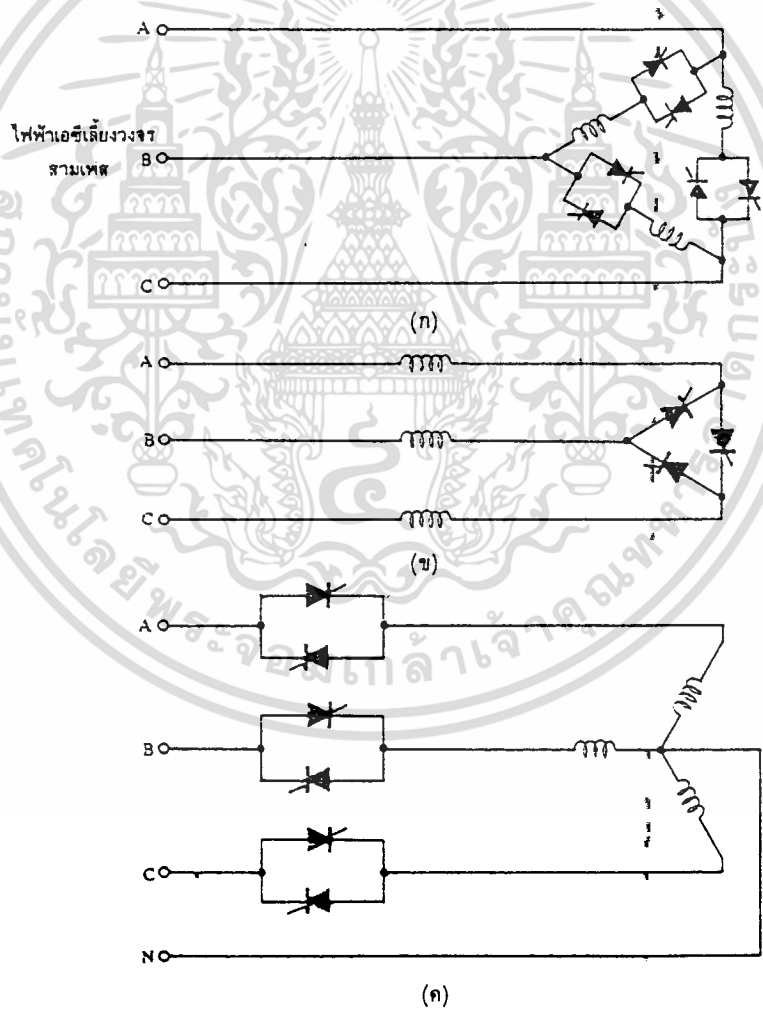
ขนาดใหญ่เกินกว่าที่กระแสดอนสตาร์ทสูง เราสามารถควบคุมให้มอเตอร์ให้กินกระแสต่ำลงโดยการจุดชนวนด้วยมุมเฟสใหญ่หรือ α มีค่าใกล้เคียง 180° มุมเปิดกระแสมีค่าน้อยและกระแสไหลได้น้อย ต่อเมื่อมอเตอร์หมุนเร็วขึ้นและมีแรงเคลื่อนได้กลับสูงขึ้น ก็ให้เราจุดชนวนด้วยมุม α ที่มีค่าเล็กลง ตามแต่เราต้องการซึ่งจะให้เส้นโค้งลักษณะสมบัติดังแสดงในรูปที่ 2.36 (ก) สำหรับมอเตอร์เอซีสามเฟส เราอาจนำสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ได้ ถ้ามอเตอร์เอซีเป็นระบบสามเฟสสาม

เส้น ซึ่งมอเตอร์อาจต่อเป็นแบบเตลตา (Δ) หรือ (Y) เราก็อาจใช้วงจรของรูปที่ 2.34 ได้ หรืออาจเอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็น ใบเขียวสีเขียวบนต้นการคำ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้วงจรดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.37 (ก) และ (ข) ถ้าหากมอเตอร์คือแบบวายมีเส้นสะเทิน (Neutral Line) ซึ่งเป็นไฟฟ้าระบบสามเฟส-สี่เส้น เราเพียงแต่ต่อเส้นสะเทินเพิ่มขึ้นโดยไม่ต้องเพิ่มจำนวนของเอสซีอาร์ดังแสดงในรูปที่ 2.37 (ค)

ในกรณีที่เราต้องการจะประหยัดจำนวนเอสซีอาร์นั้น เราอาจใช้ไดโอดเข้าแทนเอสซีอาร์ตัวหนึ่งในคู่หนึ่ง ๆ ของชุดต่อขานานดังแสดงในรูปที่ 2.36 หรืออาจไม่ใช่เอสซีอาร์คู่หนึ่งคงใช้เพียงสองคู่ดังแสดงในรูปที่ 2.38 ซึ่งเป็นกรณีที่ไฟฟ้าสามเฟสไม่สมดุล (Unbalance Three-Phase) โดยการวิเคราะห์แบบองค์ประกอบสมมาตร (Symmetrical Components) เราสามารถแตกแรงดันสามเฟสไม่สมดุลออกเป็นแรงดันสามเฟสสมดุลได้ 3 ชุด คือ ระบบแรงดันอันดับบวก อันดับลบ



รูปที่ 2.37 (ก) มอเตอร์เอสซีต่อแบบเดลตา (ข) มอเตอร์เอสซีต่อแบบวายไม่มีเส้นสะเทิน

(ค) มอเตอร์เอสซีต่อแบบวายมีเส้นสะเทิน

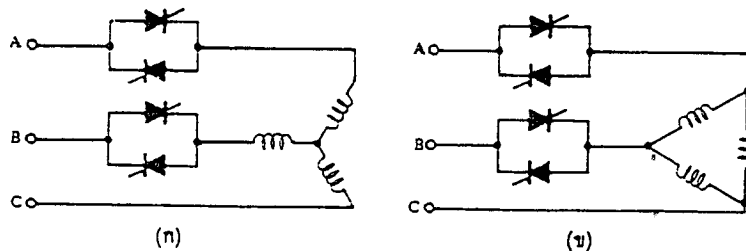
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอันดับศูนย์ (Positive , Negative , และ Zero-Sequence Voltage System) โดยชุดแรงดันอันดับลบซึ่งทำให้เกิดแรงหมุนในทิศสวนทางกันกับทิศการหมุนปกติของมอเตอร์ จึงเป็นผลทำให้มอเตอร์หมุนช้าลงกว่าวิธีการควบคุมมอเตอร์ด้วยการต่อวงจรแบบสมดุล กระแสอันดับบวกอันดับลบ และอันดับศูนย์ (ถ้ามี) จะทำให้มอเตอร์ร้อนขึ้นและมอเตอร์มีประสิทธิภาพต่ำลง เนื่องจากการใช้โรตอร์เป็นสวิทซ์อิเล็กทรอนิกส์ป้อนแรงดันเข้ามอเตอร์เอชซีซึ่งจะต้องเป็นแบบสมดุลหรือไม่สมดุลก็ตาม จะเป็นเหตุให้มีรูปคลื่นแรงดันและกระแสผลลัพธ์ผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์ จะทำให้มีกำลังสูญเสียเพิ่มขึ้นเนื่องจากฮาร์โมนิกซึ่งเป็นผลให้มอเตอร์ร้อนขึ้นและมีประสิทธิภาพต่ำลง เมื่อควบคุมให้มอเตอร์ทำงานที่อัตราเร็วต่ำ โดยการจุดชนวนด้วยมุมใหญ่ หรือเปิดกระแสด้วยมุมเล็ก รูปคลื่นแรงดันและกระแสผลลัพธ์จะผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์มากมาย เป็นผลให้มอเตอร์ร้อนขึ้นมากและมีประสิทธิภาพต่ำลงมากและยังต่อวงจรมอเตอร์เอชซีเป็นแบบสุ่มคล มอเตอร์เอชซีจะยิ่งร้อนขึ้นมากและประสิทธิภาพยิ่งต่ำลงมากที่อัตราเร็วต่ำ เพื่อที่จะไม่ให้มอเตอร์ร้อนมากเกินไป เราจำเป็นต้องลดอัตราการทำงานให้น้อยลงกว่าปกติ

ในการจุดชนวนเบื้องต้นสำหรับการควบคุมมอเตอร์เอชซีโดยวิธีควบคุมเฟส นั้น มีหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่

1. วงจรจุดชนวนเบื้องต้นสำหรับวิธีควบคุมเฟสครึ่งคลื่น
2. วงจรจุดชนวนเบื้องต้นสำหรับวิธีควบคุมเฟสเต็มคลื่น
3. การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวโดยการจุดชนวนควบคุมเฟส
4. วงจรจุดชนวนแบบควบคุมเฟสสำหรับระบบไฟฟ้าสามเฟส

ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะวงจรจุดชนวนเบื้องต้นสำหรับการควบคุมเฟสเต็มคลื่นเท่านั้น ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้สำหรับการออกแบบในปริยญาณิพนธ์นี้และจะได้อธิบายต่อไปในส่วนของการออกแบบในบทที่ 3 หัวข้อ 3.1.4



รูปที่ 2.38 การต่อสวิทซ์อิเล็กทรอนิกส์แบบไม่สมดุลควบคุมมอเตอร์เอชซีแบบวาย และแบบเคลตา

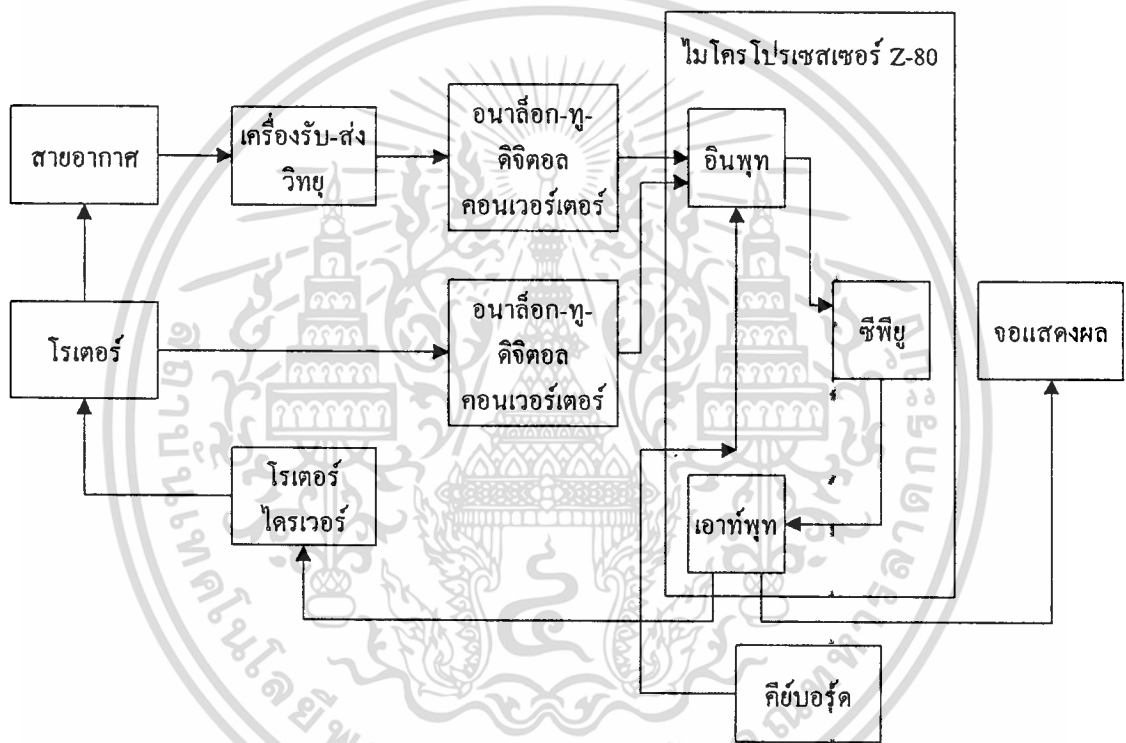
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 การออกแบบวงจร

3.1.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ

บล็อกไดอะแกรมของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. สายอากาศ ทำหน้าที่กระจายคลื่นวิทยุออกไปจากตัวมันทางด้านเครื่องส่ง และใช้ดักจับเอาคลื่นวิทยุเข้าสู่ตัวมันทางด้านเครื่องรับ ซึ่งจะใช้สายอากาศแบบทิศทางคือ สายอากาศสายากิ-ยูดา 10 อีเลเมนต์ 2 เมย์ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

2. เครื่องรับ-ส่งวิทยุ จะใช้เครื่องรับ-ส่งวิทยุในย่านวิทยุสมัครเล่น ซึ่งสามารถที่จะใช้เฉพาะเครื่องรับเพียงอย่างเดียวก็ได้ในกรณีที่ไม่ต้องการใช้เครื่องส่งวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (A/D Converter) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกจากเครื่องรับวิทยุ และจากวารีโวลต์เรซิสเตอร์ (Variable Resistor หรือ VR) ในโรเตอร์ให้เป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 บิต ซึ่งจะใช้อิซีเบอร์ ADC0804 จำนวน 2 ตัว

4. โรเตอร์ (Rotator) ใช้ในการหมุนสายอากาศให้ได้ทิศทางตามต้องการ ซึ่งมอเตอร์เป็นแบบเอซิมอเตอร์ ใช้แหล่งจ่ายแรงดัน 24 โวลต์เอซี

5. วงจรขับมอเตอร์ (Motor Driver) ทำหน้าที่ควบคุมการหมุนของโรเตอร์ว่าจะให้หมุนไปทางซ้ายหรือให้หมุนไปทางขวา ซึ่งจะถูกลังให้ทำงานผ่านทางคีย์บอร์ด

6. ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณที่รับมาจากวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ให้แสดงผลออกทางจอแสดงผล (Display) และทำหน้าที่รับข้อมูลจากคีย์บอร์ดมาประมวลผลเพื่อส่งไปควบคุมการทำงานของวงจรขับมอเตอร์

7. คีย์บอร์ด (Keyboard) ทำหน้าที่ป้อนข้อมูลเข้าไปยังไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อส่งออกไปกับวงจรขับมอเตอร์หรือส่งต่อไปยังจอแสดงผล

8. จอแสดงผล (Display) จะใช้จอแสดงผลแบบ คอทแมทริกแอลซีดีโมดูล แสดงผล 2 บรรทัด

สำหรับรายละเอียดในแต่ละส่วนของบล็อกไดอะแกรมดังแสดงในรูปที่ 3.1 จะได้แยกอธิบายในหัวข้อต่อไป นอกจากนี้ผู้อ่านสามารถศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมได้จากหนังสือและเอกสารอ้างอิงดังแสดงไว้ในบรรณานุกรมท้ายเล่ม

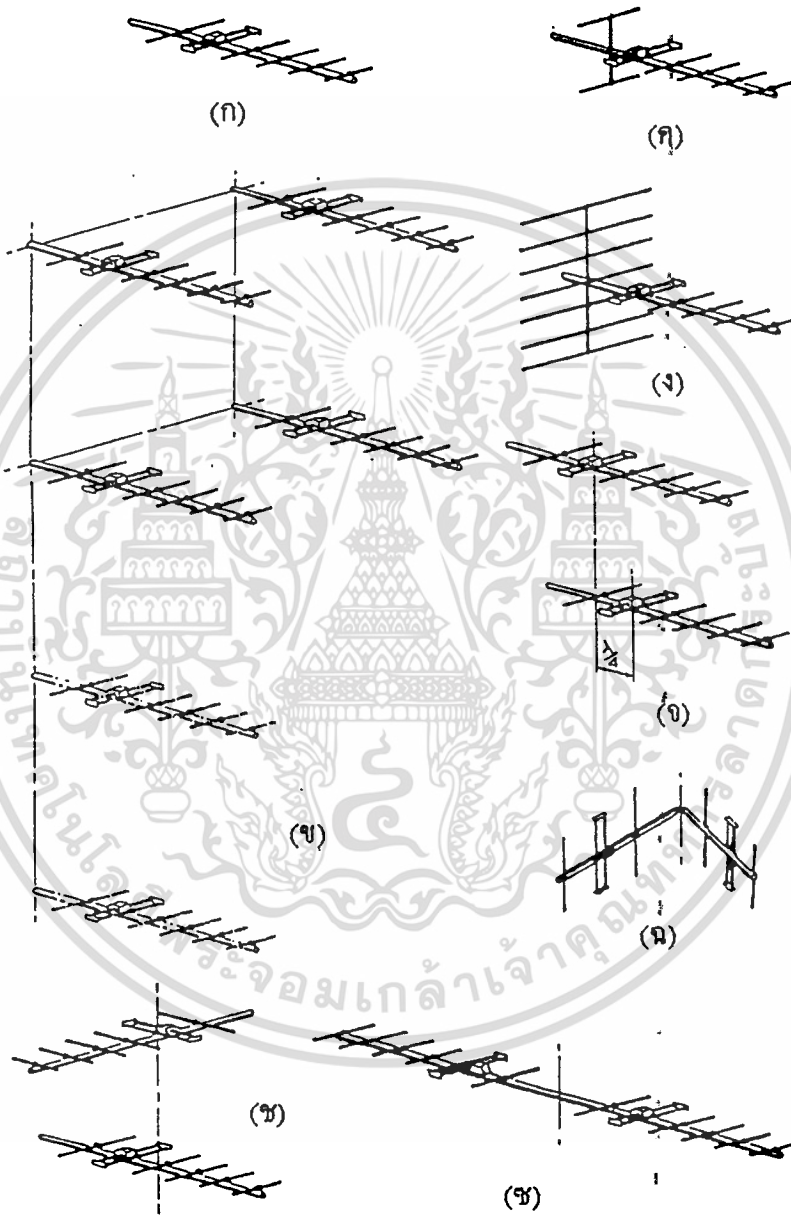
3.1.2 สายอากาศสำหรับเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุด (Antenna For Point-To-Point Link)

สายอากาศที่ใช้สำหรับการเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุดนั้น แบ่งออกได้หลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ สายอากาศแบบยาเกิ-ยูดา (Yagi-Uda Antenna) สายอากาศแบบลูปพีเรียดิก และสายอากาศแบบพานเนล (Panel Antenna) เป็นต้น แต่ที่ใช้สำหรับปริยญาณิพนธ์นี้เป็นสายอากาศแบบยาเกิ-ยูดา ฉะนั้นในที่นี้จึงขอกล่าวถึงเฉพาะสายอากาศแบบยาเกิ-ยูดาเท่านั้น

สายอากาศแบบยาเกิ-ยูดา ใช้ในความมุ่งหมายเช่นเดียวกับสายอากาศทั่ว ๆ ไปได้อย่างกว้างขวางที่ความถี่สูงถึง 900 เมกะเฮิร์ตซ์เป็นอย่างน้อย สร้างง่าย ราคาถูก มีแบนด์วิดท์ที่ยืดหยุ่นได้ และให้เกนสูงประมาณ 17 dBi หรือมากกว่านั้นถ้าใช้แผงแอเรย์เพิ่มขึ้น (Multiple Array) เกนยังใช้ได้ ที่ความถี่ต่ำซึ่งถูกกำหนดโดยขนาดทางฟิสิกส์ของสายอากาศ แต่การใช้งานย่านยูเอชเอฟ. ทำให้มีความแน่นอนได้ด้วยปัจจัยเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งจะสามารถทำได้โดยการสร้างอีเลเมนต์ของการป้อน (Fed Element) และระบบตัวป้อน (Feeder System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายอากาศแบบยาก็-ยูดาจะให้บีมโนทิศทางเดี่ยวและโลบ (Lobe) เกยขึ้น จากคุณสมบัติของสายอากาศแบบพื้นฐานสามารถจะปรับปรุงให้ใช้ประโยชน์ได้หลายแบบ



รูปที่ 3.2 รูปร่างของสายอากาศแบบยาก็-ยูดา'

รูปที่ 3.2 (ก) สายอากาศ 6 อีเลเมนต์แบบมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สง. (ข) แอเรียจำนวนมากเบย์กันอยู่ ภาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) รอดรีเฟล็คเตอร์คู่ (Double Reflector Rods)

(ง) ฉากของรีเฟล็คเตอร์ (Reflector Screen)

(จ) การเพิ่มอัตราส่วน F/b โดยให้มีระยะเป็น $\lambda/4$ ลากตั้งฉากกับเส้นระดับ

(ฉ), (ช), (ซ) การทำให้เกิดแพทเทิร์นของการแพร่คลื่นสำหรับการประยุกต์ใช้งานเป็นพิเศษ

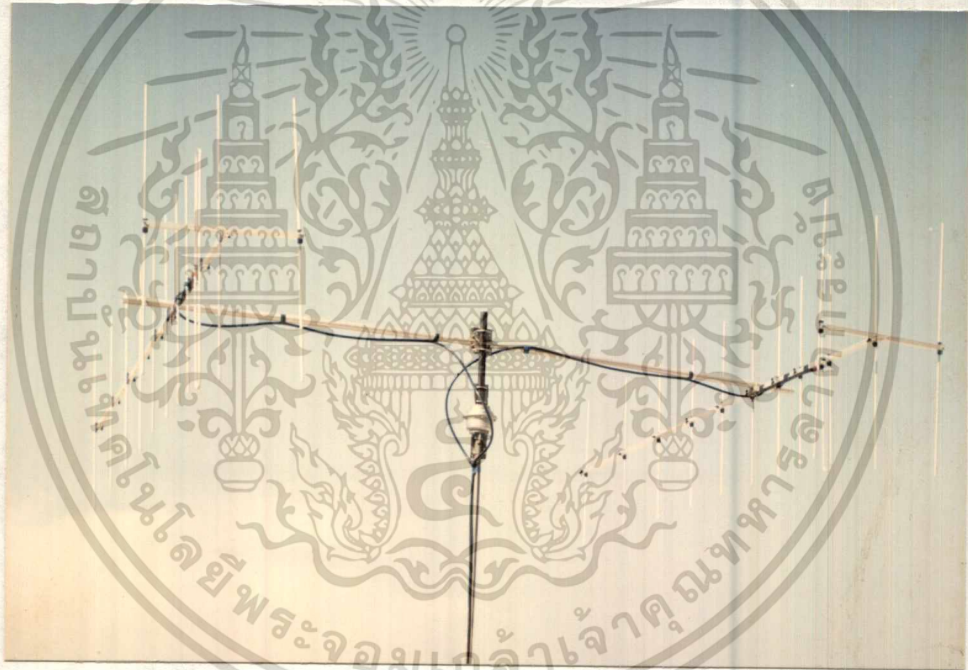
ดังแสดงในรูปที่ 3.2 สายอากาศพื้นฐานดังรูป (ก) สามารถนำมาต่อเรียงแถวเป็นแผง (แอเรย์) ตามทางยาวหรือแอเรย์ตามแผนผังที่ออกแบบไว้ในรูป (ข) เมื่อสายอากาศตัวเดียวอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม แอเรย์ของสายอากาศ N จะมีอัตราขยายกำลัง (Power Gain) N^2 ด้วยเวลานานเท่ากับสายอากาศตัวเดียว และมีการสูญเสีย (Loss) จากการจ่ายของฟีดเคอร์ต่ำ ดังรูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของแกนและระยะการแอเรย์สำหรับสายอากาศแบบยาคิ-ยูคาที่มีขนาดเปลี่ยนไป ระยะห่างของแอเรย์อาจจะใช้เมื่อต้องการให้มีการหักล้างอย่างลึก (Deep Null) ในตำแหน่งที่ต้องการความละเอียด แต่ด้านหน้าจะมีแกนลดลงเล็กน้อย

จำนวนของอีเลเมนต์	อัตราขยาย (dBi)	ระยะห่างของการแอเรย์, λ
3	7	0.7
4	9	1.0
6	10.5	1.25
8	12.5	1.63
12	14.5	1.8
15	15.5	1.9
18	16.5	2.0

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลตัวอย่างสำหรับสายอากาศแบบยาคิ-ยูคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบนด์วิดท์ที่สูงขึ้นอาจจะทำให้อัตราส่วนฟรอนท์-ทู-แบ็ค (Front-To-Back Ratio) เพิ่มขึ้นได้โดยการเปลี่ยนรอดีฟเลกเตอร์ (Reflector Rod) ตัวเดียวเป็นรอดแบบขนานสองหรือสามตัว ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2 (ค) อัตราส่วนแบ็ค-ทู-ฟรอนท์ (Back-To-Front Ratio) ของสายอากาศแบบยาคิ-ยูคา อย่างง่ายอาจเพิ่มทั้งคู่โดยการเพิ่มขนาดของฉาก ดังแสดงในรูปที่ 3.2 (ง) หรือโดยการเอเรย์สายอากาศสองตัวเข้าแทนที่รอดแกนด้วย $\lambda/4$ โดยให้ส่วนที่เพิ่มขึ้น $\lambda/4$ ของฟีดเคอร์เคเบิลอยู่ด้านหน้าของสายอากาศดังแสดงในรูป 3.2 (จ) การออกแบบฉากที่ดีจะทำให้ได้อัตราส่วนแบ็ค-ทู-ฟรอนท์ มีค่าสูงถึง 40 ดบี. (dB) ในขณะที่การหาจากระบบควอดราเจอร์-เฟด (Quadrature-Fed) ได้ประมาณ 26 ดบี.



รูปที่ 3.3 สายอากาศยาคิ-ยูคา 10 อีเลเมนต์ 2 เมตร

โพลาไรเซชันแบบวงกลม (Circular Polarization) สามารถใช้สายอากาศยาคิ-ยูคา แบบขนานได้โดยการเอาสายอากาศมาเข้าคู่กัน (Pair) ตั้งขึ้นบนบูมร่วมกัน (Common Boom) โดยตั้งอีเลเมนต์ของมันให้ได้มุมที่ถูกต้องโดยที่สายอากาศทั้งสองตัวจะต้องแปรกกันในควอดราเจอร์เฟส (Phase Quadrature) ดังนั้นต้องป้อน (Fed) ในควอดราเจอร์หรือป้อนในเฟสและเข้าแทนที่ซึ่งกันและกันโดยมีบูมของ $\lambda/4$ ร่วมด้วย จากการเอเรย์สายอากาศแบบยาคิ-ยูคาทำให้ได้ประโยชน์เพิ่มขึ้นคือ ใช้ได้นาน อีเลเมนต์ของมันเป็นแบบปิดกั้นใช้เป็นต้นแบบ (Example) มีวงแหวนหลายวง (ถ้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสี่เหลี่ยมจัตุรัสหลายรูป (Rings and Squares) สำหรับปริญญานิพนธ์นี้ใช้สายอากาศยาคิ-ยูคา 10 อีเลเมนต์ 2 เบย์ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งจะทำให้มีวิคท์แคบลงได้ทิศทางถูกต้องแม้ยั้งขึ้น

3.1.3 โรเตอร์สายอากาศ

สำหรับการควบคุมการหมุนของสายอากาศในการหาทิศทางสัญญาณวิทยุ นั้น ในปริญญานิพนธ์นี้ควบคุมโดยการโรเตอร์และคอนโทรลเลอร์สายอากาศรุ่น G-250 ของบริษัทยาเอสซีมิวเซ็น จำกัด (Yaesu Musen Co.,Ltd) ประเทศญี่ปุ่น สามารถศึกษารายละเอียดได้จากภาคผนวก จ. และคู่มืออ้างอิงที่กล่าวไว้ในบรรณานุกรมท้ายเล่ม

3.1.4 วงจรจุดชนวนเบื้องต้นสำหรับการควบคุมเฟสเต็มคลื่น

วงจรจุดชนวนควบคุมเฟสเต็มคลื่นเป็นวงจรที่ปรับปรุงมาจากวงจรจุดชนวนควบคุมเฟสครึ่งคลื่น ถ้าหากในวงจรใช้ทรานซิสเตอร์เป็นไตรแอด เราสามารถใช้วงจรจุดชนวนควบคุมเฟสเต็มคลื่นได้เหมือนกับวงจรจุดชนวนควบคุมเฟสครึ่งคลื่น สำหรับทรานซิสเตอร์ในวงจรที่ใช้เป็นเอสซีอาร์ สองตัวต่อขนานแต่กลับขั้วกัน เราอาจใช้วงจรจุดชนวนควบคุมเฟสครึ่งคลื่นมาเป็นวงจรจุดชนวนควบคุมเฟสเต็มคลื่นได้บางวงจร

วิธีจุดชนวนควบคุมเฟสเต็มคลื่นทำได้ 2 วิธีคือ

- 1.วิธีการจุดชนวนใช้วงจรกวัดแกว่งรีเล็กเซชัน
- 2.วิธีการจุดชนวนแบบใช้การควบคุมแรมปีและพีเคสทอลล์

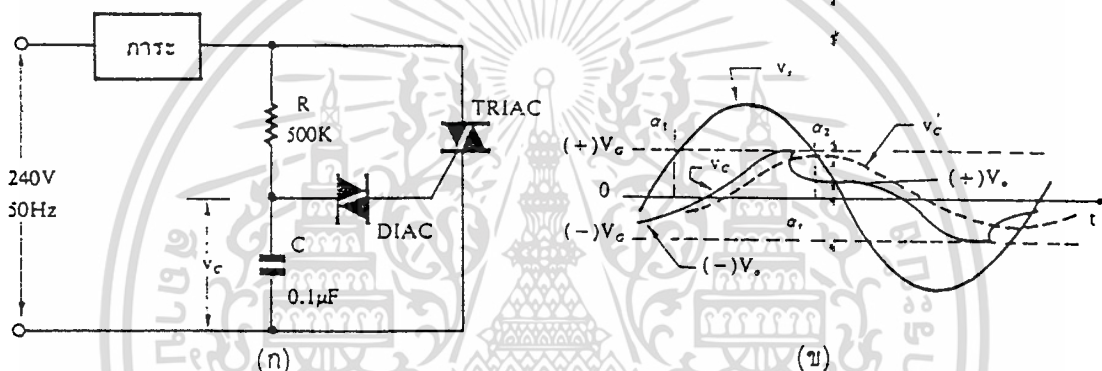
วิธีจุดชนวนควบคุมเฟสเต็มคลื่นที่ใช้สำหรับการออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์เอซีในปริญญานิพนธ์นี้ได้แก่ การจุดชนวนแบบใช้วงจรกวัดแกว่งรีเล็กเซชัน แสดงรายละเอียดได้ดังจะได้กล่าวต่อไปนี้

วิธีการจุดชนวนใช้วงจรกวัดแกว่งรีเล็กเซชัน

รูปที่ 3.4 (ก) แสดงถึงวงจรจุดชนวนควบคุมเฟสเต็มคลื่นแบบเบื้องต้นที่ใช้โคแอกกับไตรแอด ซึ่งมีรูปลักษณะคล้ายกับวงจรจุดชนวนครึ่งคลื่นแต่มีข้อแตกต่างสำคัญอยู่ที่ แรงดันที่เหลื่ออยู่บนตัวเก็บประจุ V_C ตรงจุดที่เริ่มต้นของแต่ละครึ่งวัฏจักรต้องมีศักย์ตรงข้ามกับศักย์ของแรงดันจุดชนวน V_G อันต่อไป รูปคลื่น V_C แสดงไว้ในรูปที่ 3.4 (ข) ซึ่งเป็นรูปคลื่นที่มีการจุดชนวนข้างที่ในแต่ละครึ่งวัฏจักร ถ้าเราเพิ่มค่า R_1 ขึ้นเล็กน้อย รูปคลื่นแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุจะเปลี่ยนใหม่เป็น V'_C ดังแสดงด้วยเส้นประในรูปที่ 3.4 (ข) ซึ่งเราจะเห็นว่า V_C มีค่าน้อยกว่า V_G ดังนั้นโคแอกจะไม่เปิดกระแสและไม่มีการจุดชนวนเกิดขึ้น และถ้าในครึ่งวัฏจักรก่อนได้มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดชนวนเรียบร้อยแล้วและมีแรงดัน V_0 เหลือค้างอยู่บน C ก็จะคงค้างอยู่นั้นต่อไป ถ้าเราต้องการให้มีการจุดชนวนเกิดขึ้นใหม่ เราต้องลดค่า R_1 เพื่อให้ค่า V_C มีค่าขึ้นสูงถึงค่า V_G แต่ใน การกระทำของเรา ถ้าเป็นจังหวะที่ V_C มีคัก้อย่างเดียวกันกับ V_0 แรงดันบน C จะบวกกันเป็น ผลให้ V_C มีค่าขึ้นสูงถึงค่า V_G รวดเร็วขึ้น เป็นสาเหตุให้มีการจุดชนวนเร็วขึ้นกว่าเดิมมาก จึงทำ ให้กระแสภาระกระโดดขึ้นจากค่าศูนย์เข้าสู่กระแสค่าใหญ่อย่างทันทีทันใดเรียกปรากฏการณ์ นี้ว่า "สแน็บออน" (Snap-On) ภายหลังจากการสแน็บออนได้เกิดขึ้นแล้ว เราสามารถควบคุม กระแสด้วยการควบคุมเฟสจาก α_1 ถึง α_2 ได้ตามปกติโดยไม่มีการสแน็บออนเกิดขึ้น



รูปที่ 3.4 (ก) วงจรจุดชนวนควบคุมเฟสเติมคลื่นแบบใช้ไดโอดและไทรแอก (ข) รูปคลื่นแรงดันของ (ก)

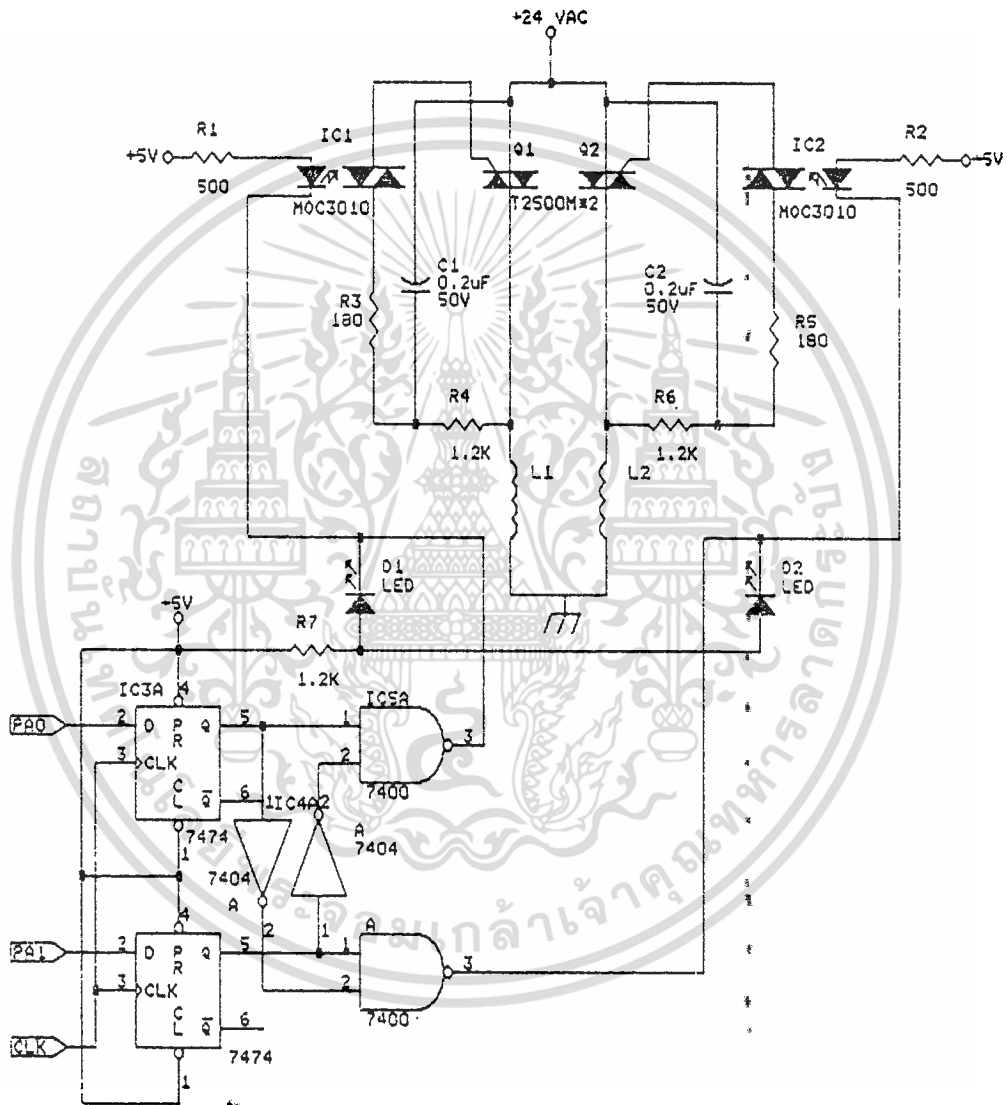
3.1.5 วงจรขับมอเตอร์ (Motor Driver)

เนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้เป็นแบบเอซิมอเตอร์ ใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟเอซี 24 โวลท์ ควบคุม การหมุนโดยใช้ไทรแอกเบอร์ T2500M เป็นตัวตัดต่อวงจร ซึ่งไทรแอกจะนำกระแสได้ก็ต่อเมื่อขา ที่ 3 มีแรงดันมาทริก ในการออกแบบจะใช้ออฟได้อิโซเลเตอร์ (Opto Isolator) เบอร์ MOC3010 เป็นตัวทริกเกอร์

เมื่อแยกแรงดันเอซี 24 โวลท์ออกจากแรงดันดีซี +5 โวลท์ และใช้พอร์ท PA (40) เป็นตัว ควบคุมการหมุนซ้ายหรือขวาของโรเตอร์ โดยการให้ PA0 ควบคุมการหมุนทางซ้าย และ PA1 ควบคุมการหมุนทางขวา จากวงจรจะใช้ดีฟลิปฟลอป (D Flip-Flop) เป็นตัวส่งข้อมูล และป้องกัน เอาท์พุทของแนนเกต (Nand Gate) เป็นลอจิก "0" ทั้งคู่ด้วยการต่อออกเกต (Not Gate) จาก เอาท์พุทของดีฟลิปฟลอปมาเข้าแนนเกต ทำให้เอาท์พุทของแนนเกตไม่มีโอกาสที่จะมีสถานะเป็น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นลอจิก “0” ทั้งคู่เป็นผลทำให้ไอโซเลเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งนำกระแสเสมอ

ถ้าไม่มีการส่งข้อมูลมาที่ PA (40) ก็จะทำให้เอาท์พุทแน่นอนทุกมีสถานะเป็นลอจิก “1” ตลอดเวลา ไตรแอกก็จะไม่นำกระแส ทำให้โรเตอร์ไม่ทำงาน

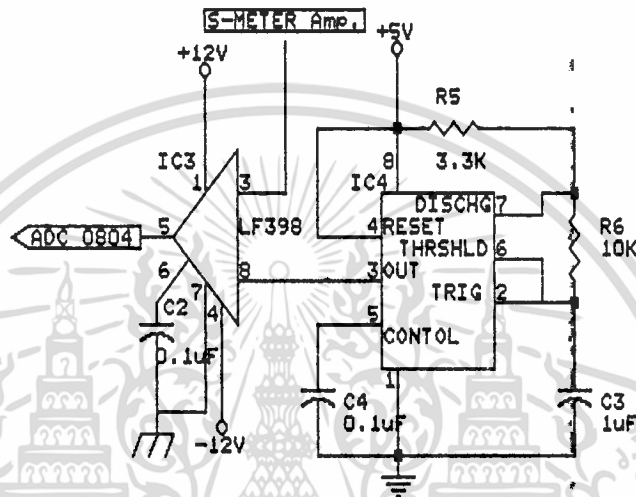


รูปที่ 3.5 วงจรขับมอเตอร์

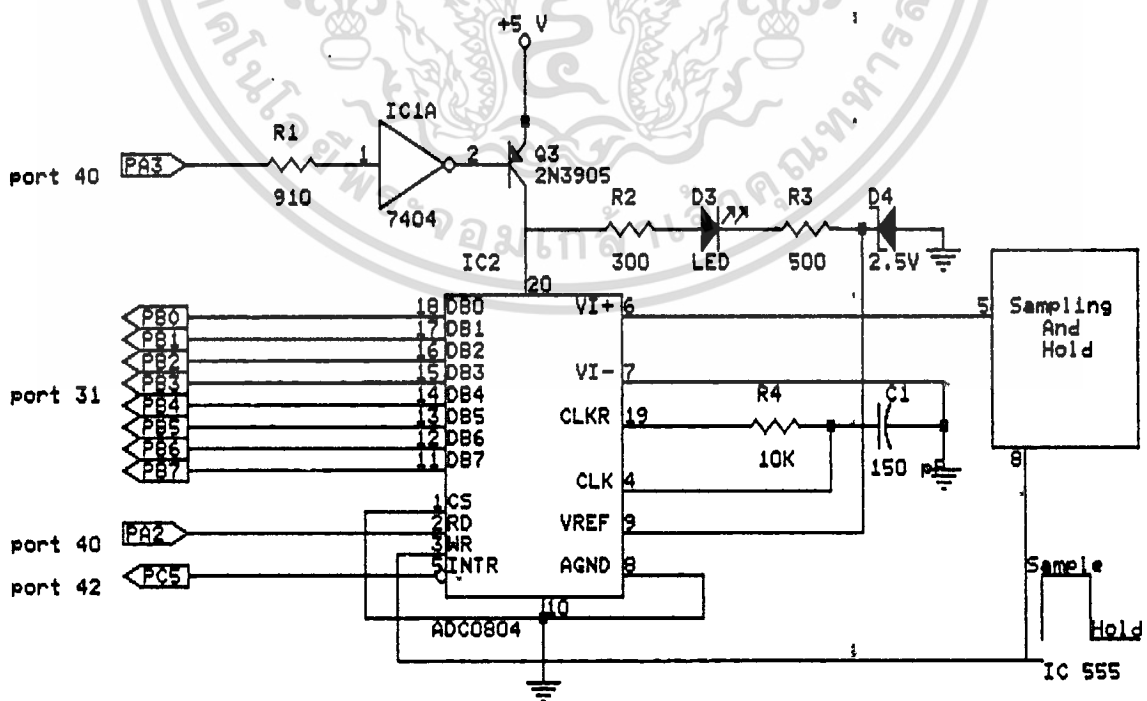
3.1.6 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ใช้กับโรเตอร์

ในการออกแบบวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล สำหรับปริยญาณินพจน์นี้ จะใช้ไอซีเบอร์ ADC0804 โดยเริ่มต้นเจ้าหน้าที่พอร์ท B (41) เป็นอินพุทพอร์ท และพอร์ท C (42) คำ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่มาจากวงจรแอส-มิเตอร์แอมป์ ที่ขา 3 จะมาคอยสภาวะของวงจรวางอยู่ในสภาวะใด ถ้าแชนเบิ้ล (Sample) คือที่ขา 8 มีสภาวะเป็น "1" ก็จะมีแรงดันออกทางเอาต์พุตที่ขา 5 แต่ถ้าขา 8 อยู่ในสภาวะลอจิก "0" ก็จะไม่มีการดันออกทางเอาต์พุตที่ขา 5 ซึ่งเอาต์พุตที่ขา 5 นั้นสามารถควบคุมได้ด้วยคาปาซิเตอร์ที่ต่ออยู่กับขา 6 โดยแรงดันดีซีที่ขา 5 จะถูกส่งไปยังขา 6 ของไอซี



รูปที่ 3.7 วงจรแชนป์ลิงแอนด์โฮลด์



เอกสารนี้รูปที่ 3.8 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ใช้กับวงจรแชนป์ลิงแอนด์โฮลด์ การคำนวณค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

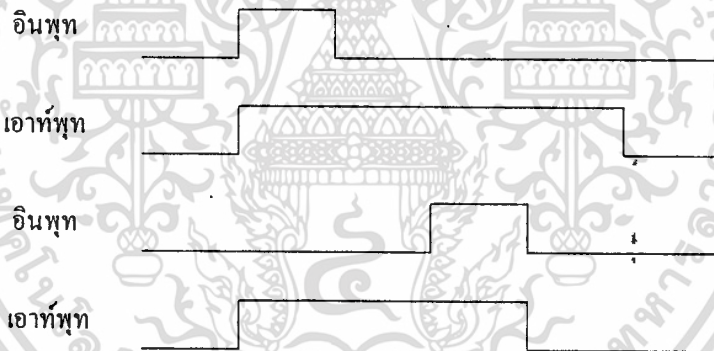
เบอร์ ADC0804 เพื่อทำการเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลต่อไป โดยการทำงานของวงจร ADC0804 นี้จะเหมือนกับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ใช้กับโรเตอร์ เพียงแต่เปลี่ยนพอร์ทเป็น PA2 , PA3 ของพอร์ท PA (40) และอินพุทพอร์ทเป็น PO5 และใช้พอร์ท B (81) แทน

3.1.8 วงจรแลมป์ (Lamp)

จากการออกแบบคุณสมบัติของวงจรแลมป์ซึ่งต้องการสภาวะการทำงาน 2 กรณีคือ

1. เมื่อกดคีย์แล้วไฟติดระยะเวลาหนึ่งแล้วจึงดับและถ้ามีการกดคีย์แลมป์อีกครั้งไฟก็จะดับ
2. เมื่อกดคีย์แล้วไฟจะติดไปตลอดเวลาและจะดับเมื่อมีการกดคีย์ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง

ในกรณีแรก จากวงจรจะเห็นได้ว่าจะใช้ไอซีเบอร์ 74123 ซึ่งเป็นไอซีโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์ (Monostable Multivibrator) ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์หนึ่งลูกที่มีคาบเวลาเท่ากับ $R \times C$ จากวงจรจะให้การทำงานดังนี้

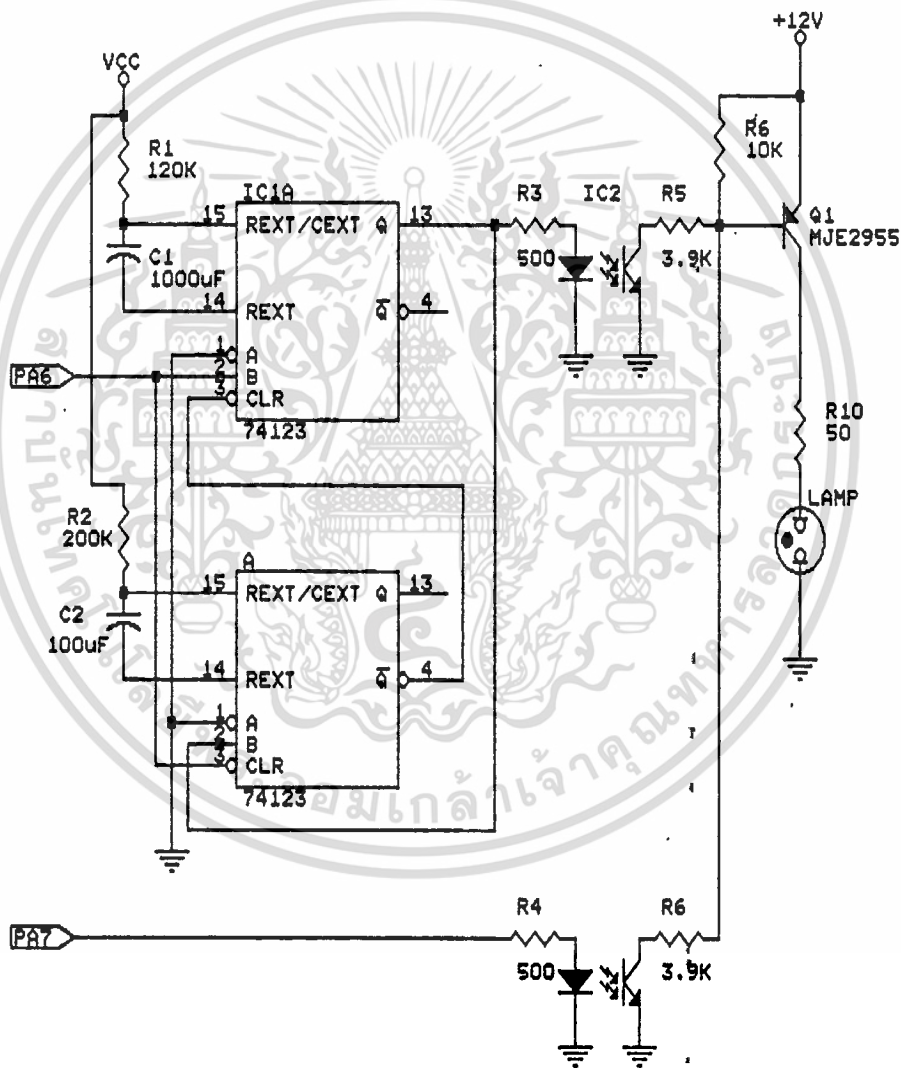


รูปที่ 3.9 สภาวะการทำงานของวงจรแลมป์

เมื่อมีการกดคีย์แลมป์ครั้งแรกก็จะส่งพัลส์ที่ PA6 มาหนึ่งลูก เมื่อกระตุ้นให้ไอซีเบอร์ 74123 กำเนิดพัลส์ออกมาหนึ่งลูก โดยสภาวะของไอซีเบอร์ 74123 ตัวแรกอยู่ในสภาวะดังนี้คือ $B = \uparrow$, $A = 0$, $CLR = H$ เนื่องจากขา \bar{Q} ของไอซีเบอร์ 74123 ตัวที่สองต่อในสภาวะ $B = \downarrow$, $A = 0$, $B = L = Q$ ของตัวแรก ก็จะได้ $\bar{Q} = H$ ตลอดเวลา ทำให้เราได้พัลส์ออกทางเอาต์พุทเป็นพัลส์เท่ากับคาบเวลาที่ต้องการ แต่ถ้ามีการกดคีย์ซ้ำ ไอซีเบอร์ 74123 ตัวที่สองซึ่งอยู่ในสภาวะ $A = 0$, $B = H$ ของตัวแรก เมื่อมีพัลส์คมลลบเข้ามาที่ขา CLR ของตัวแรกซึ่งต่อกับขา \bar{Q} อยู่ ก็จะมีสภาวะลอจิก "0" ทำให้ที่เอาต์พุทมีสภาวะเป็นลอจิก "0" ด้วย ถ้าเอาต์พุทมีสภาวะเป็นลอจิก "1" แอลอีซีของออปโตไอโซเลเตอร์ก็จะติด เปล่งแสงไปให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้เห็นเอกสารนี้แล้ว กรุณาอย่าเผยแพร่เอกสารนี้ไปยังผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์เบอร์ MJE295 นำกระแสด้วย แอลอีดี.และหลอดไฟก็จะติด แต่ถ้าเอาที่พุกของไอซีเบอร์ 74123 มีสถานะเป็นลอจิก "0" ทรานซิสเตอร์ เบอร์ MJE295 ก็จะหยุดนำกระแส ทำให้ แอลอีดี.และหลอดไฟดับ สำหรับในกรณีที่สองก็จะให้สถานะลอจิก"1" ที่ PA7 ก็จะทำให้แอลอีดี.ของออปโตไอโซเลเตอร์นำกระแสเปล่งแสงไปให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส ทำให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ MJE295 นำกระแสด้วยแอลอีดี.และหลอดไฟก็จะติดจนกว่า PA7 มีสถานะเป็นลอจิก"0" จึงทำให้หลอดดับ ดังนั้นถ้ามีการกดคีย์ซ้ำก็จะส่งลอจิก"0" มาที่ PA7

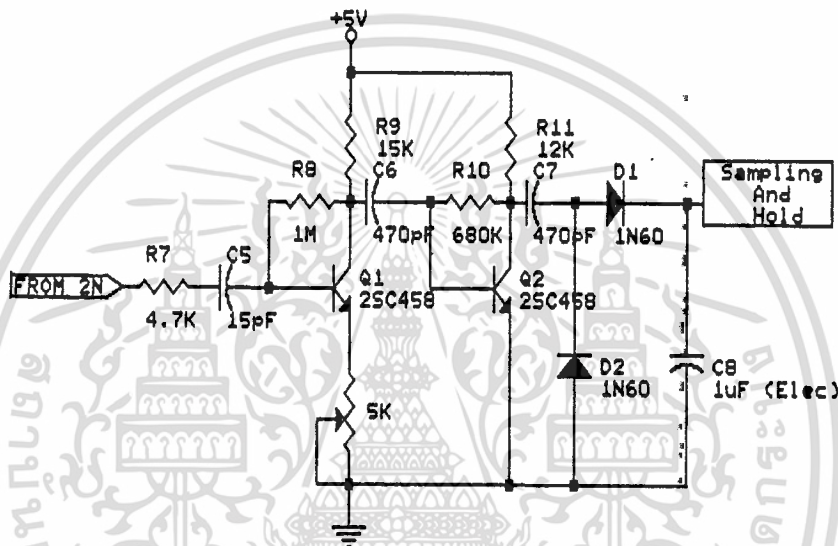


รูปที่ 3.10 วงจรแลมป์

3.1.9 วงจรเอส-มิเตอร์แอมป์ (S-Meter Amp.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารของกรมการสื่อสารแห่งประเทศไทย หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมการสื่อสารแห่งประเทศไทย ถือว่าผิดกฎหมาย

เพื่อทำการป้อนเข้าสู่วงจรแอมป์ลิงแอนด์โฮลด์ต่อไป โดยที่สัญญาณไอเอฟ 0.2 โวลท์มาเข้าที่ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC458 ทำการขยาย ซึ่งอัตราการขยายจะถูกควบคุมโดยวารีเอเบิลรีซิสเตอร์ VR 5 กิโลโห์มที่ต่อเป็น R_B อยู่ในวงจร สัญญาณเอาต์พุตที่ขา C ก็จะถูกคลิป์ (Clip) ด้วยตัวคาปาซิเตอร์ C_4 เข้าไปสู่ทรานซิสเตอร์ TR 2SC458 อีกตัวหนึ่งเพื่อขยายให้สูงขึ้น แล้วสัญญาณก็จะถูกตีเทคด้วยไดโอด 1N60 ให้เป็นแรงดันดีซีเพื่อส่งไปให้วงจรแอมป์ลิงแอนด์โฮลด์ต่อไป



รูปที่ 3.11 วงจร เอส-มิเตอร์แอมป์

3.1.10 วงจรแอ็ทเทนนูเอเตอร์ (Attenuator)

จากวงจรแอ็ทเทนนูเอเตอร์จะต่อรีซิสเตอร์แบบ π ซึ่งจะให้อัตราที่ 3 ดีบี, 10 ดีบี, 20 ดีบี และ 20 ดีบี โดยจะใช้ PA0-PA3 เป็นตัวควบคุม ทำให้ได้การลดทอนดังต่อไปนี้คือ

จากวงจรใช้ออฟได้อิโอสเตเตอร์ แยกแรงดัน +5 โวลท์ออกจากแรงดัน +12 โวลท์ เมื่อสถานะลอจิกที่ออกมาทางพอร์ท A มีสถานะเป็นลอจิก "1" ก็จะทำให้แอ็ทเทนนูเอเตอร์นำกระแสแปลงแสงไปให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส ทำให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC1384 นำกระแสด้วย เป็นผลทำให้รีเลย์ทำงานต่อวงจรแอ็ทเทนนูเอเตอร์ ตามตารางที่ 3.2

ส่วนรีเลย์ 5 กับรีเลย์ 6 จะทำหน้าที่เมื่อไม่ใช้วงจรแอ็ทเทนนูเอเตอร์ เนื่องจากรีเลย์ 5 กับรีเลย์ 6 เป็นโคแอ็ทเชียนรีเลย์ (Coaxial Relay) 50 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับโดยตรง แต่ถ้าต้องการใช้งานวงจรเอ็ทเทนนูเอเตอร์ก็จะส่งผ่าน PA6 และ PA7 ด้วย ลอจิก “1” ก็จะทำให้รีเลย์ 6 และรีเลย์ 7 ต่่วงจรเข้ากับวงจรเอ็ทเทนนูเอเตอร์เพื่อใช้งานต่อไป

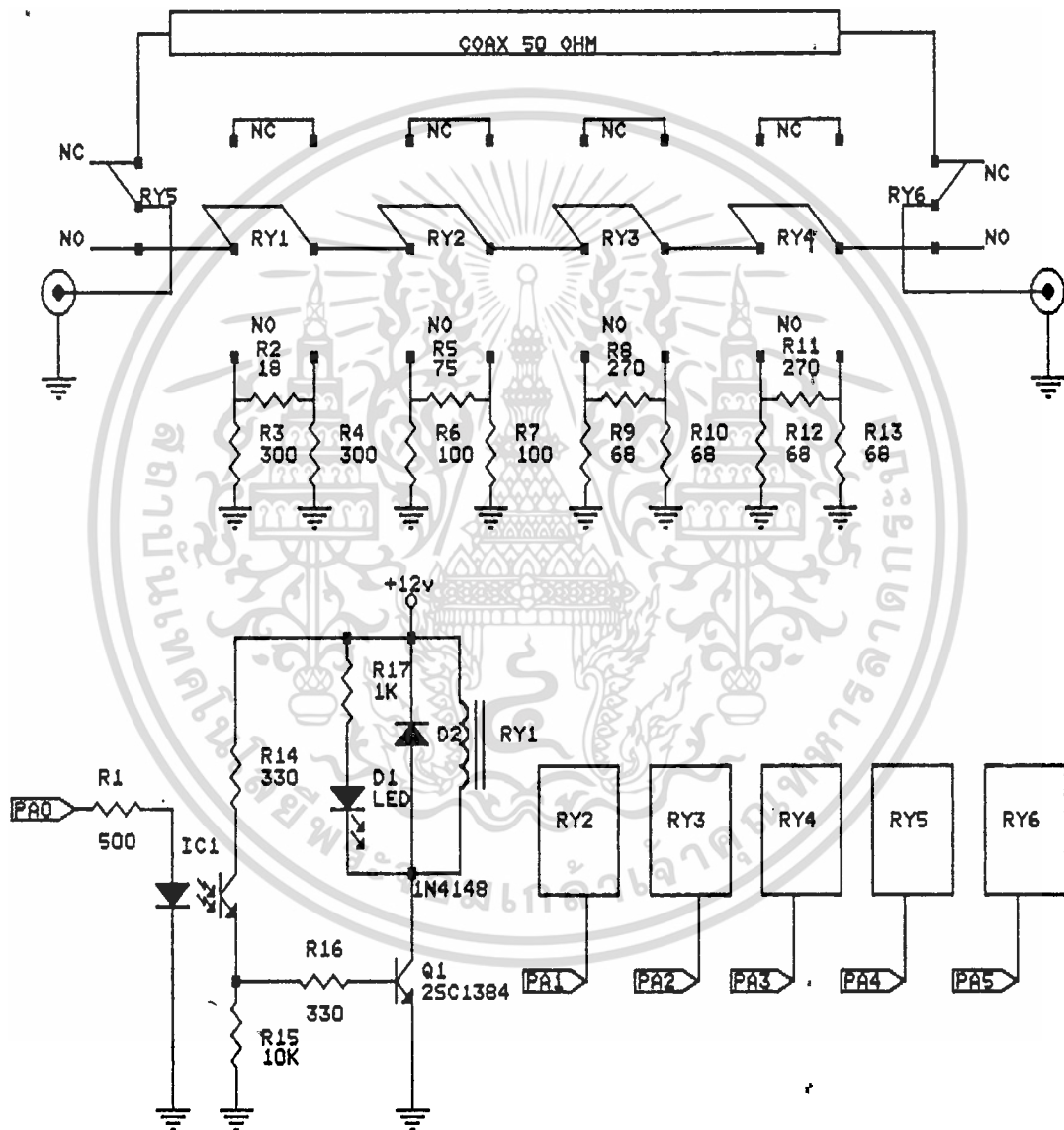
HEX	Binary Input (Port 30)				Output (dB)
	PA3	PA2	PA1	PA0	
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	3
2	0	0	1	0	10
3	0	1	1	1	13
4	0	1	0	0	20
5	0	1	0	1	23
6	0	1	1	0	30
7	0	1	1	1	33
C	1	1	0	0	40
D	1	1	0	1	43
E	1	1	1	0	50
F	1	1	1	1	53

ตารางที่ 3.2 การทำงานของวงจรเอ็ทเทนนูเอเตอร์

3.1.11 วงจรคีย์บอร์ด

การทำงานของวงจรคีย์บอร์ดเริ่มต้นโดยการเซ็ทให้พอร์ท C ทำหน้าที่ให้ บิต 0-3 เป็นเอาต์พุตพอร์ทและบิต 4-7 เป็นอินพุตพอร์ท โดยจะนำบิตที่ 0-3 ไปเข้าไอซีเบอร์ 74145 ซึ่งเป็น BCD To Decimal Decoder จะทำงานในลักษณะที่ให้เอาต์พุตมีสถานะเป็นลอจิก “0” จากวงจรคีย์บอร์ด เมื่อไม่มีการกดคีย์ใดๆ อินพุตพอร์ทจะมีสถานะเป็น F แต่ถ้ามีการกดคีย์ใดๆ แล้ว ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

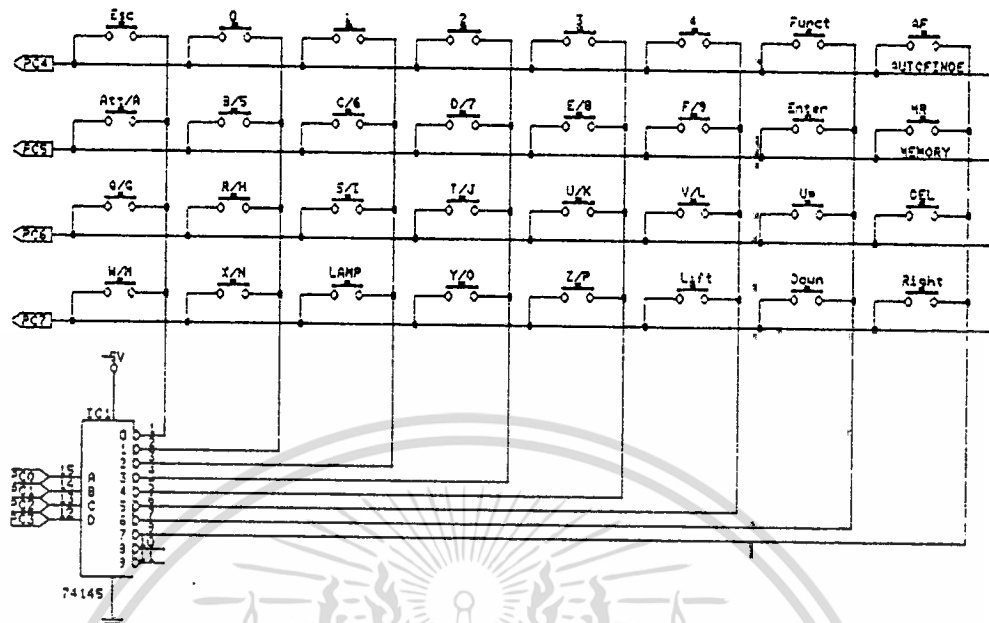
เนื่องจากสถานะที่เอาต์พุตของไอซีเบอร์ 74145 จะมีสถานะเป็น “0” ไปเรื่อย ๆ ดังนั้นเมื่อมีการกดคีย์ก็จะทำให้นั้นลงกราวนด์ ทำให้สถานะของขานั้นเป็น “0” อินพุตพอร์ทก็จะเข้ามาเป็นลอจิก “0” ด้วยเช่นกัน โดยวงจรนี้จะใช้คีย์จำนวน 32 คีย์ แต่เมื่อใช้คีย์ฟังก์ชัน (Key Function) ช่วยจะสามารถทำได้ถึง 64 คีย์ ซึ่งในที่นี้จะใช้งานจำนวน 48 คีย์ ดังแสดงในวงจร



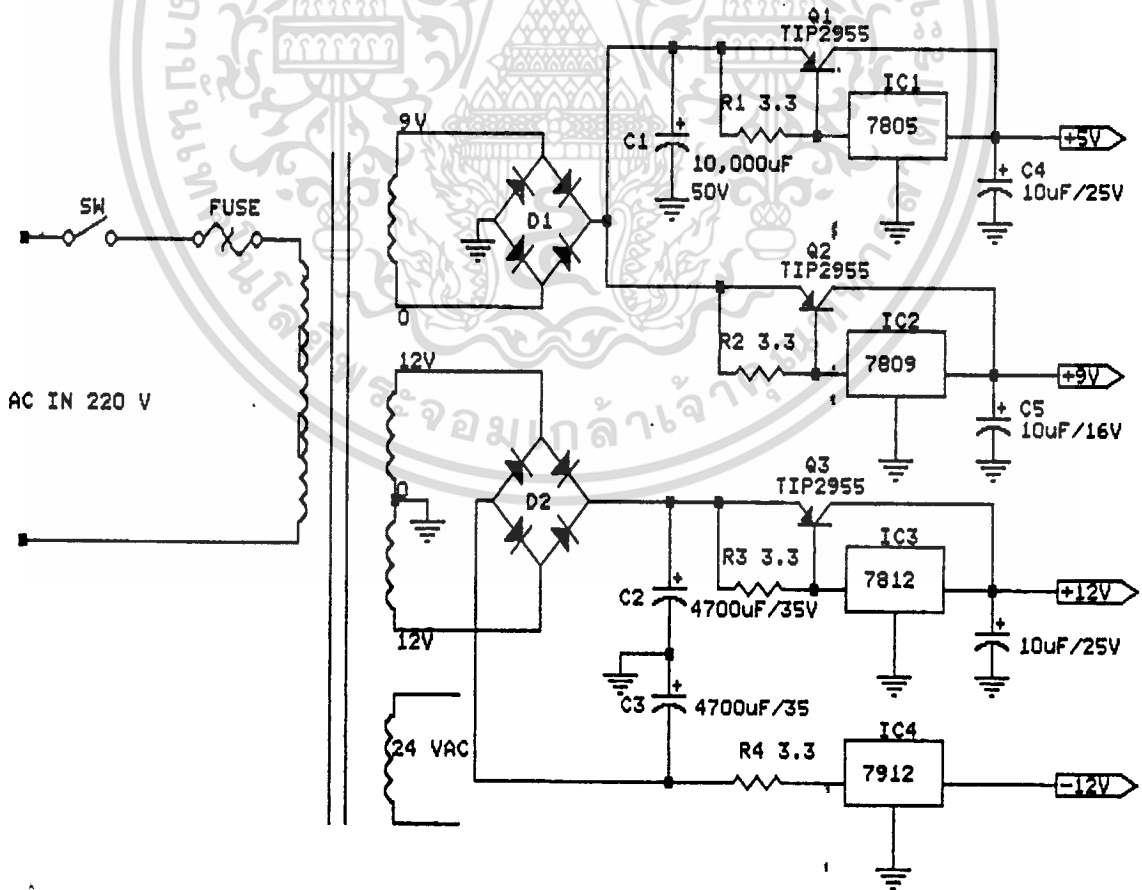
รูปที่ 3.12 วงจรแอ็ทเทนนูเอเตอร์

3.1.12 ภาคเพาเวอร์ซัพพลาย

การออกแบบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายที่ทำหน้าที่จ่ายแรงดันให้กับวงจรส่วนต่าง ๆ ของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้สำหรับกรณีใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่แนะนำให้ไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า เครื่องการศึกษาทางสัญญาณวิทยุ แสดงได้ดังรูปที่ 3.14 ซึ่งใช้หม้อแปลงแบบเทอร์อยด์ (Toroidal) ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 วงจรคีย์บอร์ด



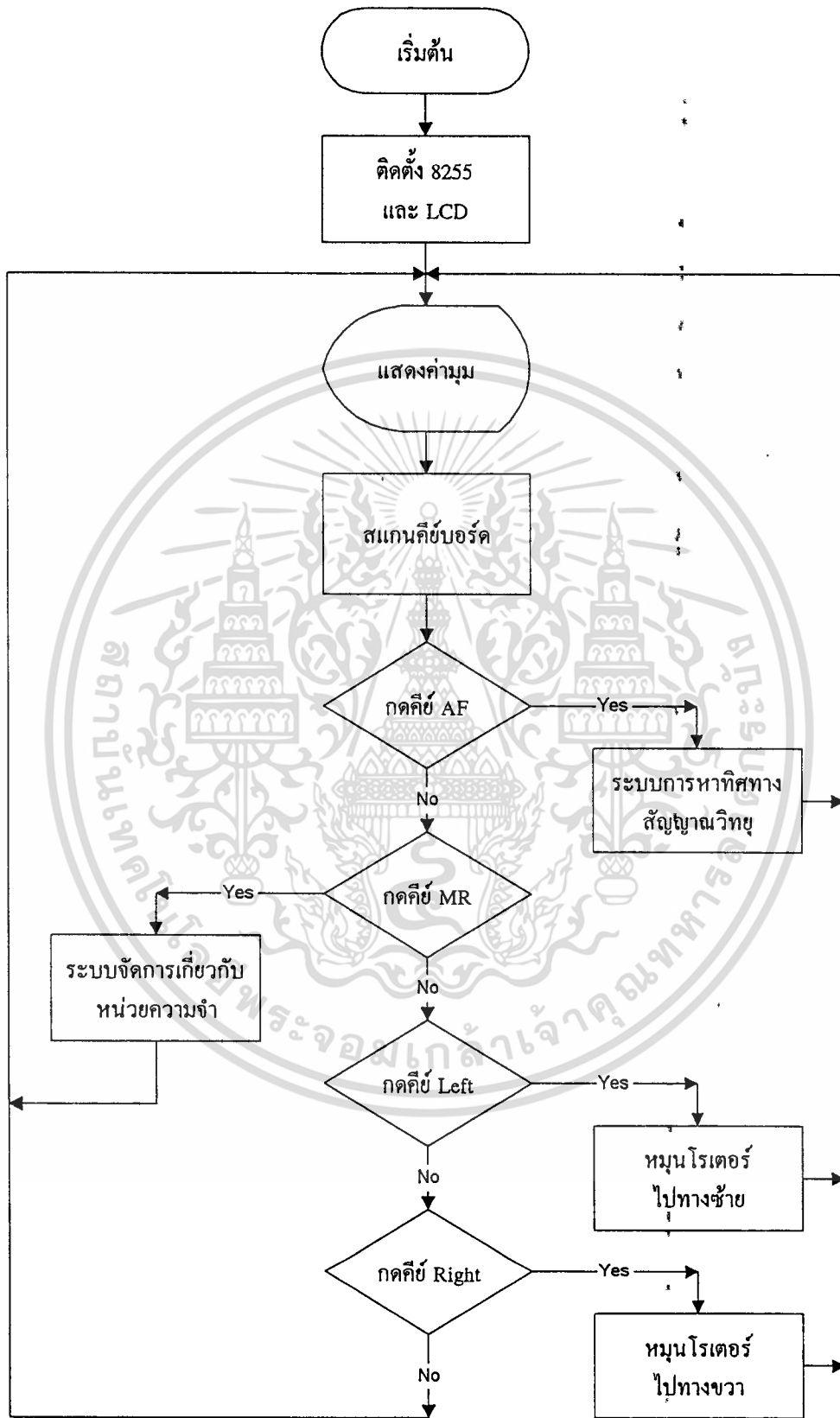
รูปที่ 3.14 วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูเชิงในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

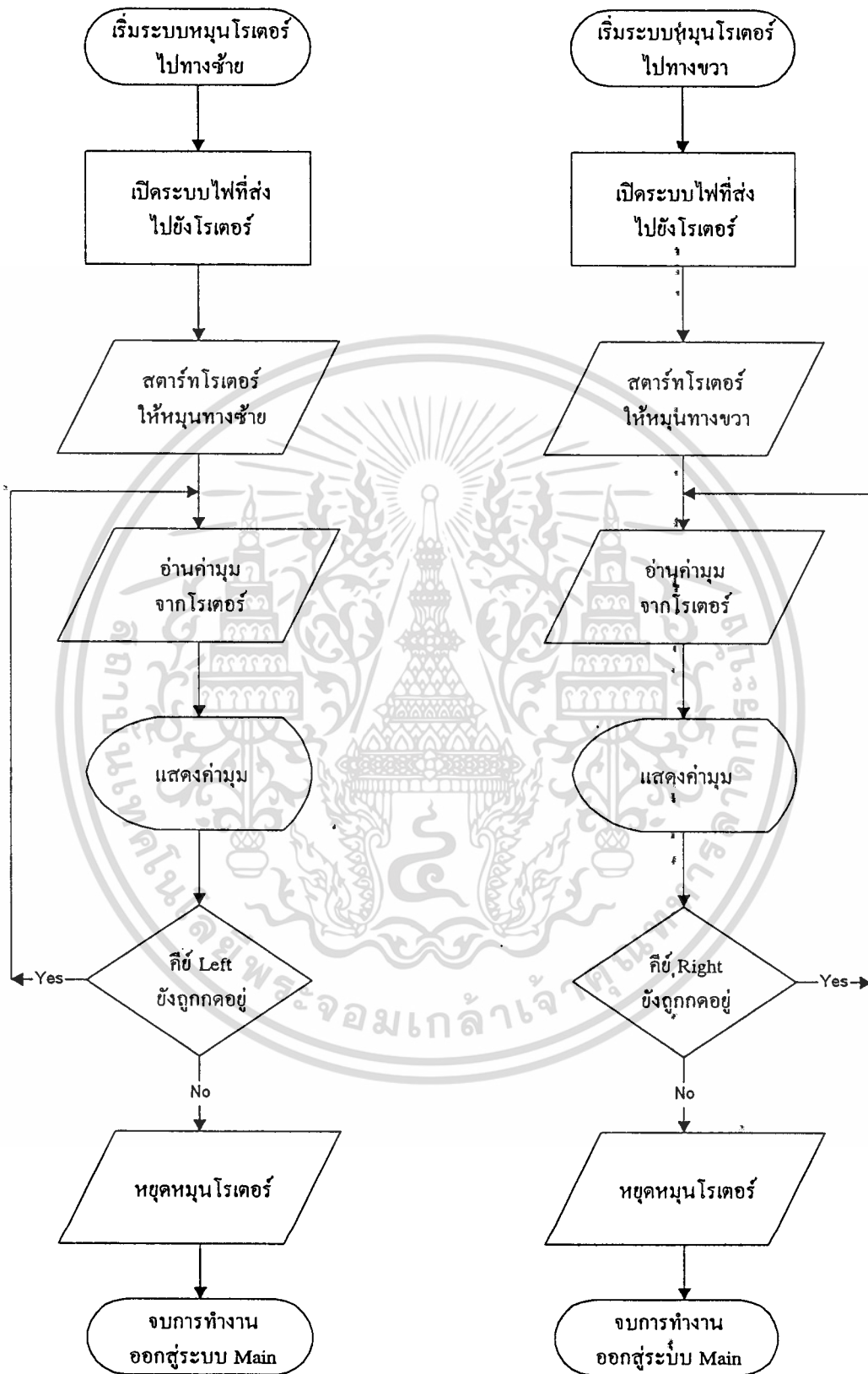
ทางด้านไพรมารี (Primary) 220 โวลต์เอซี และให้แรงดันออกทางด้านเซ็คคันดารี (Secondary) 9 โวลต์เอซี 12 โวลต์เอซี และ 12 โวลต์เอซี แล้วผ่านวงจรเร็กกูเลเตอร์โดยใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7805 , 7809 และ 7812 ตามลำดับ สำหรับไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7812 จะใช้สองตัวเพื่อให้ได้แรงดัน +12 โวลต์และ -12 โวลต์ สำหรับแรงดัน +12 โวลต์ป้อนให้กับวงจรแอมป์ลิงแอนด์โซลด์ วงจรแลมปี และวงจรเอ็ทเทนนูเอเตอร์ ส่วนแรงดัน -12 โวลต์ป้อนให้กับวงจรแอมป์ลิงแอนด์โซลด์ สำหรับแรงดัน +5 โวลต์ที่ได้จากสำหรับไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7805 ป้อนให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล วงจรแอมป์ลิงแอนด์โซลด์ วงจรเอส-มิเตอร์แอมป์และวงจรคีย์บอร์ด ส่วนแรงดัน +9 โวลต์ที่ได้จากสำหรับไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7809 จะป้อนให้กับเครื่องรับ-ส่งวิทยุ สำหรับแหล่งจ่ายแรงดันที่ป้อนให้กับวงจรขับมอเตอร์นั้น ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 3.1.5

3.2 การออกแบบโปรแกรม

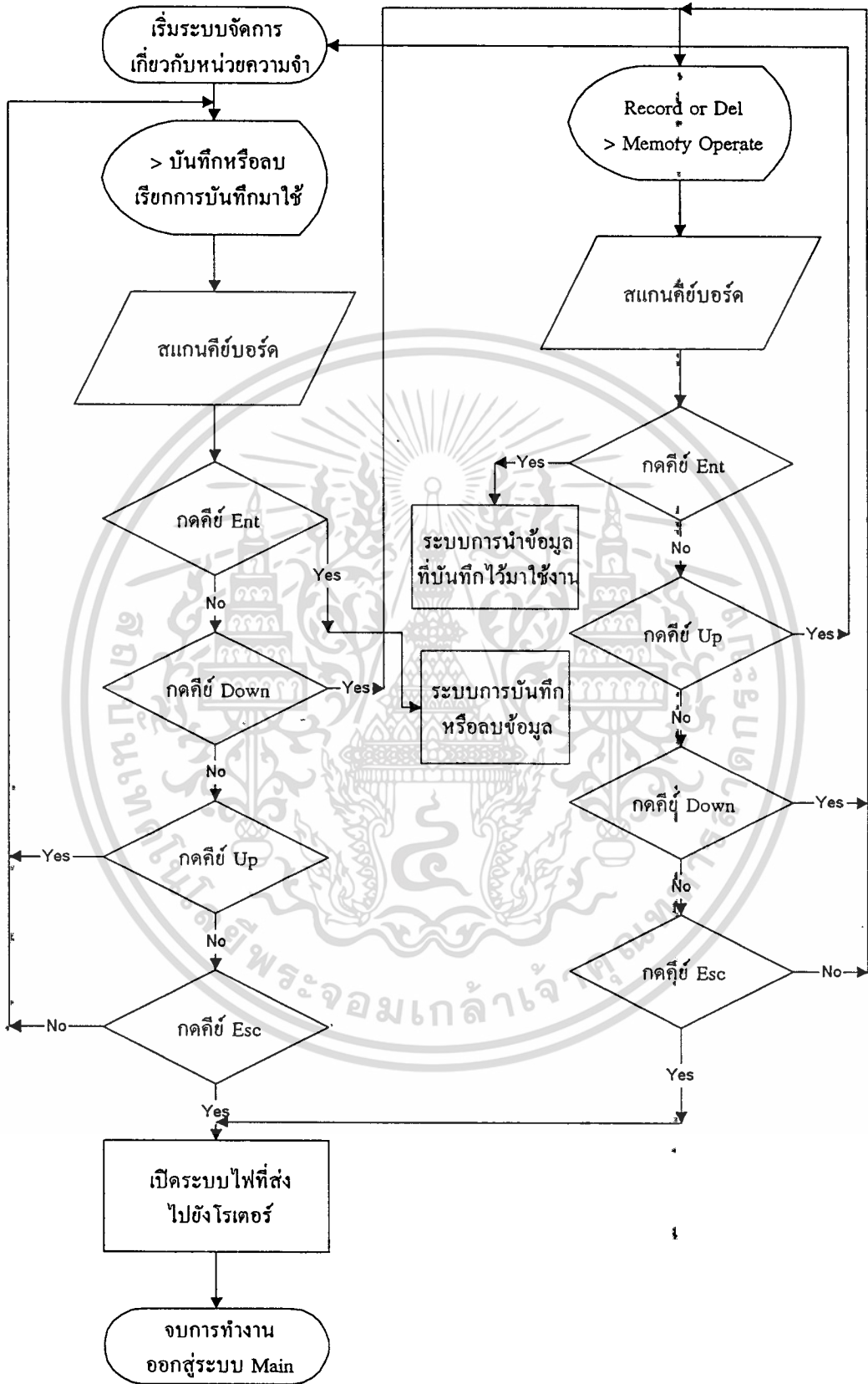
ในการออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบการทำงานของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุ ย่าน 140-149 เมกะเฮิรตซ์นั้น จะใช้โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมได้ดังแสดงไว้ในหน้าถัดไป โดยแสดงเป็นโฟลว์ชาร์ทรวมทุกโหมดการทำงานเข้าไว้ด้วยกัน และได้แสดงโฟลว์ชาร์ทการทำงานในแต่ละโหมดไว้โดยละเอียด



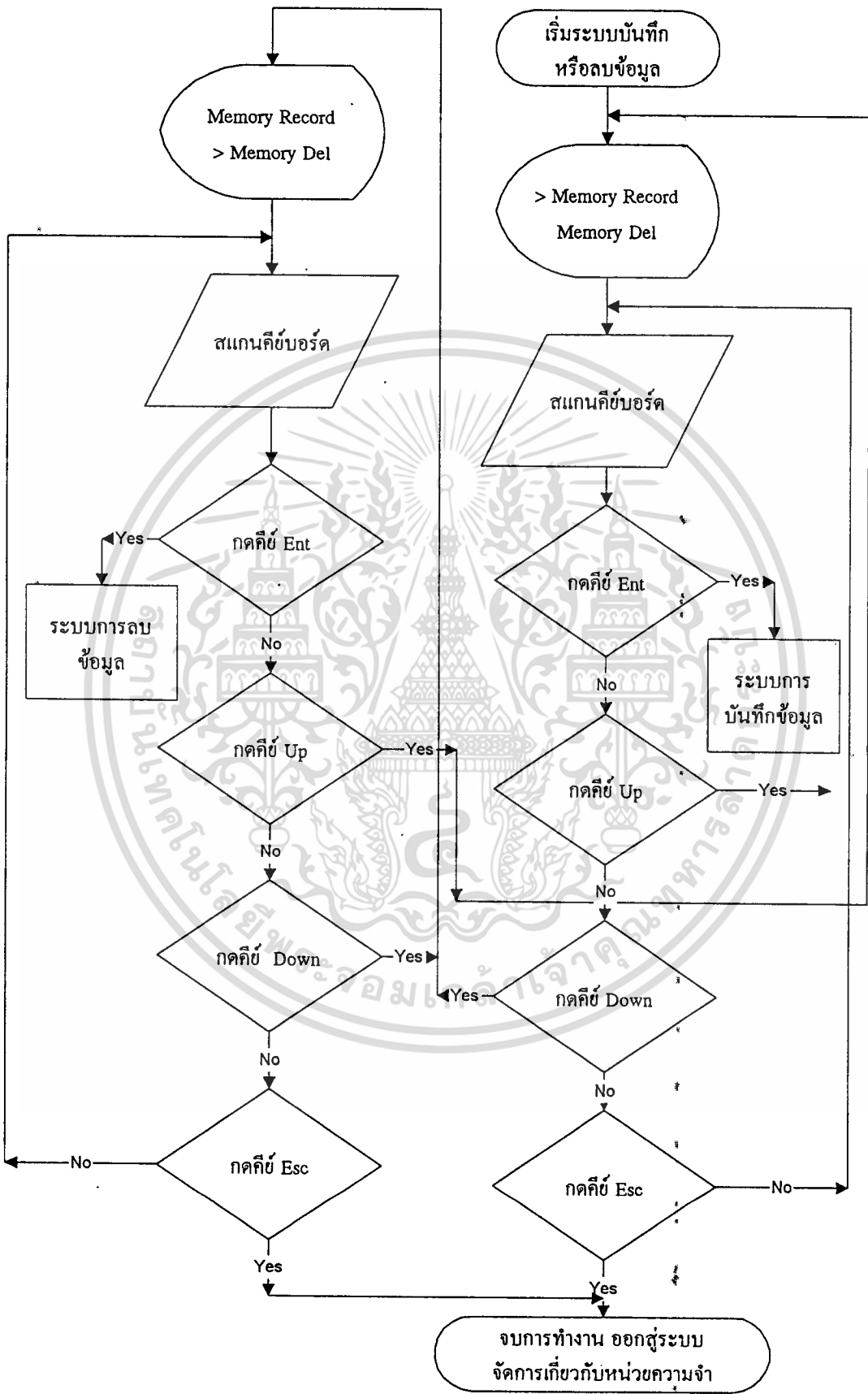
เอกสารนี้รูปที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของเครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุย่าน 140-149 เมกะเฮิร์ตซ์ การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



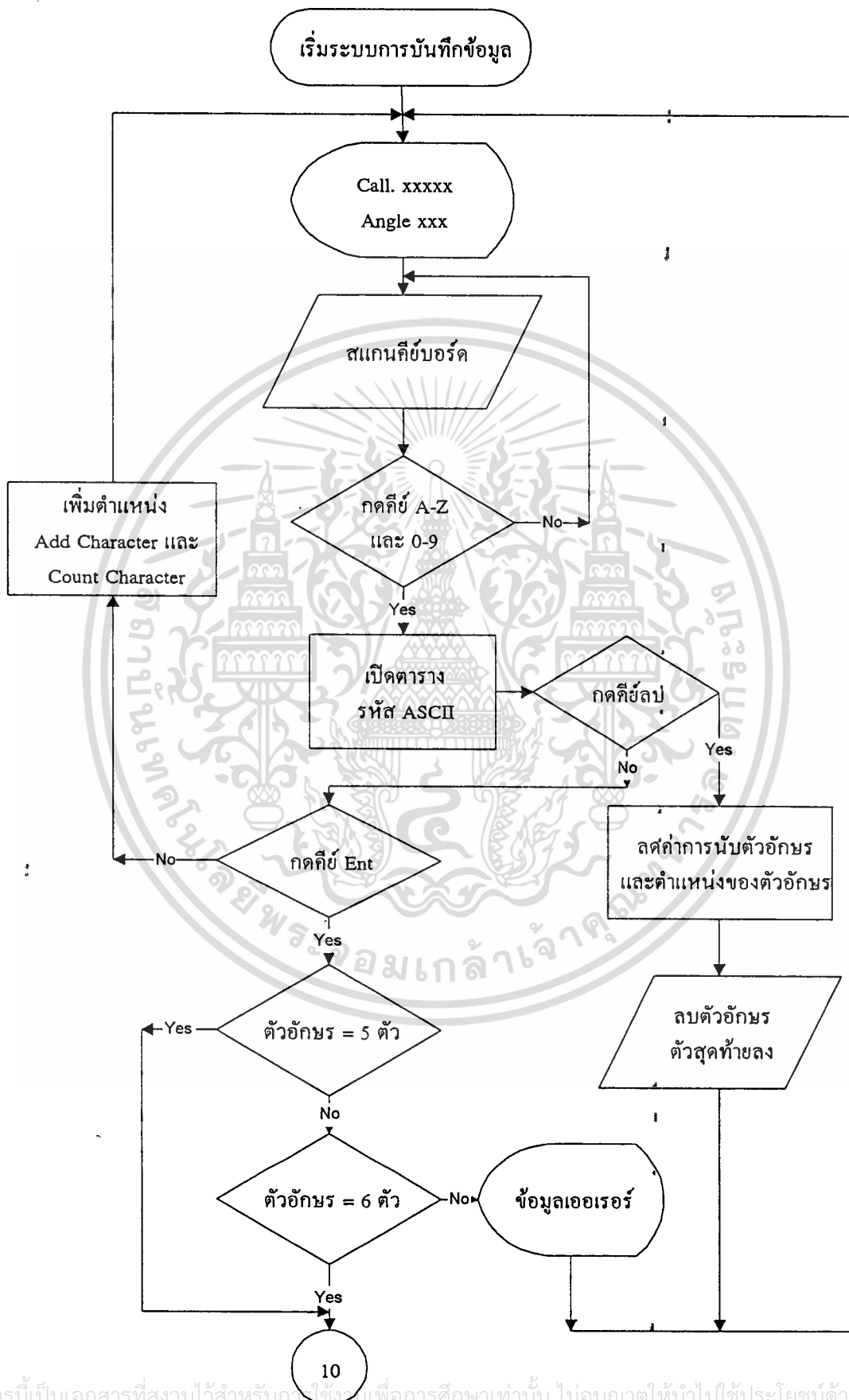
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



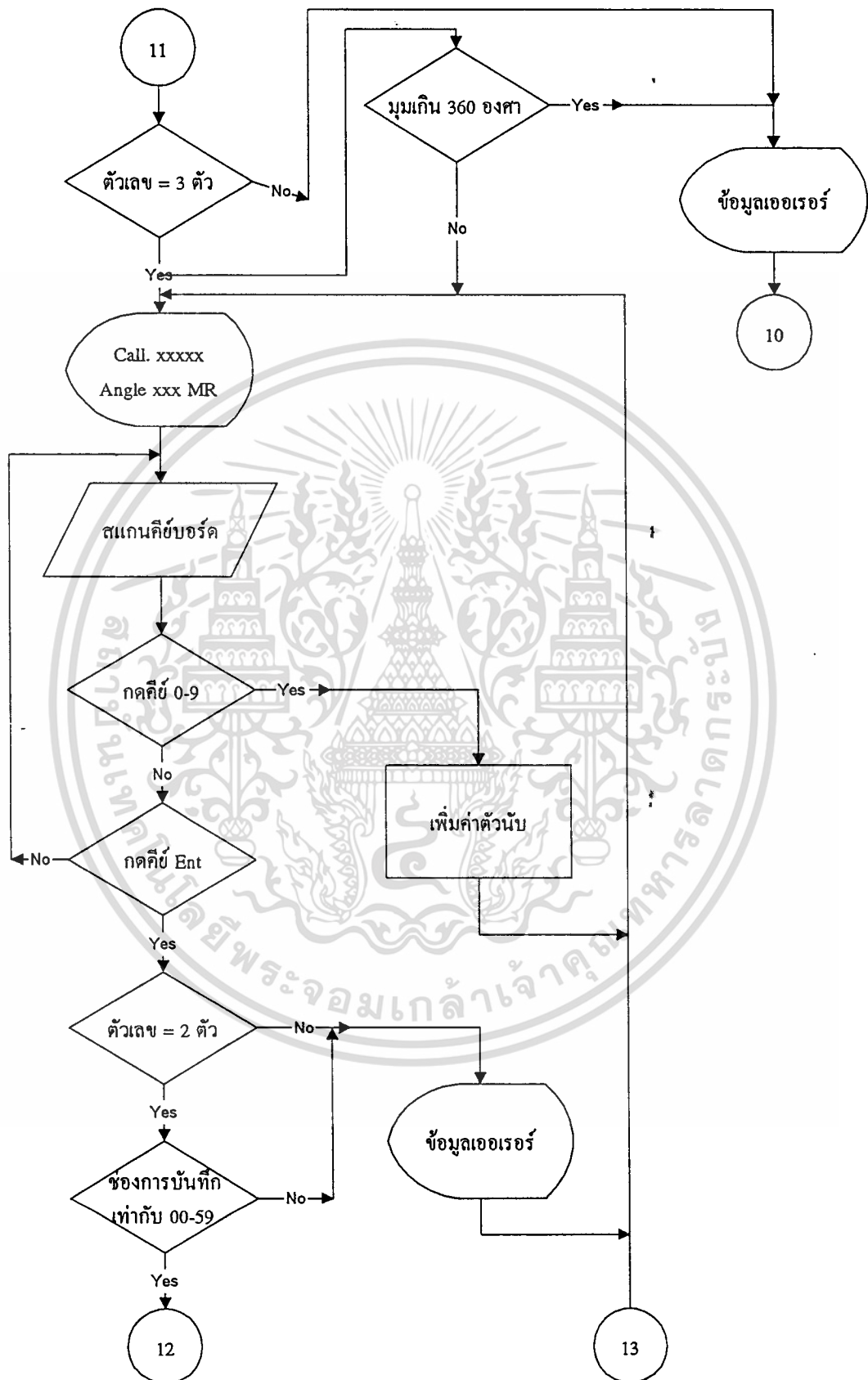
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



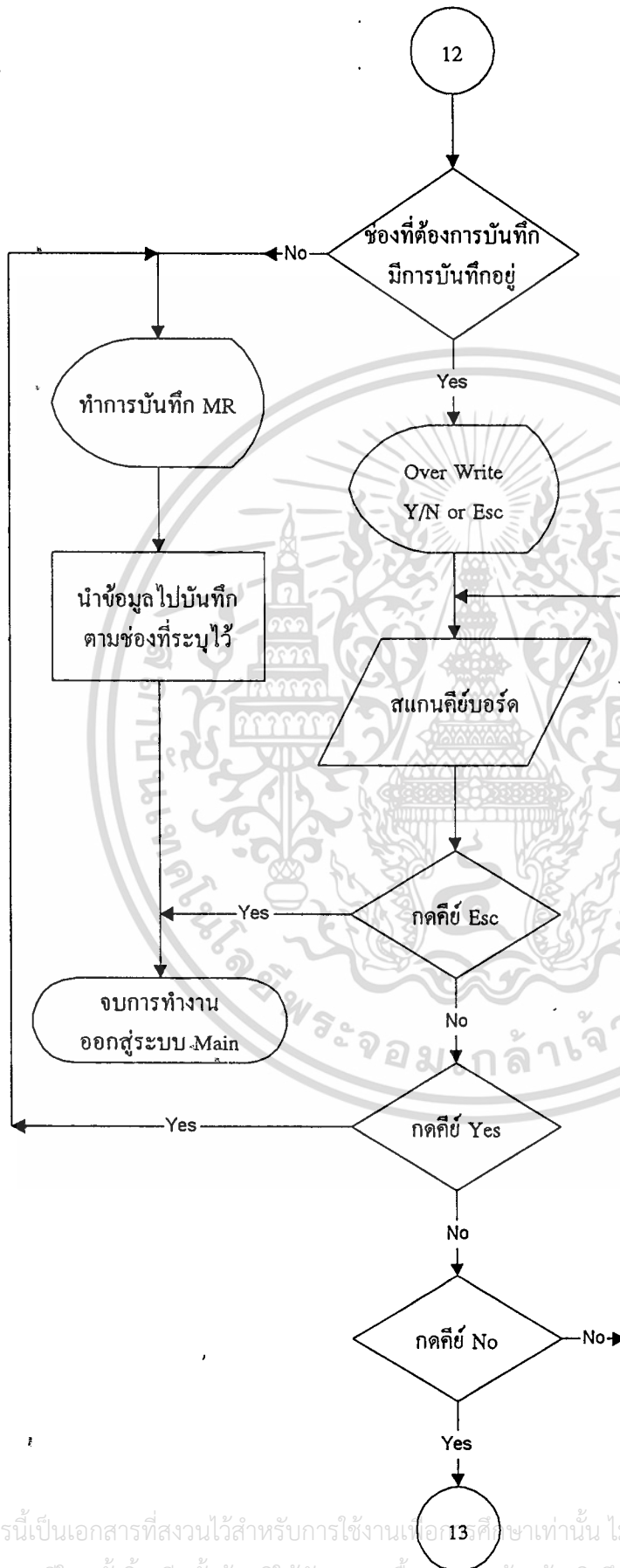
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



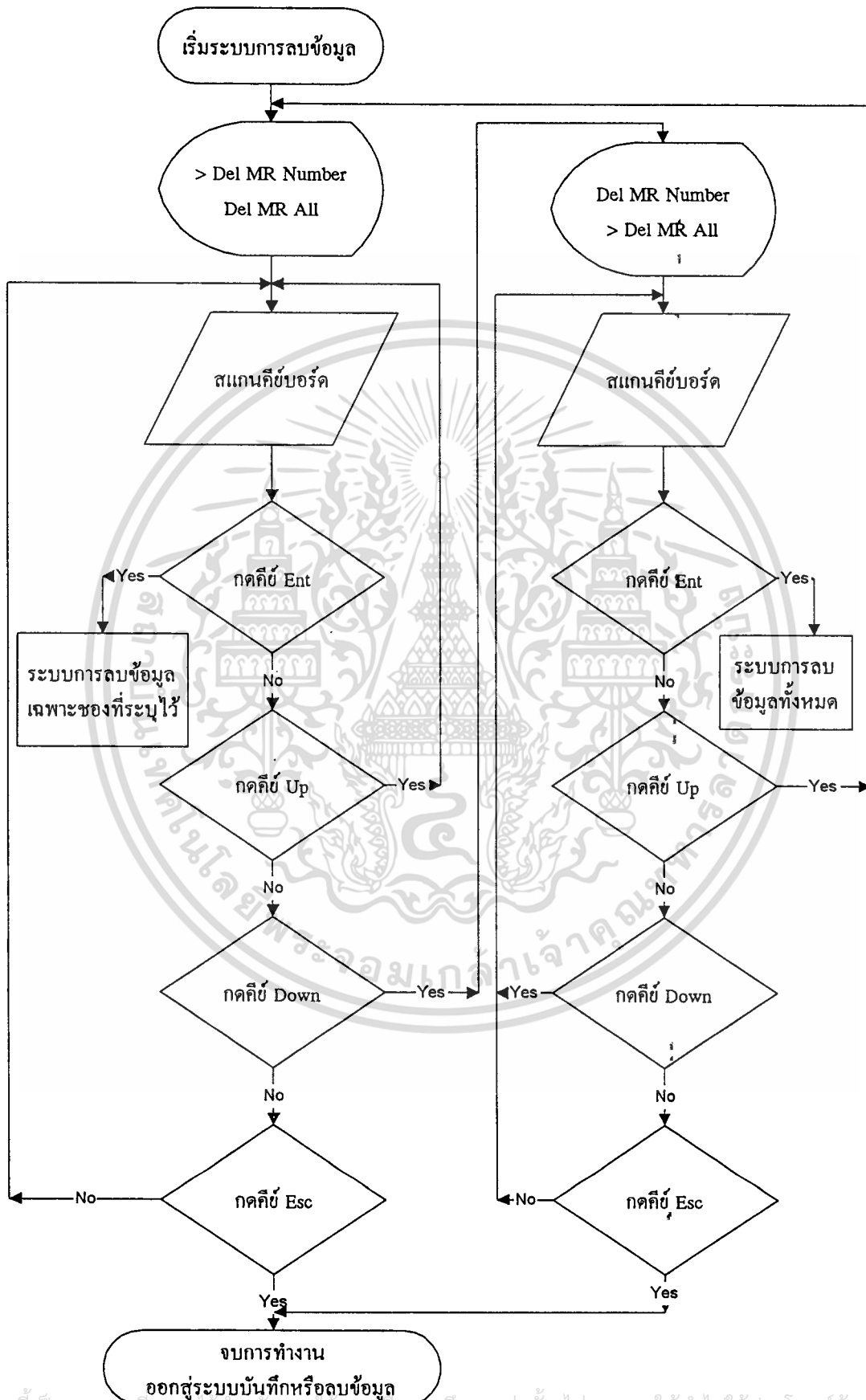
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

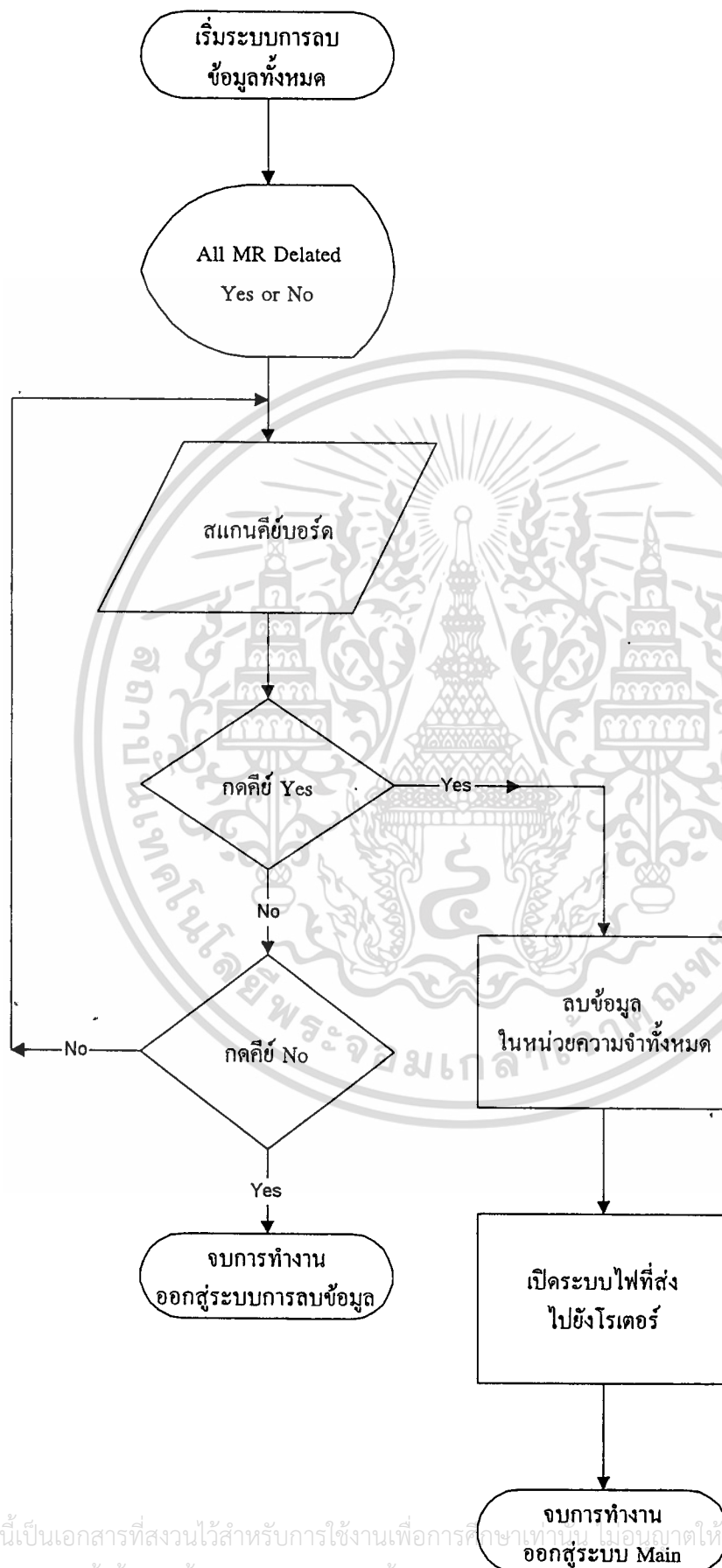


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

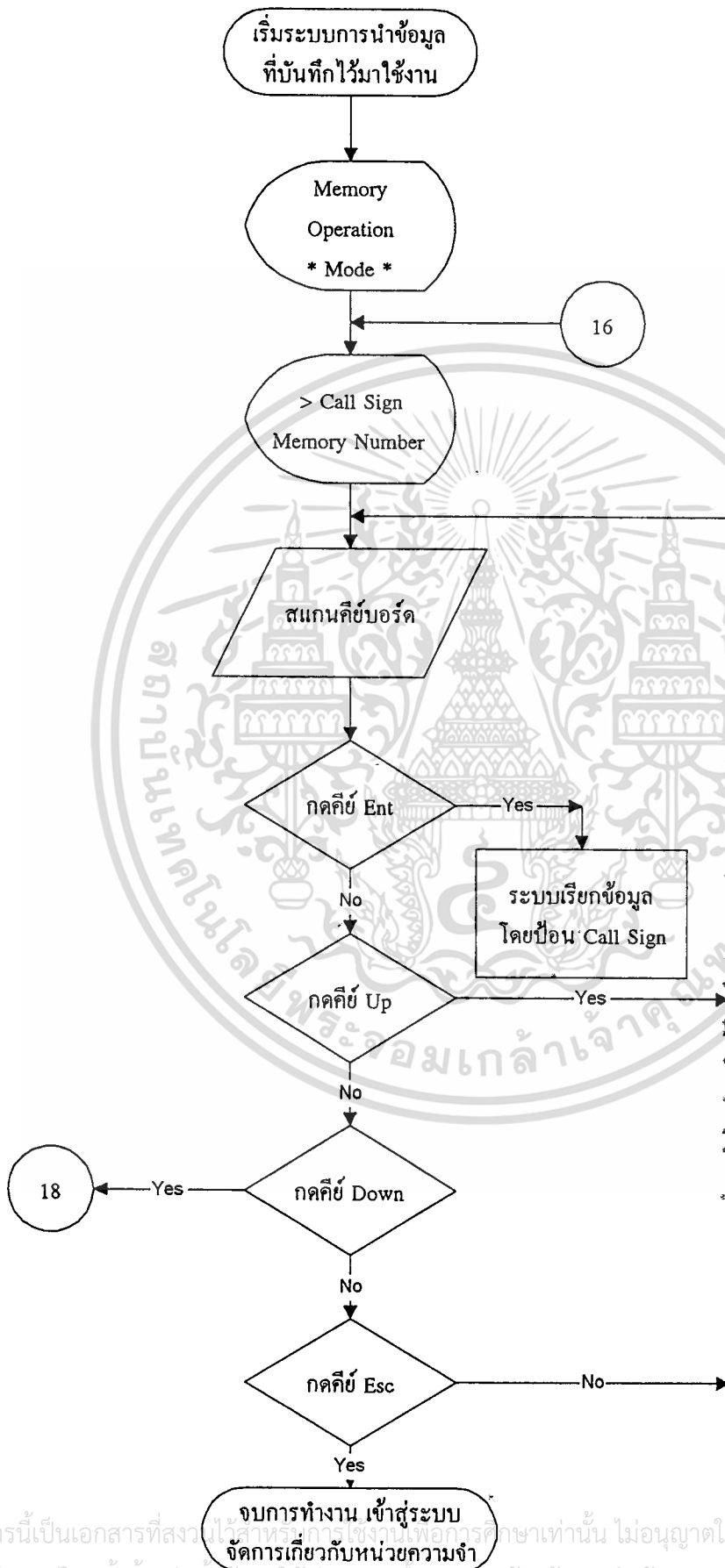




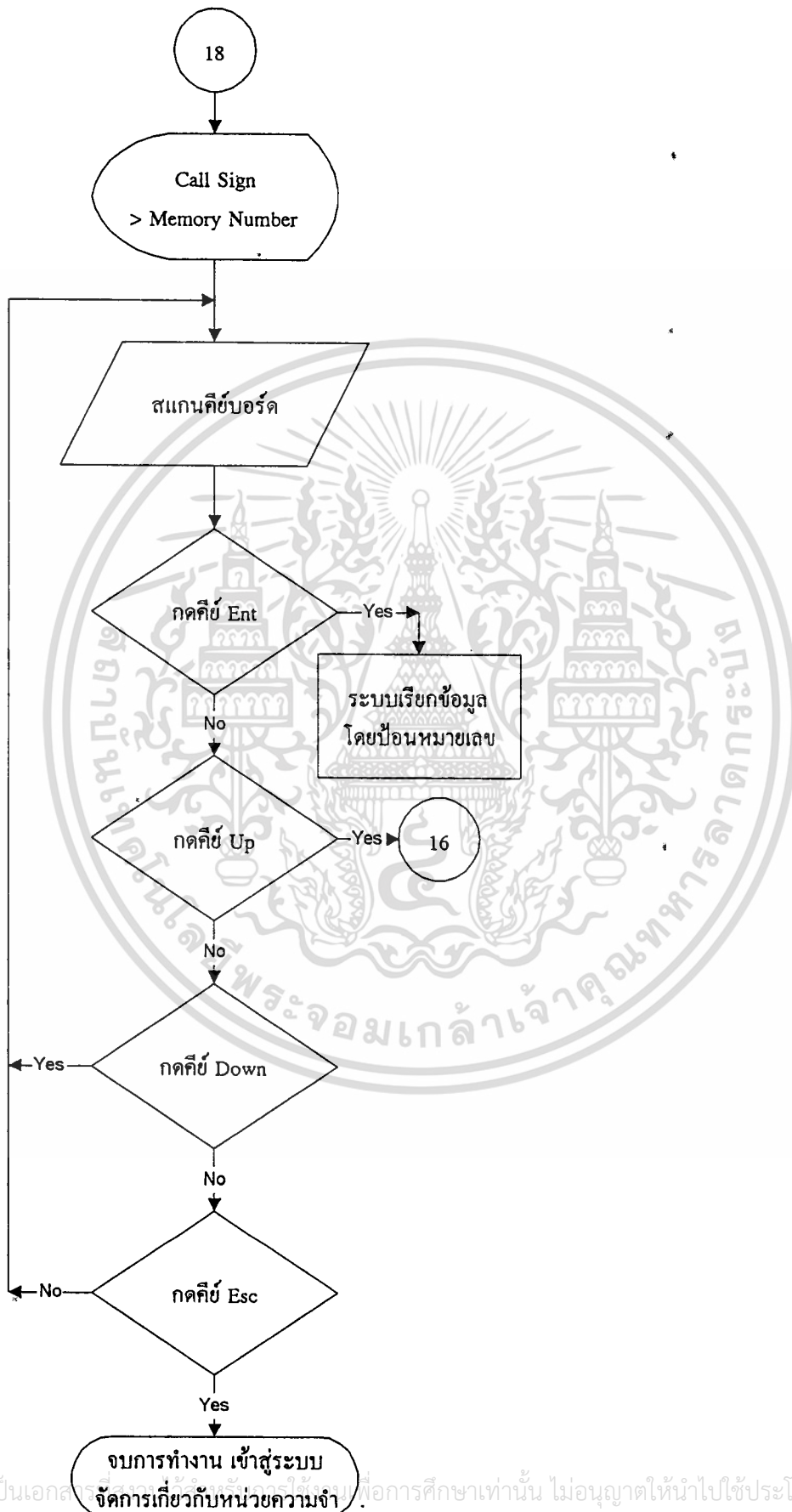
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

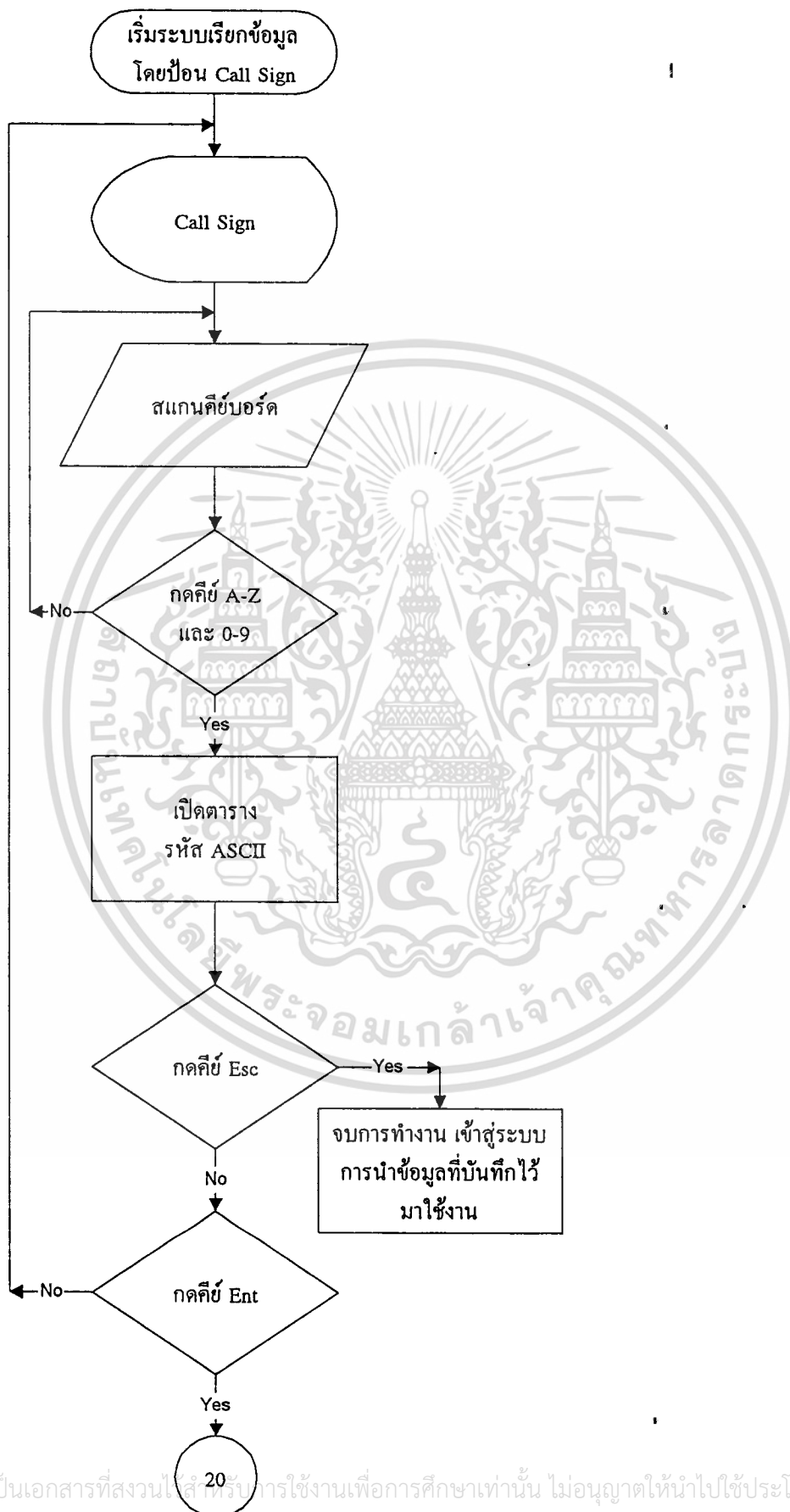


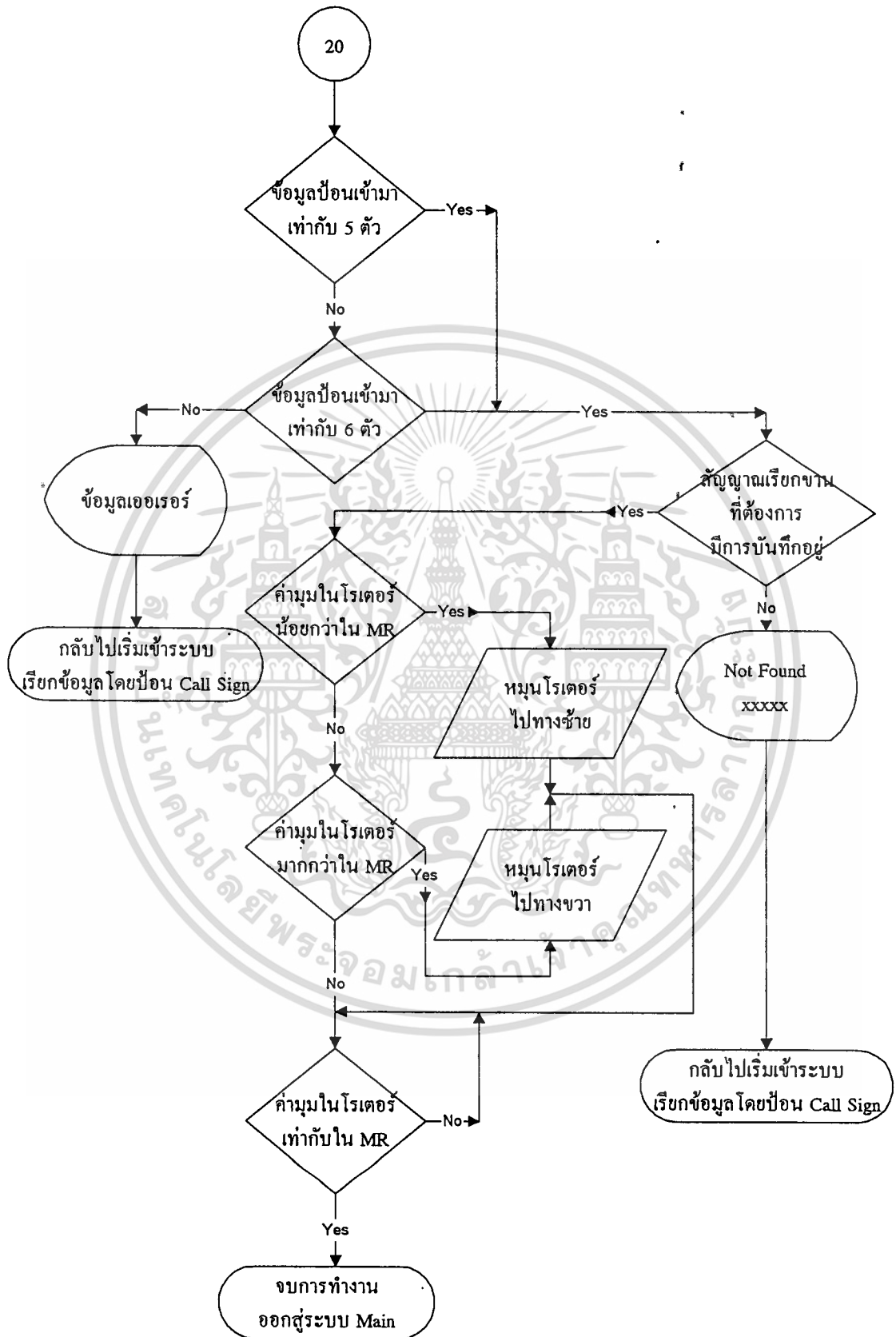
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



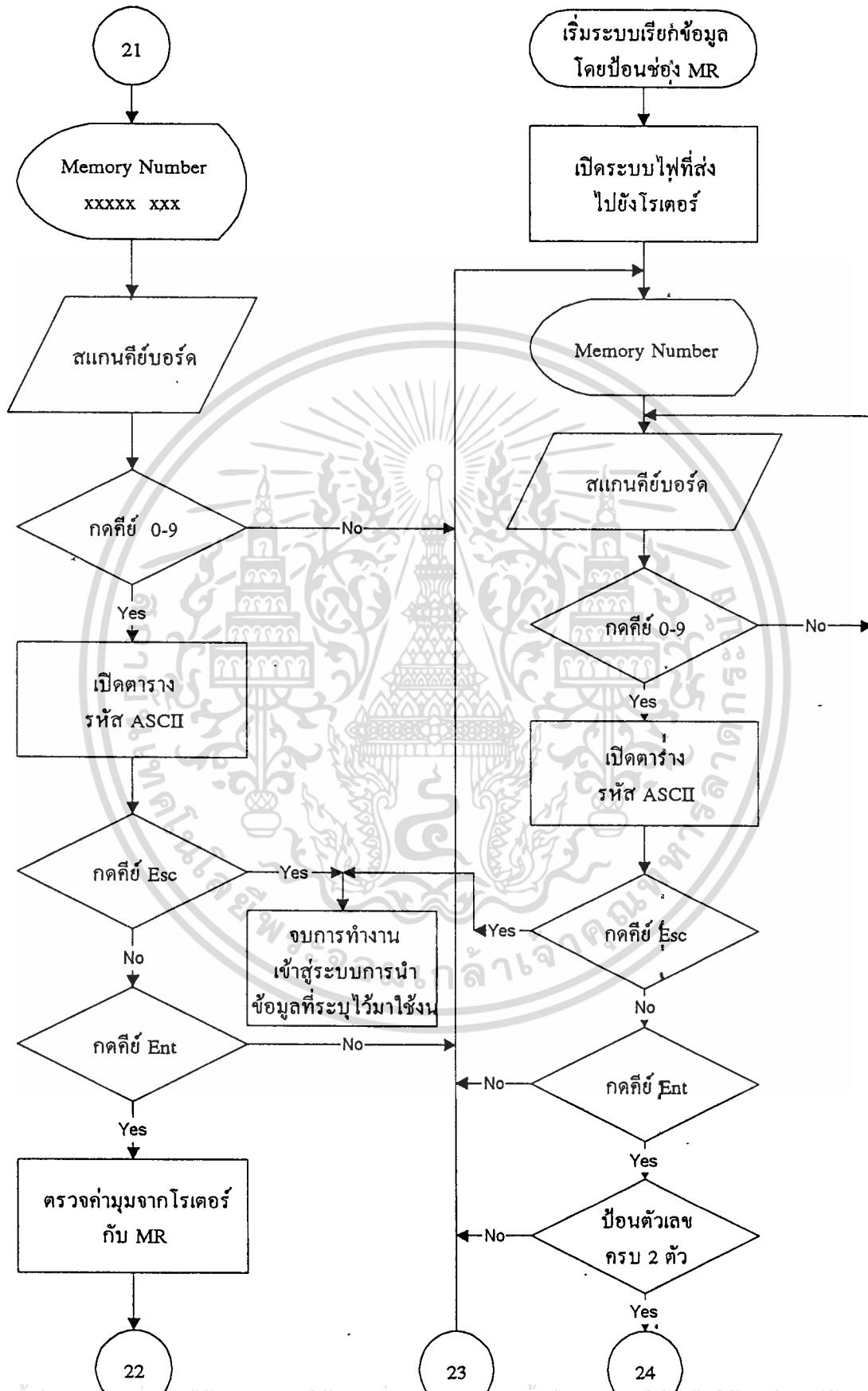
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



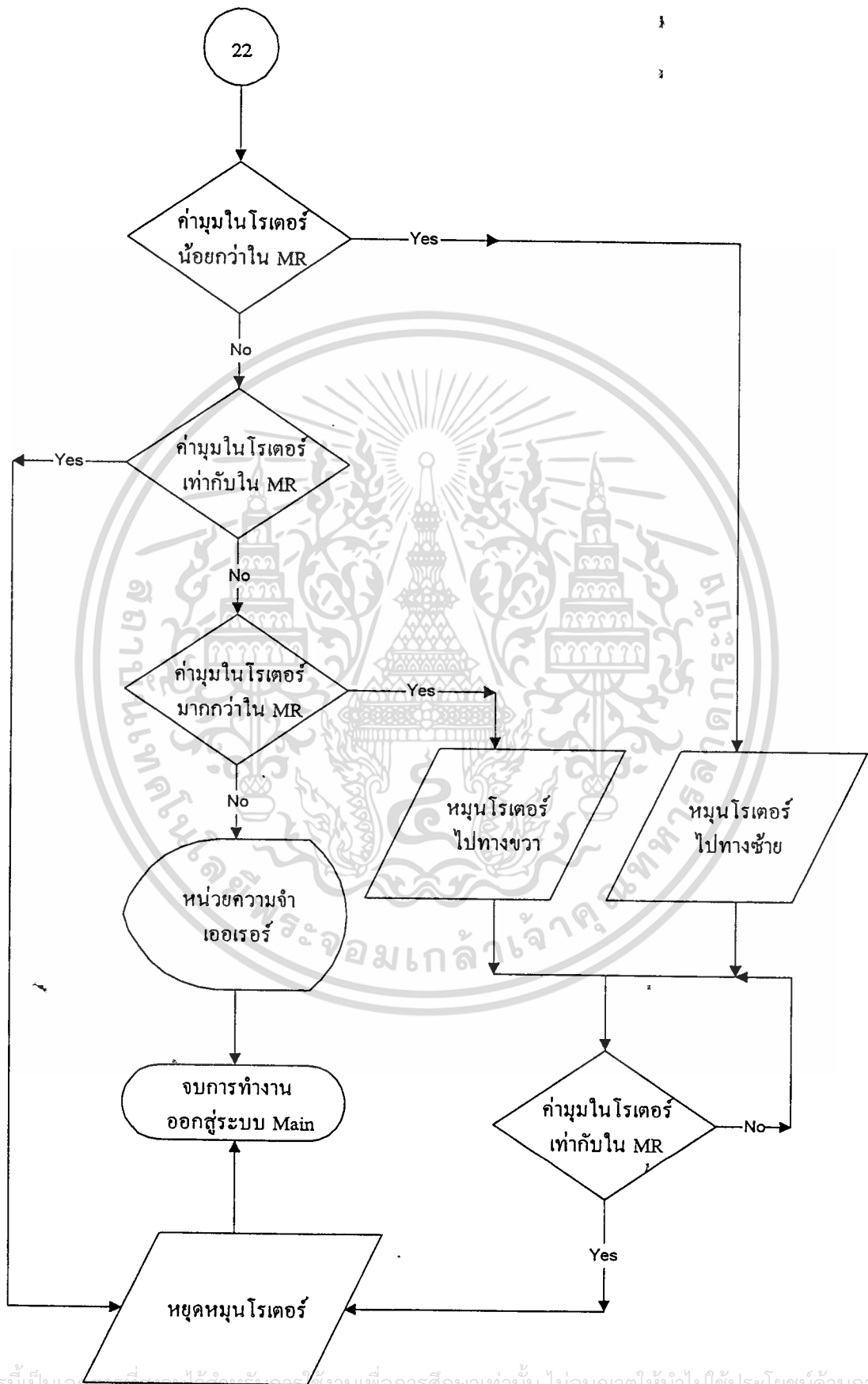




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญญาให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้