ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

Plane Toys

ชื่อนักศึกษา

1. นายกนกวิทย์ สุขเอมโอษฐ์	รหัสประจำตัว	46035698
2. นายชานนท์ ศิริพูลศลงฆ์	รหัสประจำตัว	46035700
3. นายเดโช เพ็ชรทอง	รหัสประจำตัว	46035702

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุทธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.อมรชัย ชัยชนะ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อ.พิชญ์สินี มะโน	
2. อ.อมรชัย ชัยชนะ	
3. ผศ.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา	
4. อ.โกศล ตราชู	
5. อ.พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2548 เวลา 14.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

<BT4730152>

เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

PLANE TOYS

T059457

นายกนกวิทย์ สุขเอม โอษฐ์
นายชานนท์ ศิริพูลศฤงฆ์
นายเดโช เพ็ชรทอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 59457
วัน,เดือน,ปี - 5 มิ.ย. 2549

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

Plane Toys

วัตถุประสงค์

1. เพื่อการศึกษาทฤษฎีและหลักการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ และการทำงานของเครื่องส่ง-เครื่องรับที่ใช้ในการบังคับการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ
2. เพื่อออกแบบเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ
3. เพื่อสร้างเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ
4. เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ
5. เพื่อนำเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ ไปใช้ในการเสริมสร้างทักษะพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมให้กับผู้ใช้เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. รู้และเข้าใจทฤษฎี และหลักการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ และการทำงานของเครื่องส่ง-เครื่องรับที่ใช้ในการบังคับการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ
2. ได้เครื่องต้นแบบเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ
3. ได้เครื่องบินเล็กส่วนประกอบต่างๆ ของตัวเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ และวงจรเครื่องส่ง - เครื่องรับที่ใช้ในการบังคับการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ
4. ได้ทดสอบการทำงานวงจรเครื่องส่ง – เครื่องรับที่ใช้ในการบังคับการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ และการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ พร้อมทั้งจัดทำคู่มือการประกอบและการใช้งานของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ
5. นำเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุไปใช้ในการเสริมสร้างทักษะพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมให้กับผู้ใช้เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ
นักศึกษา	นายกนกวิทย์ สุขเอมโอษฐ์
	นายชานนท์ ศิริพูลศฤงฆ์
	นายเดโช เพ็ชรทอง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดรธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2547

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นำเสนอการออกแบบและการสร้างเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุซึ่งนำความถี่วิทยุมาใช้ในการควบคุมเครื่องบินบังคับด้วยวิทยุ ในการบินโดยจะมีเครื่องส่งสัญญาณควบคุมที่ผู้ใช้ และมีเครื่องรับสัญญาณติดตั้งอยู่ที่เครื่องบิน ที่มีการรับส่งในรัศมีควบคุม 258.8 เมตร พร้อมร่อนลงเมื่อพ้นรัศมีควบคุม จากโครงงานนี้จะสามารถดัดแปลงนำไปใช้ในการควบคุมรถบังคับวิทยุ เรือบังคับวิทยุหรือเครื่องเล่นอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Plane Toys	
Students	Mr.Kanokwit	Sookaemoat
	Mr.Chanon	Siripoolsaring
	Mr.Deacho	Pattong
Advisor	Asst.Dr.Prof.Teerapon	Thaphasadin Na Ayudhya
Co – Advisor	Mr.Amornchai	Chaichana
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	2004	

ABSTRACT

This thesis presents a design and implementation of Plane Toy. The control of radio frequency control Plane Toy. A man control the transceiver. A receiver in the Plane Toy. The Plane Toy has the control radius at 258.8 m. The project modify use in the Car Toy or Boat Toy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และคุณวีรชัย พลอยนุช ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และอุปกรณ์รวมทั้งให้คำแนะนำ แนวความคิด ความรู้ต่าง ๆ แนวทางการแก้ปัญหาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล สุดท้ายที่ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง บิดามารดาที่เป็นผู้ให้ความสนับสนุนด้านการศึกษาและผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงการ	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ระบบสื่อสาร	3
2.2 หลักการสื่อสาร โดยอาศัยคลื่นวิทยุ	4
2.2.1 คลื่นวิทยุและระบบการสื่อสาร	4
2.2.2 ประเภทการสื่อสาร โดยคลื่นวิทยุ	6
2.2.3 วิธีการติดต่อสื่อสารทางวิทยุ	7
2.3 หลักการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ	7
2.3.1 ความเข้มของสนามไฟฟ้า	7
2.3.2 คลื่นดิน	9
2.3.3 การหักเหของคลื่น	10
2.3.4 คลื่นฟ้า	11
2.4 พื้นฐานของเครื่องส่งวิทยุ	16
2.4.1 เครื่องส่งวิทยุหรือทรานสมิตเตอร์	16
2.4.2 วงจรออสซิลเตอร์	19
2.4.3 การเปลี่ยนขนาดความถี่วิทยุ	19
2.4.4 ขนาดความถี่วิทยุที่ควบคุม	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.5 คลื่นพาห์	20
2.4.6 การมอดูเลทคลื่นวิทยุ	20
2.4.7 ความกว้างของแถบคลื่นวิทยุ	21
2.4.8 คลื่นวิทยุที่คลื่นอื่นปะปนออกไป	21
2.4.9 เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่น	22
2.5 เครื่องรับวิทยุ	22
2.5.1 ประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุ	22
2.5.2 ดีเทคเตอร์	23
2.5.3 ระบบการรับคลื่นวิทยุ	23
2.5.4 เสียงรบกวน	24
2.5.5 การกวาดหาคลื่นวิทยุ	25
2.5.6 สเควลช์คอนโทรล	26
2.5.7 อาร์ไอทีคอนโทรล	26
2.6 สายอากาศ	27
2.6.1 คลื่นทีอีเอ็มและโพลาไรเซชั่น	27
2.6.2 การกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศ	27
2.6.3 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศ	29
2.6.4 การวัดรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศเบื้องต้น	30
2.6.5 การตรวจสอบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของระบบสายอากาศ	31
2.6.6 สายอากาศไดโพล	32
2.7 หลักการบินและการยกตัวของปีก	33
2.7.1 การสร้างแรงยกของปีก	33
2.7.2 การทำให้อากาศไหลผ่านปีก	34
2.7.3 แรงที่มีผลต่อการบิน	34
2.7.4 มุมประทะของปีก	35
2.7.5 หลักการบิน	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.7.6 มุมยกปลายปีกของเครื่องบิน	36
2.7.7 จุดศูนย์ถ่วง	38
2.8 กฎเกณฑ์ละมารยาทในการเล่นเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	39
2.9 การเลือกใช้ความถี่ในการเล่นเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	40
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	
3.1 การออกแบบวงจรต่างๆและการทำงานของวงจร	41
3.1.1 ภาควงจรส่ง	41
3.1.2 ภาควงจรรับ	43
3.1.3 วงจรเครื่องชาร์จแบตเตอรี่	44
3.2 การออกแบบเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	45
3.2.1 ลำตัวเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	45
3.2.2 ปีกเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	46
3.2.3 Horizontal stabilizer	46
3.2.4 Vertical stabilizer	47
3.2.5 Rudder	47
3.3 การสร้างเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	48
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 กล่าวนำ	52
4.2 การทดลองในภาคส่งและภาครับ	52
4.3 การทดลองการไหลของอากาศผ่านปีกเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	53
4.4 การทดลองระยะการร่อนเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	53
4.5 การทดลองการใช้กระแสของมอเตอร์ที่ใช้ในเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	54
4.6 การทดลองแรงฉุดของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	55
4.7 การทดลองระยะเวลาในการบิน	55
4.8 การทดลองการบินเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	56
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 สรุป	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	57
5.3 แนวทางการพัฒนา	58
บรรณานุกรม	59
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	60
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	70
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	74
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน	78
ภาคผนวก จ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	85
ประวัติผู้แต่ง	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ย่านความถี่ DX	16
4.1 รัศมีควบคุมในการรับ-ส่ง	52
4.2 ระยะการร่อนของลำตัวเครื่องบิน	54
4.3 การใช้กระแสของมอเตอร์	54
4.4 การทดลองแรงฉุดของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	55
4.5 ระยะเวลาในการบินของเครื่องบินเล็กด้วยบังคับวิทยุ	56
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคส่ง	75
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาครับ	76
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรชาร์จแบตเตอรี่	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนผังของระบบสื่อสาร	3
2.2 ระบบการสื่อสารพื้นฐาน	4
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่คลื่นกับระยะทางที่ส่งกระจายคลื่น	5
2.4 การกระจายพลังงานของคลื่น	8
2.5 คลื่นดิน	9
2.6 การหักเหของคลื่น	10
2.7 การแผ่รังสีของคลื่น	11
2.8 ลักษณะการเดินทางของคลื่นวิทยุที่ผ่านเข้าไปชั้น ไอโอโนสเฟียร์	12
2.9 ลักษณะการเดินทางของคลื่นความถี่สูงในเวลากลางวัน	14
2.10 ลักษณะของการส่งกระจายคลื่นด้วยค่ามุมส่งกระจายคลื่นต่าง ๆ	15
2.11 วงจรเครื่องส่งวิทยุแบบใช้หลอดสูญญากาศแบบเก่า	17
2.12 ควอทซ์คริสตัลต่อใช้งานได้ทันทีแบบต่าง ๆ	18
2.13 วงจรออสซิเลเตอร์ควบคุมผลึกแบบเพี้ยน	19
2.14 คลื่นทีอีเอ็ม	27
2.15 การกระจายคลื่นของไฟฟ้าจากสายอากาศ	28
2.16 รูปแบบการกระจายของค่ากระแส และแรงดันบนสายอากาศไดโพล	29
2.17 ตัวอย่างของรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอน	30
2.18 สายอากาศไดโพล	32
2.19 ทิศทางแรงยกของปีก	33
2.20 ทิศทางของแรงทั้ง 4 แรง	35
2.21 มุมประทะของปีก	36
2.22 การเสียแรงยกปลายปีก	37
2.23 แรงยกปลายปีก	38
2.24 ตำแหน่งของจุด CG	39
3.1 ผังการทำงานของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	41
3.2 วงจรภาคส่ง	42
3.3 วงจรภาครับ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่	44
3.5 ลำตัวด้านข้างของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	45
3.6 ลำตัวด้านล่างและลำตัวด้าน ของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	46
3.7 Horizontal stabilizer	46
3.8 Vertical stabilizer	47
3.9 ปีก Rib	47
3.10 การยกปีก	48
3.11 ลำตัวของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ	48
3.12 ลำตัวเครื่องบินที่ติด OPP เทปแล้ว	49
3.13 Horizontal stabilizer Vertical stabilizer ที่ติด OPP เทปแล้ว	49
3.14 Horizontal stabilizer Vertical stabilizer ที่ติดกับลำตัวเครื่องบินแล้ว	50
3.15 ปีกของเครื่องบินเล็ก	50
3.16 ปีกที่ติด OPP เทปแล้ว	51
4.1 การทดลองการไหลของอากาศผ่านปีก	53
ก.1 เครื่องบินประกอบเสร็จ	61
ก.2 ลำตัวเครื่องบินที่ติด OPP เทปแล้ว	61
ก.3 ด้านบนเครื่องบินที่ติด OPP เทปแล้ว	62
ก.4 Horizontal stabilizer ที่ติด OPP เทปแล้ว	62
ก.5 Vertical stabilizer ที่ติด OPP เทปแล้ว	63
ก.6 ลำตัวเครื่องบินที่ติด Horizontal stabilizer แล้ว	63
ก.7 ลำตัวเครื่องบินที่ติด Horizontal stabilizer และ Vertical stabilizer แล้ว	64
ก.8 ด้านข้างลำตัวเครื่องบินที่ติด Horizontal stabilizer และ Vertical stabilizer แล้ว	64
ก.9 ด้านหน้าลำตัวเครื่องบินที่ติด Horizontal stabilizer และ Vertical stabilizer แล้ว	65
ก.10 ปีกที่ติด OPP เทปแล้ว	65
ก.11 เครื่องบินด้านข้างที่ประกอบเสร็จแล้วพร้อมปีก	66
ก.12 เครื่องบินด้านหน้าที่ประกอบเสร็จแล้วพร้อมปีก	66
ก.13 วงจรภาคส่ง	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.14 วิทยุที่ใช้ในการควบคุมเครื่องบินเล็ก	67
ก.15 วงจรภาครับ	68
ก.16 กล่องวงจรภาครับที่ติดบนเครื่องบินเล็ก	68
ก.17 วงจรชาร์จแบตเตอรี่	69
ก.18 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่	69
ข.1 วงจรเครื่องส่ง	71
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรเครื่องส่ง	71
ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรเครื่องส่ง	72
ข.4 วงจรเครื่องรับ	72
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรเครื่องส่ง	73
ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรเครื่องส่ง	73
ง.1 วิทยุควบคุมเครื่องบินเล็กและปุ่มควบคุมเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ	80
ง.2 ลำตัวเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุและสวิตช์ปิดเปิดเครื่องรับ	81
ง.3 แบตเตอรี่	81
ง.4 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากหัวข้อที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับของเล่นอิเล็กทรอนิกส์และจากสาขาที่ได้ศึกษาอยู่ ซึ่งเกี่ยวกับการสื่อสารและโทรคมนาคมได้เล็งเห็นว่า การนำอุปกรณ์รับ-ส่งคลื่นวิทยุมาประยุกต์ใช้งานเป็นของเล่นอิเล็กทรอนิกส์ จึงมีแนวคิดในการทำเครื่องบินเล็กบังคับด้วยคลื่นวิทยุ ที่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขึ้นมา เพื่อสามารถประยุกต์ใช้งานให้เกิดการเรียนรู้ หลักการทรงตัวของเครื่องบินในอากาศเบื้องต้น และคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุที่นำมาใช้ในการประกอบเครื่องบินตลอดจนความถี่ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องบิน

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

1.2.1 มีคู่มือที่ใช้ในการประกอบเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

1.2.2 สามารถบังคับเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุได้ในรัศมีประมาณ ๑ กิโลเมตร

1.2.3 สามารถร่อนลง เมื่อพ้นรัศมีการควบคุม

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎี และรายละเอียดเกี่ยวกับหลักการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ และการทำงานของเครื่องส่ง-เครื่องรับที่ใช้ในการบังคับการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ ซึ่งได้แบ่งเป็นบทต่างๆ ดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการบิน หลักการออกแบบ หลักการทำงานของเครื่องส่ง-เครื่องรับที่ใช้ในการบังคับการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน แบ่งเป็นการออกแบบลำตัวเครื่องบินในการออกแบบลำตัวเครื่องบินนั้น จะกล่าวถึงพลศาสตร์เกี่ยวกับการบิน และการออกแบบวงจรเครื่องส่ง-เครื่องรับที่ใช้ในการบังคับการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

บทที่ 4 การทดลอง ผลการทดลอง และการทดสอบ กล่าวถึงการทดสอบการทำงานวงจรเครื่องส่ง-เครื่องรับที่ใช้ในการบังคับการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ และการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ และสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และพัฒนากล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางการแก้ไข ตลอดจนแนวทางการพัฒนาเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

ภาคผนวก จะแบ่งเป็น 4 ภาคผนวก ประกอบด้วย

ภาคผนวก ก ส่วนประกอบของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

ภาคผนวก ข แปลนโครงสร้าง ของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ และวงจร ลายพิมพ์วงจร การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์

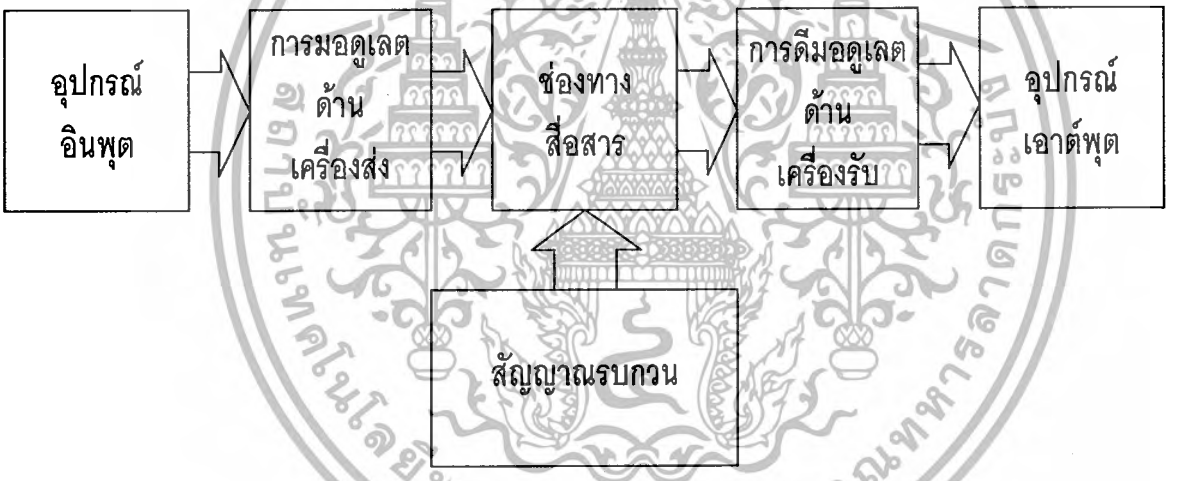
ภาคผนวก ง คู่มือการประกอบและการใช้งานของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบสื่อสาร

การสื่อสาร คือ การติดต่อเพื่อแลกเปลี่ยนเรื่องราวต่างๆ ของมนุษย์ การสื่อสารนับว่าเป็นกิจกรรมพื้นฐาน อย่างหนึ่งของมนุษย์ที่มีมาตั้งแต่กำเนิด การสื่อสารจะได้ผลดี เมื่อผู้รับรู้สามารถเข้าใจตรงกับที่ผู้ส่งสารต้องการสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณา คือ ตัวกลางที่ใช้เพื่อเป็นทางนำข้อมูลจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ ตัวกลางที่ใช้นำข้อมูลนี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่า ช่องสัญญาณ (Channel) หรือ ทรานสมิชชั่นลิงค์ (Transmission Link) สามารถเขียนแผนผังของการสื่อสารได้ดังนี้



รูปที่ 2.1 แผนผังของระบบสื่อสาร

ในระบบสื่อสารนั้นไม่ว่าจะเป็นแบบใดก็ตาม แผนผังพื้นฐานมักจะเหมือนกับที่แสดงในรูป ระบบสื่อสารโดยพื้นฐานประกอบไปด้วย อุปกรณ์อินพุต (Input Device) เครื่องรับส่ง และช่องทางสื่อสาร ซึ่งมักมีสัญญาณรบกวน (Noise) มารบกวนเครื่องรับ และอุปกรณ์เอาต์พุต

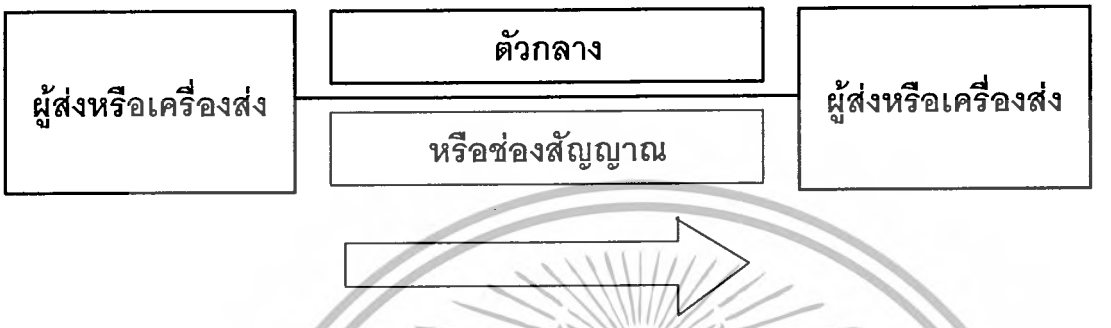
ข่าวสารที่รับหรือส่งระหว่างกัน แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1) เสียง (Audio) ได้แก่เสียงพูดในระบบโทรศัพท์ เสียงพูด เสียงเพลง หรือเสียงดนตรี ซึ่งต้องการคุณภาพเสียงดีในระบบวิทยุกระจ่ายเสียง

2) ภาพ (Picture) ได้แก่ ภาพนิ่งในระบบโทรสาร (Facsimile) หรือระบบส่งภาพระยะไกล (Telephoto) ภาพยนตร์ในระบบโทรทัศน์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ข้อมูล (Data) ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะส่งมาเป็นรหัส ให้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ข้อมูลและคำสั่งในระบบโทรมาตร ตัวอักษรในระบบพิมพ์ หรือโทรเลข ข้อมูลคอมพิวเตอร์ในระบบสื่อสารคอมพิวเตอร์ เป็นต้น



รูปที่ 2.2 ระบบการสื่อสารพื้นฐาน

2.2 หลักการสื่อสารโดยอาศัยคลื่นวิทยุ

จากการศึกษาระบบการสื่อสาร จะเห็นได้ว่าการสื่อสารที่ได้รับการพัฒนา และมีความเจริญก้าวหน้าไปเป็นอย่างมาก นั่นคือ การสื่อสารทางด้านวิทยุ ซึ่งช่วยให้มนุษย์สามารถติดต่อสื่อสารกันได้เป็นระยะไกลมากขึ้น โดยวิธีการเปลี่ยนเสียงพูดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า ขยายให้เป็นคลื่นเสียงแล้วทำการผสมกับคลื่นพาหะ ซึ่งเป็นคลื่นวิทยุ แล้วแผ่ออกไปยังเครื่องรับที่อยู่ห่างออกไป

2.2.1 คลื่นวิทยุและระบบการสื่อสาร

เป็นสิ่งสำคัญมากที่จะต้องเลือกแถบความถี่วิทยุสมัครเล่นให้ถูกต้อง และช่วงเวลาที่เหมาะสมการสื่อสารด้วยระยะทางไกล ๆ องค์ประกอบอื่น ๆ ที่สำคัญในการสื่อสารวิทยุสมัครเล่นมีอยู่หลายประการดังจะได้กล่าวต่อไป

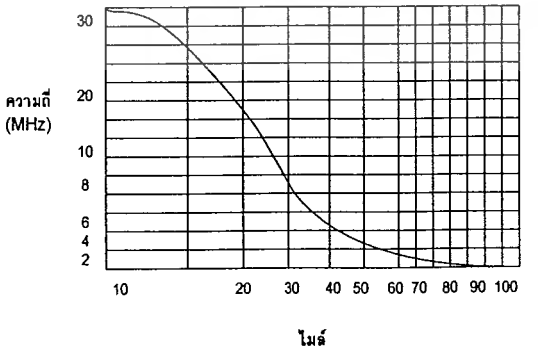
นักวิทยุสมัครเล่นหน้าใหม่ ส่วนใหญ่มักจะสับสนเกี่ยวกับว่าแถบความถี่ใดที่เหมาะสมกับช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ในแต่ละวันซึ่งจะสามารถส่งสัญญาณไปยังปลายทางที่ต้องการได้หรือไม่ การสื่อสารระยะทางไกล ๆ เช่น ข้ามทวีปจากยุโรปไปอเมริกาหรือเอเชียให้อ้างถึง “DX” เนื่องจากคำว่าระยะทาง (Distance) มีความหมายถึงระยะทางที่เป็นไมล์หรือกิโลเมตร ซึ่งจะเป็นการดีที่สุดที่เรากำหนดให้คำว่า “DX” หมายถึงการสื่อสารวิทยุสมัครเล่นในระยะทางที่ไกลเกินกว่า 100 ไมล์ สำหรับแถบความถี่สูง หรือแถบความถี่ HF (ความถี่ตั้งแต่ 3.5 ถึง 30 MHz) ความหมายของ DX ก็จะมีความหมายเปลี่ยนไปในเทอมของระยะทาง เช่น ถ้าเราพิจารณาถึงแถบความถี่ VHF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ความถี่ 30 – 300 MHz) แถบความถี่ UHF (ความถี่ 300 – 3000 MHz) หรือความถี่ไมโครเวฟ ความถี่ที่สูงกว่า 3000 MHz ขึ้นไปพิจารณาได้ว่าเป็นย่านความถี่ไมโครเวฟที่ย่านความถี่ VHF หรือสูงกว่า คำว่า DX จะหมายถึงระยะการสื่อสารที่ไม่เกิน 100 ไมล์ เป็นต้น เพราะยิ่งความถี่ปฏิบัติงานมีค่าสูงขึ้นมากเพียงใดระยะทางการสื่อสารเหนือพื้นผิวโลกก็จะสั้นลง แต่ในกรณีนี้จะไม่ได้หมายความถึงการสื่อสารในชั้นบรรยากาศ

นักวิทยุสมัครเล่นหน้าใหม่ส่วนใหญ่มักจะสื่อสารวิทยุในย่านความถี่ HF (High-Frequency) แต่ก็ควรจะต้องทำความเข้าใจถึงคุณลักษณะของแถบความถี่ต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละช่วงเวลา แต่ละวันเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ในการสื่อสารด้วยระยะทางที่ไกลเกินกว่า 100 ไมล์ ควรจะต้องเลือกแถบความถี่ที่ดีที่สุดสำหรับการสื่อสารด้วยกราวนด์เวฟ (Ground Wave) สัญญาณกราวนด์เวฟ คือสัญญาณที่สื่อสารกันระหว่างสายอากาศด้านรับและด้านส่งเหนือพื้นดินผิวโลก สัญญาณคลื่นที่อาจจะตกกระทบพื้นดินหรือไม่ก็ได้และอยู่ใต้ชั้นบรรยากาศของโลก ในแถบความถี่ HF ยิ่งความถี่มีค่าต่ำลงมากเท่าใดระยะทางที่สามารถส่งคลื่นไปได้นั้นก็จะยาวไกลมากขึ้น ในรูปที่ 2.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่กราวนด์เวฟเดินทางไปได้ กับคลื่นความถี่ตั้ง 2 ถึง 30 MHz สายอากาศแบบเวอร์ติคอลจะเป็นสายอากาศชนิดที่เหมาะสมต่อการใช้งานในการสื่อสารกราวนด์เวฟมากที่สุด นั่นจึงเป็นเหตุผลว่าเพราะเหตุใดสถานีวิทยุที่สงกระจายคลื่นความถี่เอเอ็ม (AM : Amplitude Modulation) ในเชิงพาณิชย์จึงนิยมใช้สายอากาศส่งเป็นแบบเวอร์ติคอล ซึ่งผู้ที่ทำการส่งกระจายคลื่นต้องการส่งผ่านพลังงานคลื่นจากเครื่องส่งออกไปให้สูงสุด สำหรับนักวิทยุสมัครเล่นที่ส่งคลื่นที่มีขนาดความยาวคลื่น 160 ม. จะจัดอยู่ในย่านความถี่ MF (Medium Frequency) ซึ่งครอบคลุมความถี่ 1.8 – 2.0 MHz ซึ่งสามารถส่งกระจายคลื่นออกไปได้ในพื้นที่กว้างเมื่อเทียบกับคลื่นที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 80 เมตร ถึง 100 เมตร



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่คลื่นกับระยะทางที่ส่งกระจายคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.3 ได้แสดงถึงความเข้มของกราวนด์เวฟคิดเทียบกับความถี่ในทางปฏิบัติการวัดความเข้มของสัญญาณที่สายอากาศด้านรับจะวัดอยู่ในหน่วยของไมโครโวลต์ (uV) แทนที่จะวัดเป็นโวลต์ 1 ไมโครโวลต์ มีค่าเท่ากับ 1 / 1,000,000 โวลต์

คลื่นวิทยุมีลักษณะเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งความเข้มของสัญญาณจากสายอากาศด้านส่งก็จะวัดอยู่ในหน่วยของไมโครโวลต์ต่อเมตร (uV / m) เช่นกันในระยะจากสายอากาศของแหล่งกำเนิดสัญญาณ สำหรับ S มิเตอร์ที่เครื่องรับนั้นการวัดค่าความเข้มของสัญญาณจะไม่ค่อยมีความเที่ยงตรงมากนัก และเครื่องมือวัดดังกล่าวก็ไม่ได้ถูกปรับตั้งไว้ในหน่วยของไมโครโวลท์ คุณสมบัติโดยตรงของ S มิเตอร์มีไว้สำหรับการวัดความแรงสัมพัทธ์ของสัญญาณ เช่น ใช่ในการวัดเปรียบเทียบความแรงของสัญญาณระหว่างสถานีวิทยุสมัครเล่นสองสถานีหรือมากกว่า หรือใช้ในการวัดค่าความแตกต่างสัมพัทธ์ระหว่างสายอากาศคู่หนึ่งหรือมากกว่าของสถานีที่ใช้ในการสื่อสาร

2.2.2 ประเภทการสื่อสารโดยคลื่นวิทยุ

เครื่องรับ-ส่งวิทยุทั่วๆ ไป จะแบ่งประเภทที่ใช้งานในย่านความถี่ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) เครื่องรับ – ส่ง วิทยุย่านความถี่เอชเอฟ (HF : High Frequency) คือ ย่านความถี่สูง เริ่มใช้งานตั้งแต่ความถี่ 3 – 30 เมกะเฮิรตซ์ เครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่เอชเอฟ ส่วนใหญ่ออกแบบให้ใช้รับส่งสัญญาณในระบบไซด์แบนด์เดียว (SSB : Single Side Band) และซีบี (CB : Citizen Band) การสื่อสารในย่านความถี่เอชเอฟนี้ จะเป็นการสื่อสารระยะไกลมาก และเป็นการสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุด การสื่อสารย่านนี้จะไปได้ไกลมาก เพราะ คลื่นวิทยุสามารถสะท้อนชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ได้ดี ทำให้สถานีรับ และสถานีส่งติดต่อกันข้ามประเทศได้

2) เครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่วีเอชเอฟ (VHF : Very High Frequency) คือ ย่านความถี่สูงมาก ตั้งแต่ความถี่ 30 – 300 เมกะเฮิรตซ์ ส่วนใหญ่ใช้รับส่งสัญญาณเอฟเอ็ม (FM : Frequency Modulation) การสื่อสารในย่านวีเอชเอฟ มีทั้งแบบเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุด และการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ ระยะทางที่ติดต่อ สื่อสารจะไม่เกิน 50 กิโลเมตร

3) เครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่ยูเอชเอฟ (UHF : Ultra High Frequency) คือ ย่านความถี่สูงยิ่ง เริ่มตั้งแต่ความถี่ 300 – 3000 เมกะเฮิรตซ์ ส่วนใหญ่จะใช้รับส่งสัญญาณเอฟเอ็ม การสื่อสารในย่านความถี่ยูเอชเอฟ มีทั้งแบบเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุด และการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ ระยะทางที่ติดต่อสื่อสารจะไม่เกิน 50 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 วิธีการติดต่อสื่อสารทางวิทยุ

การติดต่อสื่อสารทางวิทยุ จำแนกออกเป็น

1) การติดต่อสื่อสารทางเดียว (One – Way Radio Communication) วิธีนี้จะมีสถานีต้นทางเป็นฝ่ายส่งอย่างเดียว ส่วนสถานีปลายทางเป็นสถานีรับเท่านั้น โดยปกติจะมีสถานีปลายทางมากกว่า 1 สถานี ได้แก่ วิทยุกระจ่ายเสียง โทรทัศน์ และวิทยุติดตามตัว (Paging Radio)

2) การติดต่อสื่อสารสองทาง (Two – Way Radio Communication) จะมีสถานีเป็นโครงข่ายตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไป แต่ละสถานีขึ้นไป แต่ละคู่สามารถติดต่อโต้ตอบกันได้ด้วยวิธีดังนี้

2.1) ซิมเพล็กซ์ (Simplex) ซึ่งแต่ละสถานีจะโต้ตอบสวนกันไม่ได้ เหมือนในการติดต่อทางวิทยุโทรศัพท์ เมื่อสถานีหนึ่งหมดข้อความที่จะส่ง จะต้องใช้คำว่า “เปลี่ยน” เพื่อให้คู่สถานีทราบและพูดตอบโต้ได้ เครื่องวิทยุที่ใช้จะมีเครื่องรับ และส่งรวมอยู่ด้วยกัน ในสภาพปกติเครื่องวิทยุจะทำหน้าที่ฟังอย่างเดียว แต่เมื่อต้องการส่ง จะต้องกดปุ่มพูดที่ไมโครโฟน แล้วจึงพูดออกอากาศไปได้ ความถี่วิทยุที่ใช้ในการติดต่อวิธีนี้จะใช้ความถี่เดียวหรือสองความถี่ก็ได้

2.2) ดูเพล็กซ์ (Duplex) ซึ่งคู่สถานีสามารถพูดโต้ตอบกันได้ทันที ไม่ต้องรอให้อีกสถานีหยุดพูดหยุดส่ง วิธีนี้จะแยกภาคเครื่องรับออกจากเครื่องส่ง ใช้ความถี่ในการรับส่งไม่เหมือนกัน เครื่องวิทยุจะเปิดไว้ให้รับ และส่งอยู่ตลอดเวลาทั้งสองสถานีเลยก็ได้ หรือจะเปิดให้เครื่องรับเพียงอย่างเดียว และเปิดส่งโดยการใช้ระบบใช้สัญญาณ (Signaling) จากคู่สถานีไปบังคับก็ได้

2.3) เซมิดูเพล็กซ์ (Semiduplex) ซึ่งสถานีส่งทำงานแบบดูเพล็กซ์ ส่วนคู่สถานีทำงานแบบซิมเพล็กซ์ โดยใช้สองความถี่ในการติดต่อสื่อสาร ซึ่งมีศูนย์วิทยุควบคุมเครือข่ายของการติดต่อส่วนใหญ่เป็นแบบซิมเพล็กซ์ ใช้ความถี่เดียวหรือสองความถี่

2.3 หลักการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ

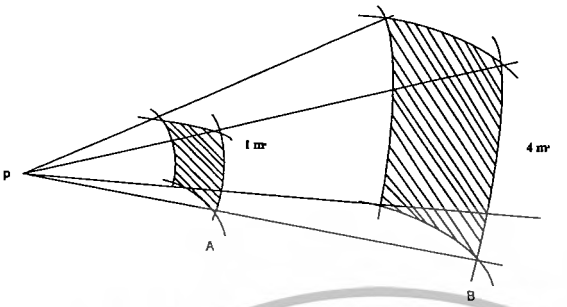
คลื่นวิทยุที่กระจายออกจากสายอากาศนั้น จะมีการแพร่ออกไปในทุกทิศทาง คลื่นวิทยุเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเดินทางไปได้ด้วยความเร็วเท่าแสง คุณสมบัติในการเคลื่อนที่ของคลื่นภายหลังที่ได้แพร่กระจายออกไปในอากาศแล้ว จากสายอากาศส่งคลื่นวิทยุจะเดินทางไปในอากาศในลักษณะต่างๆกัน ขึ้นอยู่กับชั้นบรรยากาศ

2.3.1 ความเข้มของสนามไฟฟ้า

การวัดความแรงของคลื่นวิทยุนั้น โดยทั่วไปนิยมวัดจากค่าระดับความเข้มของสนามไฟฟ้า (Electric Field Intensity) ที่เกิดขึ้นจากคลื่นวิทยุนั้น หน่วยมาตรฐานที่ใช้ในการวัดความเข้มของสนามไฟฟ้านั้น คือ โวลต์/เมตร แต่ในทางปฏิบัตินั้น ค่าของสนามไฟฟ้ามักจะมีค่าน้อยลง จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยมใช้ให้อยู่ในหน่วย มิลลิโวลต์/เมตร หรือไมโครโวลต์/เมตร เท่านั้น



รูปที่ 2.4 การกระจายพลังงานของคลื่น

เมื่อสมมติว่าคลื่นวิทยุที่มีแหล่งกำเนิดการกระจายมาจากสายอากาศ ที่มีลักษณะเป็นจุด (Point Source) ตามทฤษฎีแล้ว คลื่นจะกระจายออกไปรอบๆ สายอากาศ ที่มีลักษณะเป็นจุดนั้นอย่างสม่ำเสมอ พลังงานของคลื่นนั้นจะไม่มีการสูญเสียไป หากไม่ไปกระทบกับวัตถุซึ่งมีความสามารถที่จะดูดซึมพลังงานไป สายอากาศนั้นจะกระจายคลื่นให้เคลื่อนที่ออกไปเป็นหน้าคลื่น (Wave Front) ในลักษณะของทรงกลมที่ค่อยๆ ใหญ่ขึ้น ดังนั้น หน้าคลื่นที่อยู่ใกล้กับสายอากาศ ย่อมจะมีความเข้มมากกว่าหน้าคลื่นที่อยู่ห่างไกลออกไป ทั้งนี้เพราะว่า พื้นที่ของพื้นผิวทรงกลมจะขยายออกมามากขึ้นเมื่อทรงกลมมีขนาดใหญ่ขึ้น จึงทำให้พลังงานของคลื่นตลอดผิวหน้าของทรงกลมนั้นมีค่าเฉลี่ยต่อพื้นที่น้อยลง รูป แสดงความเข้มของพลังงาน หรือพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มีค่าลดลง เมื่อเคลื่อนที่ห่างออกไปจากจุดกำเนิดคลื่นมากยิ่งขึ้น ค่าของความหนาแน่น หรือ ความเข้มของกำลังงานในคลื่นที่เคลื่อนที่ออกไปเป็นระยะต่างๆ จากจุดกำเนิดจะมีค่าแปรผันกับระยะทางกำลังสอง หรือเขียนสูตรได้ว่า

$$Pd = P/(4\pi d^2)$$

Pd คือ ความเข้มของกำลังงาน

P คือ กำลังของคลื่นจากสายอากาศ หรือ แหล่งกำเนิด

d คือ ระยะทางจากสายอากาศ หรือแหล่งกำเนิดคลื่นนั้น

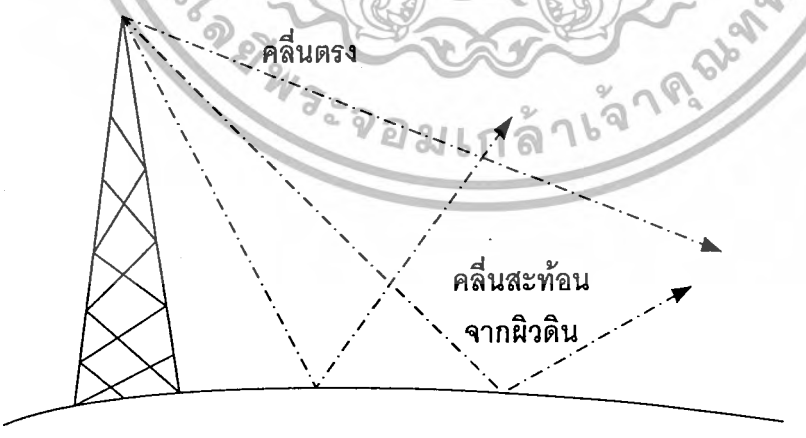
แม้คลื่นจะกระจายออกไปจากสายอากาศในลักษณะของทรงกลม แต่เมื่อระยะทางคลื่นกระจายออกไปนั้นอยู่ห่างจากสายอากาศมากๆ หน้าคลื่นจะเหมือนกับเกิดอยู่บนผิวของทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดใหญ่ เพราะฉะนั้น ถ้าหากพิจารณา เฉพาะเพียงบริเวณส่วนน้อยของหน้าคลื่น อาจจะเห็นว่าหน้าคลื่นมีลักษณะเป็นระนาบในแนวนอนนั่นเอง การพิจารณาคลื่นที่อยู่ไกลจากสายอากาศมากๆ ในลักษณะดังกล่าวมานี้ ทำให้มักจะสมมติว่าคลื่นนั้นคือ คลื่นระนาบ (Plane Wave) กล่าวคือ เป็นคลื่นที่มีลักษณะราบเรียบเสมอกัน และเคลื่อนที่ออกไปเป็นระลอกคลื่นที่เป็นระนาบขนานกันมากกว่าที่จะคิดว่าหน้าคลื่น เคลื่อนที่ในลักษณะโค้งนูน

2.3.2 คลื่นดิน

คลื่นที่เคลื่อนที่อยู่ในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ (Troposphere) โดยอาศัยการเป็นตัวนำหรือความนำ (Conduction) ของผิวโลกเป็นสื่อนั้น เรียกว่า คลื่นดิน (Ground Wave) ชั้นบรรยากาศ โทรโพสเฟียร์ นั้น คือ ชั้นของบรรยากาศห่อหุ้มโลก ซึ่งจะอยู่สูงจากพื้นดินขึ้นไป จนถึงประมาณ 10 กิโลเมตรจากผิวโลก การลดทอนการกระจายของคลื่นดินนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการเป็นตัวนำของพื้นโลก คลื่นดินจะถูกลดทอนลงอย่างมาก เมื่อความถี่ของคลื่นที่ใช้นั้นสูงกว่าความถี่ในย่านเอ็มเอฟ คือ ประมาณ 3 เมกะเฮิรตซ์ ขึ้นไป คลื่นดินนั้น ในบางครั้งหมายถึงคลื่นที่ประกอบขึ้นมาด้วย 3 องค์ประกอบ ดังแสดงในรูป คือ คลื่นตามผิว (Surface Wave) คลื่นตรง (Direct Wave) และคลื่นที่สะท้อนจากดิน (Ground Refleced Wave) เพราะส่วนประกอบทั้งสามนี้มีเส้นทางการเคลื่อนที่ต่างกัน ดังนั้น เมื่อรวมตัวกันเข้าสู่สายอากาศของตัวเครื่องรับ อาจจะทำให้สัญญาณที่สายอากาศรับได้นั้นมีขนาดแรงขึ้นหรือลดน้อยลงก็ได้ขึ้นอยู่กับความต่างของเฟสของคลื่นที่เป็นองค์ประกอบทั้งสามนั้น



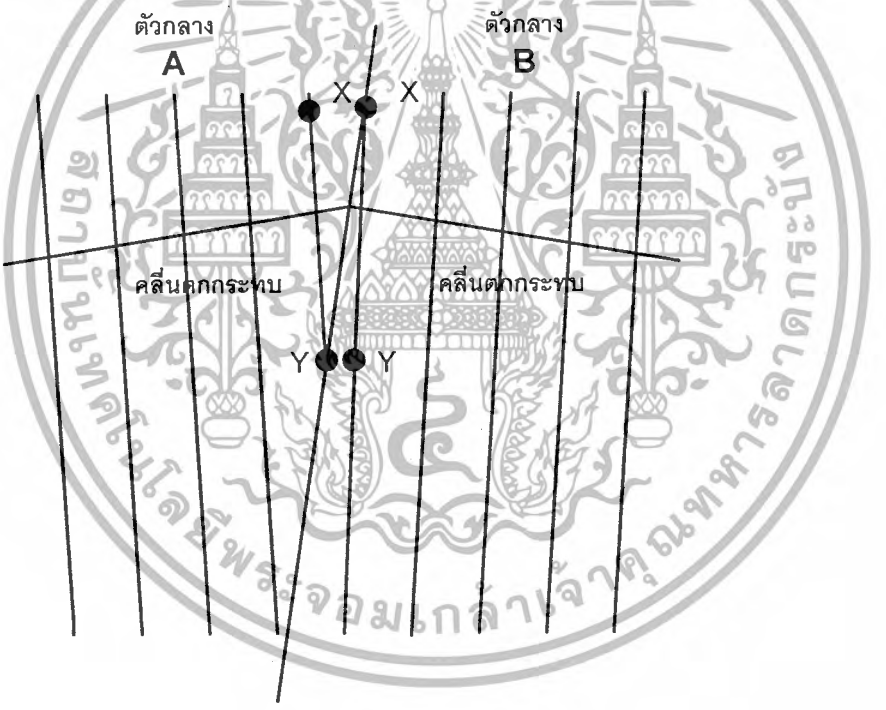
รูปที่ 2.5 คลื่นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การหักเหของคลื่น

การหักเห (Reflection) ของคลื่นเกิดขึ้น เมื่อคลื่นวิทยุเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าไม่เหมือนกัน โดยที่มุมตกกระทบ ณ ตัวกลางที่สองไม่เป็นมุมฉากแน่นอน พลังงานคลื่นส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับเข้าไปยังตัวกลางที่หนึ่ง โดยมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนกลับ แต่ยังมีพลังงานส่วนหนึ่งจะเดินทางเข้าไปยังตัวกลางที่สอง การเดินทางเข้าไปยังตัวกลางที่สองนี้จะไม่เป็นแนวเส้นตรงต่อไปจากแนวเดินทางในตัวกลางแรก แต่จะหักเหออกไปมากน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตัวกลางทั้งสอง

สาเหตุที่เกิดการหักเหของทางเดินของคลื่นวิทยุ เนื่องมาจากกฎที่ว่า ความเร็วของคลื่นวิทยุในตัวกลางที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าแตกต่างกันจะไม่เท่ากัน

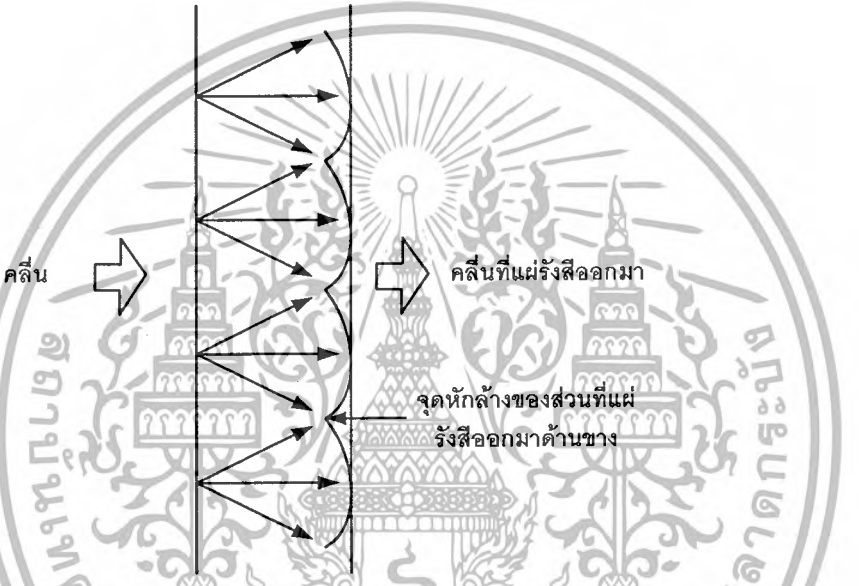


รูปที่ 2.6 การหักเหของคลื่น

เมื่อพิจารณารูป ทำให้เข้าใจสาเหตุแห่งความหนาแน่นกว่าของตัวกลาง A หน้าคลื่นบริเวณจุด Y จะผ่านเข้าไปในตัวกลาง B ก่อนหน้าคลื่นบริเวณจุด X เพราะว่าตัวกลาง B มีความหนาแน่นมากกว่าตัวกลางA ดังนั้น จะเคลื่อนจากจุด Y ไปสู่ Y' จะได้ระยะทางน้อยกว่าส่วนของคลื่นที่เคลื่อนที่อยู่ในตัวกลาง A คือ จากจุด X ไปสู่จุด X' ดังนั้น จึงทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของหน้าคลื่นเกิดขึ้น ทำให้ทิศทางการเดินทางของคลื่นนั้นเกิดการเบี่ยงเบนออกไปจากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏการณ์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ ปรากฏการณ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่เลี้ยวอ้อม (Diffraction) สิ่งกีดขวางไปได้ ที่เป็นดังนี้เพราะตามทฤษฎีของไฮย์เกน (Huygen) กล่าวว่า "จะมีพลังงานแผ่รังสีออกไปจากทุกๆจุดบนหน้าคลื่น" พลังงานของคลื่นที่แผ่รังสีออกไปข้างๆ จะหักล้างซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดการกระจายของคลื่นออกไปเพียงด้านหน้าเท่านั้น รูป แสดงให้เห็นถึงการแผ่รังสีของหน้าคลื่นที่เคลื่อนที่ไปโดยไม่มีสิ่งกีดขว้าง

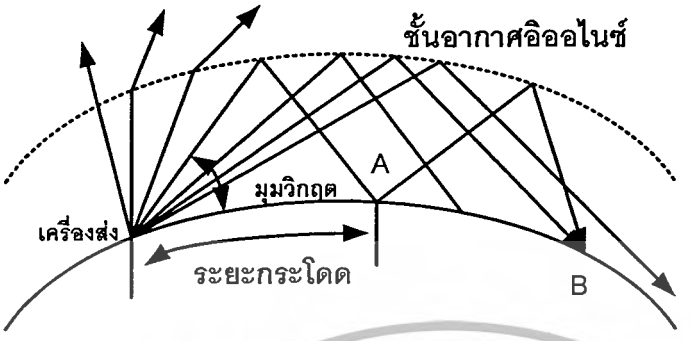


รูปที่ 2.7 การแผ่รังสีของหน้าคลื่น

2.3.4 คลื่นฟ้า

ระยะทางในการติดต่อสื่อสารจะเกิดขึ้นได้โดยการเดินทางของคลื่นฟ้า คลื่นฟ้า(Sky waves) จะเดินทางผ่านไปในอากาศเหนือพื้นดินซึ่งไม่ใช่ชั้นบรรยากาศซึ่งชั้นอากาศส่วนนี้เรียกว่าชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) ชั้นอากาศในส่วนนี้จะแปรเปลี่ยนสภาพอยู่ตลอดเวลา ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง เช่น สนามแม่เหล็กโลก เป็นต้น ดังนั้นจึงทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่า เงื่อนไขของคลื่นฟ้าจะมีคุณสมบัติที่คงที่ตลอดเวลาในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมงหรือในแต่ละวัน ดังนั้นในการสื่อสารด้วยคลื่นฟ้า จึงมักจะหมายถึง การสื่อสารด้วยการสะท้อน (Skip Communication) เพราะสัญญาณคลื่นที่ส่งออกไปจะเกิดการสะท้อนจากอากาศในชั้นไอโอโนสเฟียร์แล้ววิ่งกลับสู่พื้นโลก ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 2.8 ซึ่งจะเห็นว่าคลื่นจะเกิดการสะท้อนได้มากกว่าหนึ่งครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ลักษณะการเดินทางของคลื่นวิทยุที่ผ่านเข้าไปชั้นไอโอโนสเฟียร์

1) ชั้นไอโอโนสเฟียร์

อากาศในชั้นไอโอโนสเฟียร์เป็นชั้นอากาศบริเวณที่มีความกดดันต่ำ ซึ่งอิเล็กตรอนและอิออนอิสระสามารถเคลื่อนที่โดยไม่ก่อให้เกิดการรวมตัวกันเกิดเป็นอะตอมที่สภาพเป็นกลางได้ในบางครั้ง ดังนั้นเมื่อสัญญาณคลื่นเดินทางผ่านเข้าไปในอากาศชั้นนี้ อิเล็กตรอนและอิออนอิสระโดยสภาพจะมีลักษณะคล้ายกับเป็นสิ่งกีดขวางอยู่ ส่งผลให้คลื่นที่ตกกระทบเปลี่ยนทิศทางได้ทันทีและพุ่งตรงกลับมายังพื้นโลก

แสงอุลตร้าไวโอเล็ทจากแสงอาทิตย์จะทำให้ชั้นอากาศรอบนอกเกิดการอิออไนซ์ส่งผลให้ชั้นอากาศในบางบริเวณมีความเข้มของการอิออไนซ์สูงมาก ก่อให้เกิดชั้นบรรยากาศหรือเลเยอร์ (Layer) ขึ้น ซึ่งสภาพของชั้นบรรยากาศนี้จะโค้งขนานกับพื้นผิวโลกและอยู่เหนือจากพื้นโลกตั้งแต่ 25 ถึง 200 ไมล์ ซึ่งสัญญาณคลื่นที่วิ่งผ่านชั้นบรรยากาศเหล่านี้นั้นบ้างก็ทะลุฝ่าเข้าไปได้มาก บ้างก็ทะลุฝ่าเข้าไปได้เพียงเล็กน้อยแล้วจึงสะท้อนกลับสู่พื้นโลก

สภาวะการอิออไนซ์เซชั่นที่เกิดขึ้นในชั้นอากาศต่าง ๆ จะแปรเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลาซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในแต่ละช่วงเวลา หรือสภาพของฤดูกาลที่เปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้นองค์ประกอบเหล่านี้จึงมีผลกระทบอย่างมาก ต่อการส่งกระจายคลื่นไปอากาศสำหรับการสื่อสารในระยะทางไกล

ชั้นบรรยากาศ D จะอยู่เหนือพื้นโลก 37 ถึง 57 ไมล์โดยประมาณการอิออไนซ์เซชั่นที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศนี้จะมีผลกระทบโดยตรงจากสภาวะของแสงอาทิตย์ โดยจะเกิดการอิออไนซ์เซชั่นสูงสุดในช่วงกลางวันซึ่งมีแสดงอาทิตย์จ้า และจะค่อย ๆ ลดน้อยลงไปในช่วงตอนเย็น ในช่วงเวลาดังกล่าวสัญญาณคลื่นที่มีแบนด์ 80 และ 160 เมตร จะเกิดการสูงเสียไปเนื่องจากถูกดูดซับไปได้มากที่สุด ซึ่งเรียกว่าเกิด Absorption Loss และจะเหลือคลื่นบางส่วนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่

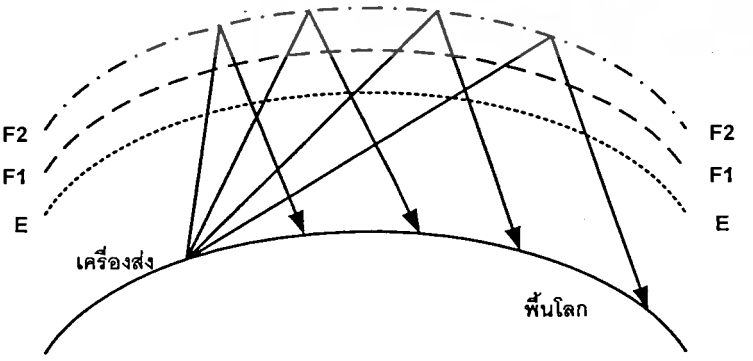
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะกลับมายังพื้นโลกได้ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาที่มีแสงแดดจัดมาก ๆ คลื่นดังกล่าวจะถูกชั้นบรรยากาศดูดซับไว้เกือบทั้งหมด

ชั้นบรรยากาศ D ดังกล่าวนี้จะไม่มีผลต่อการสะท้อนของคลื่นกลับมายังพื้นโลกแต่อย่างใด ดังนั้นจึงไม่มีประโยชน์ต่อการสื่อสาร DX ซึ่งอาจจะสรุปได้ว่าชั้นบรรยากาศดังกล่าวนี้มีผลเสียมากกว่าผลดี

ชั้นบรรยากาศถัดไปที่อยู่เหนือขึ้นไปได้แก่ชั้นบรรยากาศ E ซึ่งอยู่เหนือพื้นโลก 62 – 71 ไมล์โดยประมาณ ชั้นบรรยากาศ E นี้มีประโยชน์ต่อการสื่อสารคลื่นความถี่ด้านสูงของย่าน HF อย่างมาก และเหมาะสำหรับการสื่อสารคลื่นความถี่ด้านต่ำของย่านความถี่ VHF เช่นกัน แต่สำหรับคลื่นในย่านความถี่ MF และคลื่นความถี่ด้านต่ำในย่าน HF แล้วจะถูกดูดซับไว้ด้วยชั้นบรรยากาศ E นี้อย่างมาก ในลักษณะเดียวกับที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศ D ความหนาแน่นสูงสุดของชั้นบรรยากาศ E จะเกิดขึ้นใกล้ ๆ กับช่วงเวลากลางวัน และจะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงสภาพมีความหนาแน่นน้อยลงในช่วงเวลาเย็น ๆ เช่นเดียวกับชั้นบรรยากาศ D สภาวะการอิออไนซ์เซชั่นไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์แต่เพียงอย่างเดียวแต่ยังขึ้นอยู่กับแสง X – Ray และอนุภาคเล็ก ๆ ที่อยู่ภายในชั้นบรรยากาศด้วยเช่นกัน

ชั้นบรรยากาศที่มีผลดีต่อการสื่อสาร DX ของคลื่นในย่านความถี่ HF ได้แก่ชั้นบรรยากาศ F ซึ่งอยู่เหนือพื้นโลกขึ้นไปประมาณ 130 ถึง 260 ไมล์ ซึ่งสามารถเทียบกับชั้นบรรยากาศ E ได้ดังแสดงในรูป 3 ชั้นบรรยากาศ F นี้สามารถถูกแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนได้ในช่วงเวลากลางวันนั่นคือ ชั้นบรรยากาศ F1 เป็นชั้นบรรยากาศที่เบาบางกว่า และอยู่ในระดับชั้นที่ต่ำลงมา ซึ่งอยู่ในชั้นความสูงที่ 100 ไมล์โดยประมาณ และบางครั้งมีสภาพเสมือนชั้นบรรยากาศ E ส่วนชั้นที่อยู่เหนือขึ้นไปนั้นคือ ชั้นบรรยากาศ F2 ซึ่งมีประโยชน์ต่อการสื่อสารในระยะทางไกลได้ดี ชั้นบรรยากาศ F1 จะค่อย ๆ จางหายไปในช่วงเวลาเย็น ๆ



รูปที่ 2.9 ลักษณะการเดินทางของคลื่นความถี่สูงในช่วงเวลากลางวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ระยะสะท้อน (Skip distance) และย่านสะท้อน (Skip Zone)

ระยะสะท้อน คือ ระยะทางระหว่างจุดกำเนิดของสัญญาณและจุดรับสัญญาณคลื่นที่สะท้อนจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ลงสู่พื้นโลก ซึ่งในทางปฏิบัติสัญญาณที่สะท้อนจากชั้นบรรยากาศ F ลงสู่พื้นโลกนั้นมีระยะทางถึงหลายพันไมล์

ย่านสะท้อน จะมีความหมายที่แตกต่างไปจากระยะสะท้อนดังกล่าวข้างต้นซึ่งสามารถให้ความหมายได้ดังนี้คือ ระยะทางระหว่างขีดจำกัดของกราวนด์เวฟที่จะเดินทางไปได้ และจุดเริ่มต้นของคลื่นฟ้าที่สะท้อนกลับลงสู่พื้นโลกเมื่อเทียบกับตำแหน่งของสายอากาศส่งโดยความจริงแล้วย่านสะท้อนนี้สัญญาณมีพลังงานต่ำมาก

3) การเดินทางของคลื่นแบบสะท้อนครั้งเดียวและหลายครั้ง

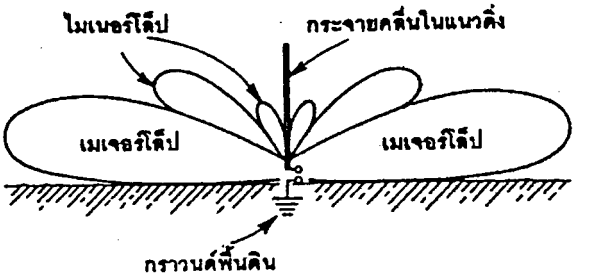
ได้กล่าวตั้งแต่ข้างต้นแล้วว่าสัญญาณที่สะท้อนกลับมายังพื้นโลกอาจจะสะท้อนจากพื้นโลกกลับขึ้นไปยังชั้นบรรยากาศได้อีกหลาย ๆ ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2 ที่จุด A และจุด B ซึ่งต้องเข้าใจสภาพของคลื่นวิทยุที่เดินทางไปในอากาศว่า คลื่นไม่ได้เดินทางไปในสภาพที่เหมือนกับลำแสง ซึ่งเกาะกลุ่มอยู่ในขอบเขตที่ค่อนข้างแน่นอนและพุ่งผ่านไปในอากาศ แต่คลื่นวิทยุจะแตกกระจัดกระจายครอบคลุมพื้นที่กว้างขวางมาก และเช่นกันหลังจากที่สะท้อนกลับจากชั้นไอโอโนสเฟียร์ก็ยังมีการแตกกระจายของคลื่นพุ่งกลับมายังพื้นโลกเช่นกัน และความแรงของการสะท้อนจะค่อย ๆ ลดลงหลังจากที่สะท้อนไปกลับหลาย ๆ ครั้ง ดังนั้นการเดินทางของคลื่นที่มีการสะท้อนหลาย ๆ ครั้ง จะทำให้สัญญาณที่รับได้ที่ปลายทางมีพลังงานลดต่ำลง

4) มุมการส่งกระจายคลื่นของสายอากาศ

ในขณะที่คลื่นถูกส่งออกจากสายอากาศด้านส่งจะเกิดมุมการเคลื่อนที่ค่าหนึ่งเมื่อวัดเทียบกับแนวระนาบของพื้นโลกซึ่งเรียกว่า "มุมการส่งกระจายคลื่น" สายอากาศบางชนิดจะมี แนวทางการส่งกระจายคลื่น หรือ เรดิเอชั่นโลบ (Radiation Lobe) มากกว่า 1 (ส่วนใหญ่แล้วจะมีมากกว่า 1 โลบเสมอ) แต่ละโลบก็จะมีความหนาแน่นของสัญญาณคลื่นและมุมการส่งกระจายคลื่นที่แตกต่างกันไปซึ่งแบ่งออกได้เป็น เมเจอร์โลบ (Major lobe) และไมเนอร์โลบ (Minor lobe) โดยแต่ละส่วนต่าง ๆ ก็มีผลกระทบต่อการส่งกระจายคลื่นในเงื่อนไขต่าง ๆ กัน

มุมการส่งกระจายคลื่นที่จะช่วยให้ DX เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้นจะต้องมีค่าต่ำ ๆ ทั้งนี้เพราะถ้ามุมการส่งกระจายคลื่นมีค่าสูงแล้วจะทำให้คลื่นมีการเดินทางในลักษณะที่เกิดการสะท้อนหลายครั้งกว่าจะถึงสายอากาศด้านรับ ทำให้พลังงานคลื่นที่รับได้ลดลงไปดังกล่าวแล้ว หรือกล่าวได้ว่า ถ้าส่งคลื่นไปในอากาศด้วยมุมการส่งกระจายคลื่นต่ำต่ำ ๆ จะสามารถช่วยให้คลื่นเดินทางไปถึงสายอากาศด้านรับด้วยการสะท้อนเพียงครั้งเดียว ทำให้พลังงานคลื่นไม่เกิดการสูญเสียมากนัก มุมการส่งกระจายคลื่นที่ช่วยให้การสื่อสาร DX มีประสิทธิภาพที่ดีได้นั้นอยู่ระหว่าง 10 ถึง 20 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ลักษณะของการส่งกระจายคลื่นด้วยค่ามุมส่งกระจายคลื่นต่าง ๆ

สำหรับการส่งกระจายคลื่นในระยะใกล้ ๆ นั้น มักจะส่งกระจายคลื่นด้วยมุมการส่งกระจายคลื่นค่าสูง ๆ ในรูปที่ 4 แสดงถึงลักษณะของเรดิเอชั่นโลบที่เกิดขึ้น โดยเริ่มจากสายอากาศด้านส่ง องค์ประกอบที่สำคัญนอกเหนือจากการออกแบบสายอากาศก็คือ ระยะความสูงที่ติดตั้งเหนือพื้นดินเทียบกับมุมการส่งกระจายคลื่น นั่นคือสายอากาศที่ติดตั้งสูงเหนือพื้นดินมากจะทำให้มุมการส่งกระจายมีค่าต่ำ ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไประยะที่ติดตั้งควรจะมีค่าเกินกว่า 0.5 เท่าของความยาวคลื่นที่ส่งออกไป ตังอย่างเช่น สายอากาศแบบฮอริซันทอลขนาด 40 เมตร ควรจะติดตั้งอยู่เหนือพื้นดินในระดับ 70 ฟุต หรือมากกว่า เป็นต้น ยกเว้นในกรณีที่ใช้สายอากาศแบบเวอร์ติคอลที่มีระบบกราวนด์ที่ดี (โดยการฝังหรือวางเรเดียลไวร์บนพื้น) สายอากาศแบบเวอร์ติคอลมีมุมการส่งกระจายคลื่นต่ำ ส่วนข้อดีอื่น ๆ ได้แก่ สามารถตอบสนองต่อสัญญาณจากทุกทิศทางได้ดีเท่าเทียมกัน ซึ่งเรียกว่ามีการตอบสนองแบบทุกทิศทางหรือ Omin directional นั่นเอง แต่เนื่องจากสายอากาศชนิดนี้รับสัญญาณได้ดีนั่นเอง จึงทำให้สามารถรับสัญญาณรบกวนเข้ามาได้มากกว่าสายอากาศแบบฮอริซันทอล ดังนั้นในกรณีที่ปฏิบัติงานอยู่ในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนมาก จะทำให้ไม่สามารถรับสัญญาณที่มีพลังงานต่ำ ๆ ได้เลย

สำหรับสายอากาศแบบฮอริซันทอล มีคุณสมบัติเกี่ยวกับทิศทางการส่งและรับสัญญาณได้ดีเมื่อติดตั้งอยู่เหนือพื้นดิน คุณสมบัติดังกล่าวช่วยให้สามารถลดสัญญาณรบกวนที่มาจากทิศทางที่แตกต่างไปจากทิศทางของสายอากาศได้ เช่น สัญญาณรบกวนที่ถูกสร้างขึ้นจากมนุษย์ เช่น จากอุปกรณ์ไฟฟ้าหลาย ๆ ชนิด มีโพราไลซ์ทางด้านเวอร์ติคอล ดังนั้นจึงไม่สามารถรบกวนสัญญาณที่รับได้โดยสายอากาศแบบฮอริซันทอลได้

5) ย่านความถี่ที่เหมาะสมต่อการส่งกระจายคลื่นในแต่ละช่วงเวลา

ดังตารางได้สรุปรวบรวมไว้อย่างคร่าว ๆ เกี่ยวกับย่านความถี่ของสัญญาณคลื่นที่เหมาะสมต่อการส่งกระจายคลื่นในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน ซึ่งจะสามารถเป็นแนวทางทางช่วยให้การสื่อสาร DX และการปรับแต่งสายอากาศสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะทางที่ระบุอยู่ในตารางขึ้นอยู่กับสภาพของอากาศซึ่งมีแสงแดดจ้า หรืออากาศครึ้มฝน โดยแถบความถี่ที่ระบุจึงถือว่าเป็นค่าโดยประมาณ ในทางปฏิบัติต้องอาศัยคุณสมบัติที่ดีของสายอากาศกำลังส่งของเครื่องส่งกระจายคลื่นและเงื่อนไขของแถบความถี่ในช่วงเวลานั้นๆประกอบกันข้อมูลดังกล่าวอ้างถึงการเดินทางของคลื่นในลักษณะที่มีการสะท้อนเพียงครั้งเดียวเท่านั้น

ตารางที่ 2.1 ระยะทางในการแพร่กระจ่ายคลื่นในแต่ล่ะช่วงเวลา

แถบความถี่ (MHz)	ระยะทาง (กลางวัน) (ไมล์)	ระยะทาง (กลางคืน) (ไมล์)
1.8	0 – 50	0 – 3000
3.5	0 – 100	0 – 3000
7.0	0 – 1000	0 – 3000
10.1	0 – 2000	0 – 4000
14.0	0 – 4000	0 – 100
21.0	0 – 4000	0 – 100
28.0	0 – 5000	0 – 100

2.4 พื้นฐานของเครื่องส่งวิทยุ

ในหัวข้อที่แล้วท่านได้ศึกษาถึงพื้นฐานของวงจรเครื่องรับวิทยุมาแล้วในหัวข้อนี้ท่านจะได้ศึกษาถึงเครื่องส่งว่าทำงานได้อย่างไร และหลักการต่างๆ ที่เครื่องส่งจะนำพาเสียงของผู้ส่งไปได้ไกลเพียงใด

2.4.1 เครื่องส่งวิทยุหรือทรานส์มิตเตอร์

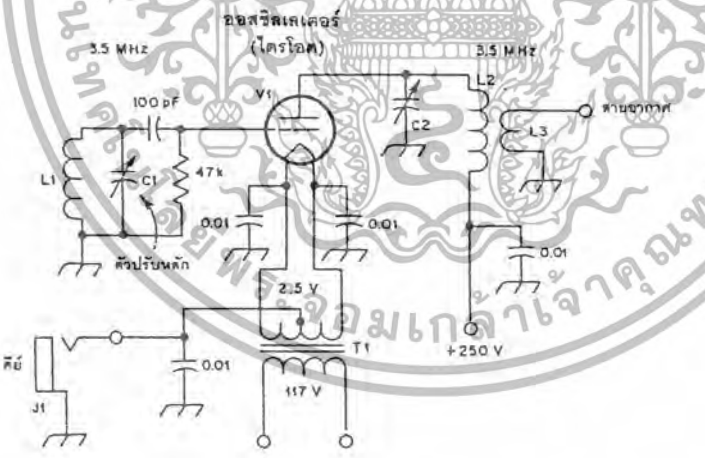
ในสมัยเริ่มต้นของการประดิษฐ์เครื่องส่งวิทยุขึ้นใช้งานนั้นจะมีการใช้งานเครื่องส่งแบบสปาร์ค ทรานส์มิตเตอร์ ถ้าเทียบกับมาตรฐานของเครื่องส่งวิทยุในปัจจุบันเครื่องส่งรุ่นเก่าจะมีความไม่ละเอียดหรือคุณภาพในการรับสัญญาณได้ไม่ดี หรือคุณภาพในการผลิตสัญญาณรหัสมอด (Morse Code) ค่อนข้างต่ำ เครื่องส่งรุ่นเก่ามีขั้นตอนการทำงานพอสรุปได้ดังนี้คือ แรงดันไฟฟ้าจะถูกป้อนเข้าไปยังส่วนตัดต่อซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางกล และก่อให้เกิดประกายไฟขึ้นเมื่อแป้นพิมพ์โทรเลขถูกกดพลังงานของสัญญาณแถบความถี่กว้างจะถูกบีบให้แคบลง และรวมกันอยู่ในแถบความถี่ที่แคบลงโดยการปรับวงจรจูนซึ่งเกิดการรีโซแนนท์ที่ความถี่ที่ต้องการ ข้อเสียของเครื่องวิทยุชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คือ ถูกรบกวนจากคลื่นของสถานีวิทยุและโทรทัศน์ข้างเคียงได้ง่าย และไม่สามารถนำมาใช้ในปัจจุบันได้

ในยุคถัดมาคือการเข้ามาแทนที่ของยุคหลอดสุญญากาศ ซึ่งทำให้คุณภาพของเครื่องส่งได้รับการพัฒนาขึ้น สามารถส่งได้ระยะไกลมากขึ้นและสามารถส่งได้หลาย ๆ ย่านความถี่เป็นต้น เครื่องส่งแบบหลอดสุญญากาศรุ่นเก่า ๆ จะใช้คอยล์และคาปาซิสเตอร์ในการควบคุมความถี่ปฏิบัติงานวงจร LC ดังกล่าวจะถูกจูนไปยังความถี่ปฏิบัติงานที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.11 แสดงถึงรูปแบบเครื่องส่งวิทยุอย่างง่าย C1 และ L1 จะถูกจูนไปยังความถี่ปฏิบัติงานที่ต้องการ C1 เป็นตัวหลักในการควบคุมความถี่ C2 และ L2 ก็จะถูกใช้ในการจูนหาความถี่ปฏิบัติงานเช่นกัน ส่วน L3 จะทำหน้าที่คัปเปิ้ลพลังงานบางส่วนที่เอาท์พุทเข้าไปยังวงจรสายอากาศ วงจรดังกล่าวเรียกกันว่าวงจรออสซิลเลเตอร์ หรือ “LC ออสซิลเลเตอร์” แป้นพิมพ์จะถูกต่อพ่วงเข้าที่ J1 เมื่อแป้นพิมพ์ไม่ได้ถูกเคาะหน้าสัมผัสของแป้นพิมพ์จะเปิดวงจรทำให้ไม่มีสัญญาณไฟตรงไหลย้อนกลับผ่านวงจรออสซิลเลเตอร์จึงไม่เกิดการออสซิลเลต แต่เมื่อแป้นพิมพ์ถูกกดหน้าสัมผัสจะปิดเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหน้าสัมผัสทำให้เกิดพลังงานขึ้น วงจรในลักษณะดังกล่าวนี้ยังคงมีการใช้งานปัจจุบันแต่ไม่ใช่วงจรเครื่องส่งวิทยุ ส่วนใหญ่จะใช้เป็นส่วนประกอบในวงจรอื่น ๆ

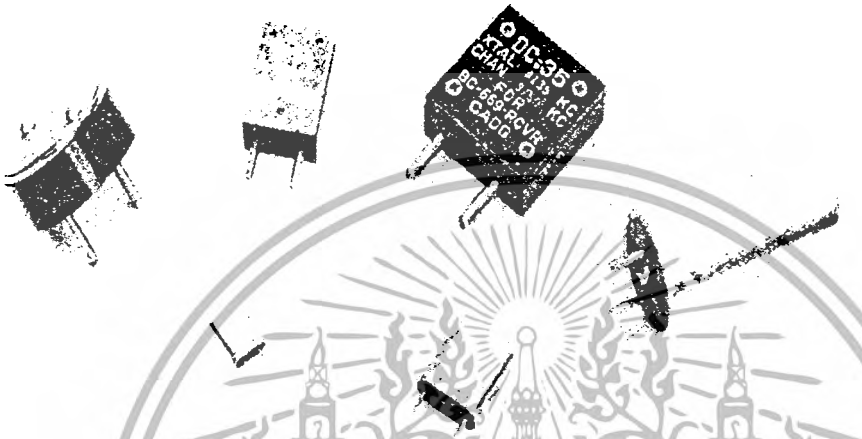


รูปที่ 2.11 วงจรเครื่องส่งวิทยุแบบใช้หลอดสุญญากาศแบบเก่า

ในรูปที่ 2.12 แสดงถึงรูปแบบของควอทซ์คริสตัลชนิดต่าง ๆ โครงสร้างภายในของคริสตัลประกอบด้วยผลึกคริสตัลถูกประกบอยู่ด้วยอิเล็กโตรดสองแผ่นและบรรจุอยู่ในกล่องปิดมิดชิดที่เป็นฉนวนเมื่อผลึกถูกกระตุ้นโดยกระแสไฟฟ้าดังเช่นในวงจรออสซิลเลเตอร์ ผลึกจะเกิดการสั่นสะเทือนความถี่ปฏิบัติงานที่ผลิตขึ้นมาจะถูกกำหนดโดยความถี่ของการสั่นสะเทือนของผลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
59457

(จำนวนครั้ง / วินาที) ตัวอย่างเช่น ผลึก 3.5 MHz จะสั่นสะเทือนด้วยความถี่ 3.5 ล้านครั้งต่อวินาที ส่วนความหนาของผลึกจะเป็นตัวกำหนดอัตราการสั่นสะเทือน ในปัจจุบันวิธีการในการเจียรผลึกจะใช้ขบวนการเอ็ชชิ่ง (etching process) ส่วนวิธีการแบบเก่าจะใช้การเจียรด้วยมือ

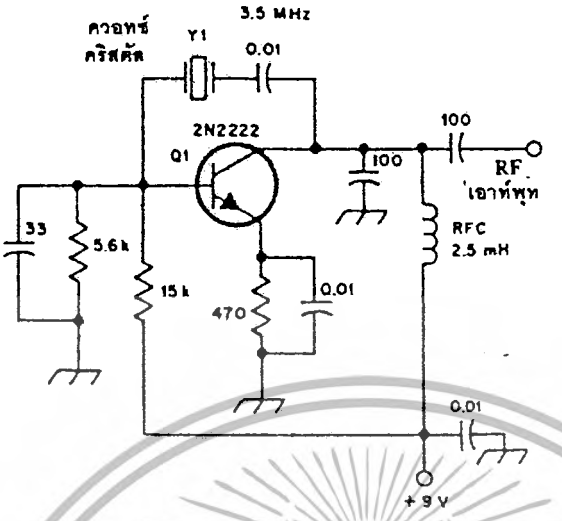


รูปที่ 2.12 ควอทซ์คริสตัลต่อใช้งานได้ทันที่แบบต่าง ๆ

ตัวอย่างของออสซิลเลเตอร์แบบควบคุมผลึก (Crystal Control Oscillator) แสดงได้ดังรูปที่ 2.13 ออสซิลเลเตอร์ชนิดนี้เป็นแบบไม่มีการจูนเนื่องจากปราศจากคอล์ยปรับจูนและคาปาซิสเตอร์ เพราะฉะนั้นจึงสามารถปฏิบัติงานได้ที่ความถี่ของผลึก (Y1) เพียงความถี่เดียว ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงความถี่ใหม่จะต้องเปลี่ยนแปลง Y1 จงจรดังกล่าวเหมือนกับวงจรออสซิลเลเตอร์ทั่ว ๆ ไปซึ่งโดยพื้นฐานแล้วก็คือวงจรขยายสัญญาณหรือวงจรแอมปริไฟร์เออร์นั่นเอง แต่มีการป้อนกลับพลังงานค้ายเอาท์พุทบางส่วนไปยังด้านอินพุทของวงจรแอมป์ปริไฟร์เออร์จึงทำให้เกิดการออสซิลเลทของผลึกคริสตัลขึ้นได้

ตามหน้าที่ของวงจรแอมป์ฯ ถ้าใช้ในลักษณะที่เป็นวงจรแอมป์ฯ สำหรับการขยายสัญญาณเพียงอย่างเดียวแล้วไม่ควรจะทำให้เกิดการออสซิลเลทขึ้น แต่ในบางครั้งอาจจะเนื่องจากความบกพร่องของการออแบบ ทำให้มีพลังงานบางส่วนทางด้านเอาท์พุทถูกป้อนกลับไปยังด้านอินพุทของวงจรแอมป์ฯ ก่อให้เกิดความไม่มีเสถียรภาพของวงจรขึ้นจึงกลายเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ขึ้นได้ วงจรดังรูปที่ 3 เรียกว่าเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบเพี๊ยซ (Pierce Oscillator) ซึ่งตั้งชื่อตามชื่อของผู้คิดค้นวงจรดังกล่าว คริสตับออสซิลเลเตอร์มีอยู่มากมายหลายชนิดได้แก่ แบบคอลพิทช์ (Colpitts) แบบไทรเทท (Tri-tet) แบบแคล์ป (Clapp) แบบโอเวอร์โทน (Overtone) และแบบบัทเลอร์ (Butler) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 วงจรออสซิลเลเตอร์ควบคุมผลึกแบบเพียช

2.4.2 วงจรออสซิลเลเตอร์

วงจรออสซิลเลอร์ (Oscillator) คือวงจรที่จะทำให้เกิดกระแสสลับความถี่วิทยุ หรือเรียกว่าวงจรก่อกำเนิดความถี่วิทยุ เป็นวงจรอันดับต้นของเครื่องส่งวิทยุ และมีใช้อยู่ในเครื่องรับวิทยุแบบซูปเปอร์เฮตเทอร์โรดายน์ วงจรออสซิลเลเตอร์มีหลายชนิด เช่น

1) ชนิดใช้ผลึก (Quartz Crystal) ควบคุมความถี่วิทยุ ซึ่งได้ความถี่คงที่แน่นอนดีมาก

2) ชนิดวีเอฟโอ (VFO: Varuable Frequency Oscillator) ความถี่ที่ได้จะไม่คงที่แน่นอนนัก

3) ชนิดสังเคราะห์ความถี่ (Frequency Synthesizer) ได้ความถี่คงที่แน่นอน ต้องใช้วงจรกรองกระแส ป้องกันมิให้ความถี่รบกวนที่ไม่ต้องการออกไป

2.4.3 การเปลี่ยนขนาดความถี่วิทยุ

ขนาดความถี่วิทยุของออสซิลเลเตอร์จะเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

1) ถ้าเป็นวงจรใช้ผลึก จะต้องเปลี่ยนใหม่ (หนาหรือบางกว่าเก่า)

2) ถ้าเป็นวงจรวีเอฟโอ ต้องเปลี่ยนค่าอันดัคแตนซ์ของขดลวด หรือเปลี่ยนค่าความจุไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ของวงจรรีโซแนนซ์

3) ถ้าเป็นชนิดใช้เครื่องทำความถี่สังเคราะห์ ต้องทำให้หมุนเปลี่ยนค่าความถี่วิทยุได้เป็นขั้นๆ เช่น ขั้นละ 5 กิโลเฮิรตซ์ หรือขั้นละ 25 กิโลเฮิรตซ์ วงจรชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากโดยเฉพาะในเครื่องรับส่งวิทยุสมัครเล่น เพราะใช้ได้สะดวก และได้ความถี่วิทยุที่แน่นอน และดีกว่าชนิดที่ใช้วงจรวีเอฟโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ขนาดความถี่วิทยุที่ควบคุม

1) ข้อบังคับวิทยุสากลของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ กำหนดให้ความถี่ตั้งแต่ 10 กิโลเฮิรตซ์ ขึ้นไปจนถึง 275 กิกะเฮิรตซ์ เป็นความถี่สำหรับใช้ในกิจการวิทยุระหว่างประเทศที่จะต้องจัดสรรตามประเภทของกิจการวิทยุ

2) พระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ.2498 มาตรา 4 กำหนดความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตั้งแต่ 10 กิโลเฮิรตซ์ จนถึง 300,000 เมกะเฮิรตซ์ เป็นความถี่ที่ต้องควบคุม ผู้ขอใช้จะต้องขออนุญาตจากกรมไปรษณีย์โทรเลขก่อน

2.4.5 คลื่นพาห์

คลื่นพาห์ หมายถึง คลื่นวิทยุที่ไม่มีการแปรรูปคลื่น หรือคลื่นวิทยุที่ส่งออกจากสายอากาศเครื่องส่ง เพื่อจะใช้เป็นพาหะนำสัญญาณเสียงไปสู่เครื่องรับ แต่ยังไม่มีสัญญาณเสียง

2.4.6 การมอดูเลตคลื่นวิทยุ

การมอดูเลตคลื่นวิทยุ (Modulation) หมายถึง การเอาความถี่เสียง (AF : Audio Frequency) กับความถี่วิทยุ (RF : Radio Frequency) ผสมกัน หรือการเอาความถี่เสียงไปบีบบังคับความถี่วิทยุให้เป็นรูปคลื่นวิทยุแปรเปลี่ยนไป วิธีการแปรรูปคลื่นวิทยุที่ใช้กันมาคมี 2 วิธี คือ

1) การมอดูเลทคลื่นวิทยุทางแอมปลิจูด คือ การทำให้แอมปลิจูดของคลื่นวิทยุเปลี่ยนรูปไป เรียกว่า แอมปลิจูดมอดูเลชั่น (AM : Amplitude Modulation) มีสัญลักษณ์ต่างๆ กันดังนี้

A_0 หมายถึง ไม่มีการแปรรูปคลื่น (มีแต่คลื่นพาห์เพียงอย่างเดียว)

A_1 หมายถึง วิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดไม่มีเสียง

A_2 หมายถึง วิทยุโทรเลขรหัสมอดชนิดมีเสียง

A_3 หมายถึง วิทยุโทรศัพท์

A_4 หมายถึง วิทยุโทรภาพ (Facsimile)

A_5 หมายถึง วิทยุโทรทัศน์ (Television)

2) การแปรรูปคลื่นวิทยุทางความถี่ (FM : Frequency Modulation) คือ การทำให้ความถี่ของคลื่นวิทยุแปรเปลี่ยนไปเป็นความถี่สูงขึ้น และเป็นความถี่ต่ำลง มีสัญลักษณ์ต่างๆ กันดังนี้

F_1 หมายถึง วิทยวิทยุโทรเลขระบบเอฟเอสเค (FSK: Frequency Shift Keying)

F_2 หมายถึง วิทยุโทรเลขระบบเอฟเอสเคที่มีเสียง

F_3 หมายถึง วิทยุโทรศัพท์

F_4 หมายถึง วิทยุโทรภาพ (Facsimile)

F_5 หมายถึง วิทยุโทรทัศน์ (Television)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปรรูปคลื่นวิทยุทางความถี่ มีข้อกำหนดว่า ความถี่ที่ใช้ต้องไม่ต่ำกว่า 30 เมกะเฮิรตซ์ ต้องเป็นความถี่วิทยุในย่านวีเอชเอฟ, ยูเอชเอฟ และเอสเอชเอฟ ส่วนการแปรรูปคลื่นวิทยุทางขนาดของสัญญาณไม่มีข้อห้าม จะใช้ความถี่วิทยุขนาดใดๆ ก็ได้ เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่นขนาดเล็กชนิดมือถือ ซึ่งใช้ความถี่ย่าน 144-148 เมกะเฮิรตซ์ นิยมใช้การแปรรูปคลื่นวิทยุของความถี่สำหรับทำวิทยุโทรทัศน์ขนาดเล็กแบบที่เรียกว่า วิทยุประชาชน หรือเรียกย่อว่า ซีบี มักใช้การแปรรูปคลื่นทางขนาด และใช้ความถี่ระหว่าง 26,957-27,283 กิโลเฮิรตซ์

2.4.7 ความกว้างของแถบคลื่นวิทยุ

การส่งคลื่นวิทยุเป็นพาหะอย่างเดียว จะไม่เกิดแถบวิทยุหรือแถวข้าง จนกระทั่งมีการแปรรูปคลื่นวิทยุ จึงจะเกิดแถบคลื่นวิทยุแผ่กว้างออกไปจากความถี่ที่เป็นคลื่นพาห์ ตามแต่ละประเภทของคลื่นวิทยุ เช่น

1) การแปรรูปคลื่นวิทยุทางขนาด หรือเอเอ็ม สำหรับวิทยุโทรทัศน์ชนิดที่มีแถบข้าง เป็น 2 ข้าง (DSB : Double Side Band) ใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3,000 เฮิรตซ์ จะมีแถบคลื่นวิทยุกว้าง 3,000 บวกกับอีก 3,000 เท่ากับ 6,000 เฮิรตซ์ ถ้าเป็นวิทยุโทรศัพท์ชนิดที่มีแถบข้างเพียงข้างเดียว หรือที่เรียกว่า ซิงเกิ้ลไซด์แบนด์ ใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3,000 เฮิรตซ์ หรือเท่ากับ 3 กิโลเฮิรตซ์

2) การแปรรูปเคลื่อนทางความถี่ หรือเอฟเอ็ม สำหรับระบบวิทยุโทรศัพท์เพื่อการพาณิชย์ ใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3 กิโลเฮิรตซ์ จะมีแถบคลื่นกว้าง 36 กิโลเฮิรตซ์ แต่สำหรับวิทยุโทรศัพท์ในกิจการวิทยุสมัครเล่นนั้น จะถูกบีบให้มีแถบคลื่นวิทยุลดลงเหลือกว้างเพียง 16 กิโลเฮิรตซ์ เท่านั้น

2.4.8 คลื่นวิทยุที่คลื่นอื่นปะปนออกไป

คลื่นส่งวิทยุที่ดีจะส่งคลื่นที่บริสุทธิ์ออกไปเป็นคลื่นพาห์ แต่เครื่องส่งวิทยุบางเครื่องจะส่งคลื่นอย่างอื่นปะปนออกไปด้วย เนื่องจากความบกพร่องของวงจรเครื่องส่ง คลื่นเหล่านี้ได้แก่

1) คลื่นฮาร์มอนิก ซึ่งมีขนาดความถี่เป็น 2 เท่า 3 เท่า เป็นต้น ของเคลื่อนความถี่พาห์ ทำให้กำลังคลื่นพาห์ลดน้อยลง เพราะต้องแบ่งกำลังไปอยู่ที่คลื่นฮาร์มอนิก และไม่ให้ประโยชน์ใดในการรับฟัง คลื่นฮาร์มอนิกยังไปรบกวนเคลื่อนรับอื่น ๆ ที่กำลังรับฟังเคลื่อนพาห์ของสถานีอื่น ซึ่งมีความถี่กับคลื่นฮาร์มอนิกนี้ด้วย

2) คลื่นพาราซิติก (Parasitic Oscillation) มักเกิดขึ้นในวงจรการขยายแรงไฟความถี่วิทยุย่านวีเอชเอฟ และเอชเอฟ มีความถี่ไม่แน่นอนปะปนแพร่ออกไปอยู่ที่คลื่นพาห์ ทำให้คลื่นมีกำลังลดลง เพราะกำลังส่วนหนึ่งต้องเสียไปในการส่งคลื่นพาราซิติกนี้

คลื่นที่ปะปนออกไปกับคลื่นพาห์นี้เป็นคลื่นเทียม (Spurious Transmission) เป็นตัวที่ไปรบกวนเครื่องรับอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง เช่น ไปรบกวนเครื่องรับโทรทัศน์ และเครื่องรับวิทยุ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องส่งวิทยุคมนาคมที่ดี จะต้องมีวงจรทำลายคลื่นฮาร์โมนิก และคลื่นเทียม หรือลดความแรงของคลื่นที่ไม่พึงประสงค์เหล่านี้ให้เหลือน้อยที่สุด

2.4.9 เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่น

กรมไปรษณีย์โทรเลขอนุญาตให้จดทะเบียนใช้เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่นได้ เฉพาะในกรณีต่อไปนี้

1) ความถี่วิทยุใช้ย่านความถี่ 144-146 เมกะเฮิรตซ์ หรือความยาวคลื่นในย่าน 2 เมตร

1.1) กำลังส่ง ไม่เกิน 10 วัตต์

1.2) ระบบสื่อสารใช้เฉพาะวิทยุโทรทัศน์ระบบเอฟเอ็ม คือ F_3

2.5 เครื่องรับวิทยุ

2.5.1 ประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุ

สิ่งที่แสดงประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นเครื่องรับวิทยุกระจายเสียงหรือเครื่องรับวิทยุคมนาคมที่นักวิทยุสมัครเล่นใช้ในการติดต่อสื่อสารทางวิทยุ ได้แก่

1) ความไวในการรับ หมายถึง ความสามารถในการรับสัญญาณวิทยุเบาๆ มีความแรงน้อยได้ เครื่องรับที่มีความไวน้อยต้องการสัญญาณวิทยุที่แรงมากๆ จึงจะทำให้ได้ยินเสียงได้

2) ความสามารถเลือกเฟ้นสัญญาณ หมายถึง ความสามารถแยกสถานีวิทยุที่ต้องการรับฟังให้ออกมาจากกลุ่มสัญญาณของสถานีวิทยุที่อยู่ข้างเคียงได้ทำให้เสียงรบกวนจากสถานีที่ไม่ต้องการรับฟังเบาบางลงไปมากๆ ถ้าเครื่องรับมีความสามารถเลือกรับสัญญาณดี ทำให้การเลือกรับสัญญาณที่ต้องการได้ง่าย และถูกต้องแม่นยำ

3) ความชัดของสัญญาณเสียง หมายถึง ความสามารถที่ทำให้เสียงที่รับฟังได้จากเครื่องรับวิทยุชัดเจนคล้ายคลึงกับเสียงที่มาจากต้นเสียงมากที่สุดในการรับฟังวิทยุโทรทัศน์นั้นเพราะวิทยุกระจายเสียง และวิทยุโทรทัศน์ มีทั้งเสียงพูด และเสียงดนตรี มีย่านความถี่เสียงกว้างกว่าที่ใช้ในงานวิทยุโทรศัพท์มาก

4) ความมีเสถียรภาพ หมายถึง ความสามารถทำให้สัญญาณวิทยุปรับนิ่งอยู่ตรงความถี่วิทยุปรับนิ่งอยู่ตรงความถี่วิทยุที่รับฟังได้ตลอดเวลา เครื่องรับวิทยุบางแบบ หรือบางเครื่อง โดยเฉพาะเครื่องรับวิทยุใช้หลอด เมื่อปรับให้รับคลื่นของสถานีวิทยุแห่งหนึ่งได้แล้ว จะได้ยินเสียงดังที่สุดช่วงหนึ่งแล้วเสียงจะเบาลงไป เพราะความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องรับ ทำให้ค่าของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ค่าคาปาซิเตอร์หรือค่าอินดัคเตอร์ที่เปลี่ยนไป ทำให้ความถี่รีโซแนนซ์ที่เกิดขึ้นคลาดเคลื่อนไป หรือเคลื่อนไปจากความถี่วิทยุที่ส่งมา จึงต้องปรับแต่งเครื่องรับ ให้ได้ความถี่ตรงกับความถี่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งมาอีกครั้งเสียงจึงจะดังขึ้นเท่าเดิมเครื่องรับชนิดใดทรานซิสเตอร์จะมีเสถียรภาพดีกว่าเครื่องรับชนิดหลอด

2.5.2 ดีเทคเตอร์

วงจรสำคัญที่เครื่องรับวิทยุจะขาดเสียมิได้ คือ วงจรดีเทคเตอร์ (Detector) เพราะดีเทคเตอร์เป็นตัวแยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณวิทยุ

ในระบบการแปรรูปคลื่นวิทยุทางขนาด หรือเอเอ็ม ใช้หลอดไดโอด หรือสิ่งที่ทำงานได้อย่างหลอดไดโอด เช่น แร่เยอรมันเนียม หรือแร่ซิลิกอน ในสมัยเริ่มแรกที่มีวิทยุกระจายเสียง เครื่องรับวิทยุกระจายเสียงที่มีดีเทคแบบง่าย ๆ เป็นกาลินา หรือแร่ซิลิกอน เรียกว่า เครื่องแร่ ต่อมาดีเทคเตอร์จึงเป็นหลอดไดโอด และเป็นทรานซิสเตอร์ มีชื่อเรียกต่าง ๆ กันตามหน้าที่การทำงาน เช่น ไดโอดดีเทคเตอร์, รีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์,เพลทดีเทคเตอร์ เอฟเอ็มเรียกว่า ดิสคริมิเนเตอร์ (Frequency Discriminator) ต่อมามีเรโชดีเทคเตอร์ (Ratio Detector) ซึ่งเรียกดีเทคเตอร์ว่า ดีมอดดูเลเตอร์ เพื่อให้ หมายถึง สิ่งที่ทำหน้าที่กลับกันกับมอดูเลเตอร์

2.5.3 ระบบการรับคลื่นวิทยุ

เครื่องรับวิทยุแบบง่ายที่สุด คือ เครื่องแร่ มีดีเทคเตอร์เป็นก้อนแร่กับเข็มจิ้มแร่ และใช้หูฟังเป็นเครื่องเปลี่ยนความถี่เสียงเป็นเคลื่อนเสียง เครื่องแร่ใช้รับวิทยุกระจายเสียง และเครื่องรับวิทยุโทรศัพท์ระบบเอเอ็ม กับวิทยุโทรเลขรหัสมอดชนิดไม่มีเสียงไม่ได้

เครื่องรับวิทยุชนิดหลอดแบบง่ายที่มีใช้ทั่วไป คือ แบบที่ใช้ดีเทคเตอร์แบบรีเจนเนอเรทีฟ (Regenerative Detector) เพียงหลอดเดียว ใช้รับวิทยุกระจายเสียง, วิทยุโทรศัพท์, วิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดมีเสียง และวิทยุโทรเลขรหัสมอดชนิดไม่มีเสียงได้การรับสัญญาณวิทยุโทรเลขรหัสมอดชนิดไม่มีเสียง ใช้วิธีปรับแต่งวงจรป้อนกำลังกลับให้ดีเทคเตอร์เกิดการออสซิลเลต เป็นความถี่เกือบเท่าความถี่วิทยุที่รับฟัง ให้ผลต่างของความถี่สองมากระทบกัน (Bear) เป็นความพี่เสียงประมาณ 500-1,000 เฮิรตซ์ เช่น เมื่อรับฟังความพี่ 14,000 กิโลเฮิรตซ์แล้ว จะได้ยินเสียงกระทบกันความถี่ 500 เฮิรตซ์

ถ้าลดการป้อนกำลังกลับให้น้อยลงจนไม่เกิดการออสซิลเลต ดีเทคเตอร์จะอยู่ในสภาวะรีเจนเนอเรต (Regenerate) คือ เป็นรีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์ มีความไวในการรับฟังเพิ่มมากขึ้น รับสัญญาณวิทยุโทรเลขชนิดมีเสียง วิทยุโทรศัพท์ และวิทยุกระจายเสียงได้ความแรงสูงมาก เครื่องรับวิทยุแบบปรับเปลี่ยนความถี่วิทยุ (TRF : Tuned Radio Frequency) มีหลอดขยายแรงไฟความถี่วิทยุเป็นหลอดต้น ทำหน้าที่ปรับความถี่วิทยุของวงจรขาเข้า ให้ได้เท่ากับความถี่วิทยุที่รับฟังแล้ว จึงส่งแรงไฟที่ขยายแล้วไปเข้าหลอดรีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์ แต่ยังใช้งานได้ไม่ดีเหมือนกับเรื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮตเทอร์โรดายน์ (Superheterodyne)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮตเทอร์โรดายน์ มีหลักการทำงานที่สำคัญ คือ ใช้วิธีเปลี่ยนความถี่วิทยุที่รับเข้ามาให้เป็นความถี่กลาง (IF) เสียก่อน เพื่อขยายความแรงให้มากขึ้น แล้วจึงส่งเข้าวงจรดีเทคเตอร์เพื่อแยกความถี่เสียงออกมา

ภาคแรกของเครื่องรับวิทยุเป็นภาคขยายแรงไฟความถี่วิทยุที่รับมาจากสายอากาศ แล้วจึงส่งเข้าภาคผสมความถี่ หรือภาคเปลี่ยนความถี่ โดยมีวงจรทำให้เกิดความถี่วิทยุภายในเครื่องรับ แล้วส่งความถี่วิทยุที่ทำให้เกิดขึ้นนี้เข้าไปผสมกับความถี่วิทยุที่รับเข้ามา ทำให้เกิดความถี่วิทยุภายในเครื่องรับ แล้วส่งความถี่วิทยุที่ทำให้เกิดขึ้นนี้เข้าไปผสมกับความถี่วิทยุที่รับเข้ามา ทำให้เกิดผลต่างเป็นจำนวนเท่ากับ 455 หรือ 465 กิโลเฮิรตซ์ หลังจากนั้น จึงส่งความถี่เข้าภาคขยายแรงไฟ ซึ่งอาจมีตอนเดียว หรือสองตอน แล้วส่งผลที่ได้ไปเข้าวงจรไดโอดดีเทคเตอร์ เพื่อแยกความถี่เสียงออกจากความถี่ไอเอฟและส่งความถี่เข้าภาคขยายแรงไฟความถี่เสียงต่อไป

การที่มีภาคขยายแรงไฟความถี่วิทยุจะทำให้เครื่องรับมีความไวสูง การเปลี่ยนความถี่วิทยุเป็นความถี่ไอเอฟ ซึ่งเป็นความถี่ขนาดต่ำลงมา ทำให้เครื่องรับสามารถเลือกเฟ้นสัญญาณได้ดี ลดการรบกวนจากสถานีข้างเคียงลงได้มากขึ้น และยังช่วยขยายแรงไฟความถี่ไอเอฟได้แรงกว่าที่จะขยายความถี่วิทยุ ดังนั้น เครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮตเทอร์โรดายน์ จึงมีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องรับแบบอื่น ๆ ทั้งหมด แม้เครื่องรับวิทยุซุปเปร์เฮตเทอร์โรดายน์มามา 50 ปีแล้ว แต่ยังเป็นเครื่องรับที่ทันสมัยปัจจุบันมีการดัดแปลงวงจรแต่ละภาค เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น ใช้วิธีการแปลงความถี่ 2 ครั้ง ครั้งแรก เปลี่ยนความถี่จากความถี่วิทยุที่รับเข้ามา ให้เป็นความถี่ไอเอฟขนาดความถี่ 10.7กิโลเฮิรตซ์ อีกครั้งหนึ่งในภายหลัง ซึ่งวิธีนี้ เรียกว่า ดับเบิ้ล หรือมัลติคอนเวอร์ซันซุปเปอร์เฮตเทอร์โรดายน์ (Multiconversion Superheterodyne)

2.5.4 เสียงรบกวน

เสียงรบกวน (Noise) แบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1) เสียงรบกวนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องรับ คือ แม้จะปลดสายอากาศออกจากเครื่องรับแล้ว ยังได้ยินเสียบรบกวนนั้นอยู่

2) เสียงรบกวนที่เข้ามาทางสาอากาศ อันได้แก่ เสียงอากาศ (Atmospherics) รบกวน เป็นเสียงรบกวนอันเกิดจากประกายไฟฟ้าที่มนุษย์ก่อขึ้น เช่น ประกายระเบิดของหัวเทียน เครื่องยนต์ รถยนต์ และเครื่องรังสี – เอ็กซ์ เป็นต้น

เครื่องรับวิทยุที่ดีจะมีเสียงรบกวนน้อย คือ มีประสิทธิภาพสูงในการรับสัญญาณวิทยุ จึงมีการเทียบอัตราส่วนระหว่างความแรงของสัญญาณวิทยุ กับความแรงของเสียงรบกวน เรียกว่า Signal to Noise Ratio ย่อเป็น S:N หรือ S/N เช่น เครื่องรับวิทยุมีอัตราส่วนระหว่างสัญญาณวิทยุกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณรบกวน เท่ากับ 20 ดีบี (S/N = 20 ดีบี) หมายความว่า สัญญาณวิทยุที่เข้ามามีความแรงเหนือกว่า หรือมากกว่าเสียงรบกวน 20 ดีบี หรือเท่ากับ

$$S/N = 20 \text{ Log } 10/1$$

$$S/N = 20 \text{ Log แรงสัญญาณ/แรงเสียงรบกวน}$$

อนึ่ง นอกจากการใช้เครื่องรับวิทยุที่มีค่า S/N สูงแล้ว สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรับสัญญาณวิทยุได้ด้วยอัตราการขยายของสายอากาศที่จะใช้กับเครื่องรับนั้น เช่น ถ้าใช้สายอากาศตั้งฉากขนาดความยาว 5/8 ของความยาวคลื่น จะได้รับแรงสัญญาณวิทยุสูงกว่าที่ได้สายอากาศขนาด ¼ ของความยาวคลื่น หรือถ้าใช้สายอากาศยากิชนิด 4 อิเลเมนท์จะได้ความแรงของสัญญาณวิทยุกว่าใช้สายอากาศไดโพลขนาด ½ ของความยาวคลื่นที่หันไปทิศทางเดียวกัน เป็นต้น

2.5.5 การกวาดหาคลื่นวิทยุ

การกวาดหาคลื่นวิทยุเป็นลักษณะการทำงานอย่างหนึ่งของเครื่องรับวิทยุสมัยปัจจุบัน แต่เดิมนั้น การเปลี่ยนหาคลื่นวิทยุต้องใช้วิธีหมุนคาปาซิสเตอร์ด้วยมือ เปลี่ยนค่าความพี่รีโซแนนซ์ ในปัจจุบันนี้ มีวิธีการเปลี่ยนค่าความถี่รีโซแนนซ์ได้เองโดยอัตโนมัติ เพื่อหาคลื่นวิทยุที่มีส่งอยู่ในขณะนั้นวิธีการกวาดหาคลื่นวิทยุได้องโดยอัตโนมัติ เรียกว่า การกวาดหาคลื่นวิทยุ

เมื่อกดปุ่มให้เครื่องรับกวาดหาคลื่นด้วยวิธีการกวาดหาคลื่นวิทยุ เครื่องรับจะทำการกวาดหาสถานีวิทยุที่กำลังส่งคลื่นอยู่ในขณะนั้น พร้อมกับแสดงตัวเลขความถี่วิทยุที่เครื่องรับทำงานอยู่ถ้ามีเสียงสัญญาณวิทยุ เครื่องรับจะหยุดการกวาดหาถ้าไม่มีเสียงสัญญาณวิทยุจะกวาดหาต่อไปจนสุดทาง หรือสูงขนาดความถี่ที่เครื่องนั้นจะได้รับสูงที่สุด แล้วจะกลับมาตั้งต้นกวาดหาคลื่นตั้งแต่ความถี่ต่ำที่สุดอีกครั้งหนึ่ง

เครื่องรับวิทยุเอเอ็ม หรือเอฟเอ็ม แบบจีเอฟ 8 พีแอลซินทีไซเซอร์ออโตจูนนิง (GF8 PLL Synthesier Auto Tuning) ของบริษัทชาร์ป สามารถกวาดหาสถานีวิทยุกระจายเสียงในย่านความถี่ปานกลาง 531-1,602 กิโลเฮิรตซ์ และตลอดจนในย่านความถี่สูงมาก 87.5-108.0 เมกะเฮิรตซ์ได้

วิธีกวาดหาสถานีวิทยุกระจายเสียงในย่านความถี่ปานกลาง เมื่อกดสวิทช์ขึ้น (UP) แล้วปล่อย ความถี่รัยจะเคลื่อนไปทางความถี่สูง 9 กิโลเฮิรตซ์ เท่ากับความกว้างของแถบความถี่วิทยุ 1 สถานี แล้วจะหยุดอยู่ตรงนั้นตลอดไป แต่ถ้ากดสวิทช์ขึ้นไว้นานหน่อย เครื่องรับจะกวาดหาสถานีวิทยุกระจายเสียงเรื่อยไป จนพบเสียงสัญญาณของสถานีวิทยุแห่งหนึ่งเข้าจึงจะหยุด และจะหยุดอยู่ประมาณ 5 วินาที ถ้าไม่ทำอะไรจะกวาดหาคลื่นสถานีอื่นต่อจนสุดแถบความถี่ 1,602 กิโลเฮิรตซ์ แล้วจะกลับมาเริ่มต้นที่ความถี่ 531 กิโลเฮิรตซ์ใหม่ แต่ถ้าเราต้องการฟังสถานีนั้นต่อไป จะต้องกดสวิทช์ (Stop) ให้เครื่องรับหยุดกวาดหาคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในลักษณะเดียวกัน ถ้ากดสวิทช์ลง (Down) ความถี่รับจะเคลื่อนไปทางด้านความถี่ต่ำ 9 กิโลเฮิรตซ์ ทุกครั้งที่กดสวิทช์ และถ้าหากกดสวิทช์ไว้นานหน่อย เครื่องรับจะกวาดหาสถานีวิทยุกระจายเสียงที่มีความถี่ต่ำเรื่อยไป จนพบสัญญาณของสถานีหนึ่งเข้า จึงหยุดรอให้ฟังประมาณ 5 วินาที แล้วกวาดต่อไป ส่วนการรับสถานีวิทยุกระจายเสียงในย่านความถี่สูงมากระบบเอฟเอ็มเมื่อกดสวิทช์ขึ้นครั้งหนึ่ง ความถี่รับจะเคลื่อนสูงขึ้นไป 100 กิโลเฮิรตซ์ ถ้ากดสวิทช์ไว้นานหน่อย เครื่องรับจะกวาดหาสถานีวิทยุจึงจะหยุดกวาดหา แล้วปล่อยให้ฟังได้นาน 5 วินาที ในทำนองเดียวกัน ถ้าเรากดสวิทช์ลง เครื่องรับจะกวาดหาสถานีวิทยุกระจายเสียงทางด้านที่ใช้ความถี่ต่ำลง

2.5.6 สเควลช์คอนโทรล

สเควลช์คอนโทรล (SQL : Squelch Control) คือ ปุ่มบังคับในเครื่องรับวิทยุคมนาคมระบบเอฟเอ็ม ที่ทำหน้าที่ปรับให้เสียงรบกวนลดลง หรือเงียบหายไปในขณะที่ไม่มีเสียงสัญญาณวิทยุเข้ามา ในกรณีที่เมื่อเปิดเครื่องรับแล้วได้ยินเสียงรบกวน ไม่มีเสียงพูด ต้องหมุนปุ่มบังคับ สเควลช์คอนโทรลไปทางตามเข็มนาฬิกา จนเสียงรบกวนลดลง และให้ตัวปุ่มบังคับนี้ไว้ตรงที่เริ่มมีเสียงรบกวน

หากได้ยินเสียงสัญญาณวิทยุ หรือเสียงพูดเข้ามา ต้องหมุนปุ่มบังคับไปทางขวา หรือซ้ายจนพอเริ่มได้ยินเสียงซู่รบกวน และเสียงพูดวิทยุโทรศัพท์จะดังกลบเสียงนั้น

2.5.7 อาร์ไอทีคอนโทรล

อาร์ไอทีคอนโทรล (RIT : Receiver Incremental Tuning) หมายถึง ปรับความถี่รับให้เพิ่มขึ้น หรือลดลงอีกเล็กน้อย ในบางโอกาส ความถี่วิทยุของเครื่องส่งเข้ามาเครื่องรับไม่ค่อยตรงกับความถี่ที่เครื่องรับตั้งรับอยู่นัก แม้ความถี่วิทยุจะต่างกันเพียง 1 หรือ 2 กิโลเฮิรตซ์ อาจทำให้ได้ยินเสียงไม่ถนัดชัดเจนจึงจำเป็นต้องมีวงจรช่วยปรับความถี่ของเครื่องรับอีกเล็กน้อย เพื่อให้ความถีวิทยุตรงกันจริง ๆ และเสียงจะดังชัดเจนยิ่งขึ้น การปรับความถี่นี้ กรทำได้ด้วยการปรับปุ่มอาร์ไอทีไปทางบวก (ความถี่เพิ่มขึ้น) หรือไปทางลง (ความถี่ลดลง) ให้ได้ความถี่สูงขึ้น หรือลดลงประมาณ 3 กิโลเฮิรตซ์เป็นอย่างมาก ดังนั้น เมื่อใดเสียงที่รับฟังไม่ชัดเจน ให้ทดลองปรับปุ่มอาร์ไอทีไปทางบวก หรือลบทีละน้อย แต่ถ้าทำแล้วเสียงไม่ดีขึ้น แสดงว่าไม่เกี่ยวกับความถี่วิทยุเคลื่อนหรือเหลื่อมล้ำกัน หากไม่ประสงค์ที่จะใช้วงจรอาร์ไอที ให้หมุนปุ่มปรับอาร์ไอทีไปทางซ้ายจนสุดจะถึงจุดปิด (Off)

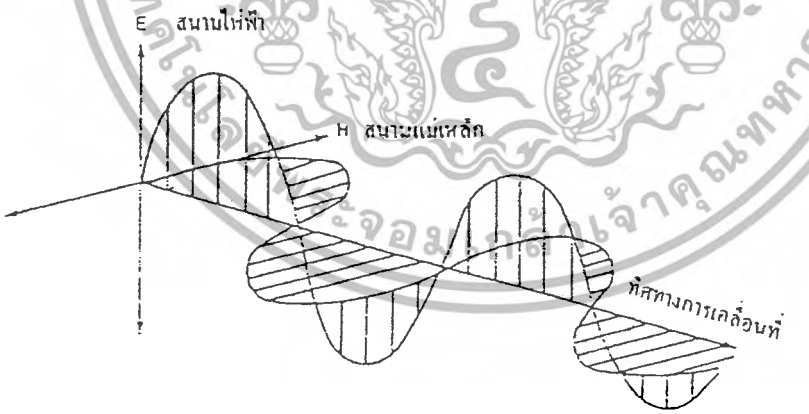
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สายอากาศ

สายอากาศเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสื่อสารในระบบวิทยุซึ่งจะใช้สายอากาศเพื่อการกระจายคลื่นวิทยุออกไปจากตัวมันทางด้านเครื่องส่ง และจะใช้ดักจับเอาคลื่นวิทยุเข้าสู่ตัวเองทางด้านเครื่องรับ

2.6.1 คลื่นทีอีเอ็ม และ โพลาไรเซชั่น

ระนาบของคลื่นเมื่ออ้างอิงระนาบของผิวโลก เรียกว่า โพลาไรเซชั่น (Polarization) โพลาไรเซชั่นของคลื่นทีอีเอ็ม (Transverse Electromagnetic Mode) กำหนดโดยระนาบของ สนามไฟฟ้า ซึ่งกระจายออกไป คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กระจายออกไปจะมีระนาบของสนามไฟฟ้า ระนาบสนามแม่เหล็ก และทิศทางของการแพร่กระจายคลื่นตั้งฉากซึ่งกันและกัน ตามรูป แสดงว่าคลื่นทีอีเอ็มมีโพลาไรเซชั่นในแนวตั้ง (Vertical Polarization) ให้สังเกตว่าโพลาไรเซชั่นนี้จะเป็นตัวอ้างอิงถึงระนาบของสายอากาศด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้าให้สายอากาศไดโพล (Dipole) อยู่ใน แนวตั้งฉากกับพื้นโลก คือ ปลายหนึ่งชี้ขึ้นฟ้า และปลายอีกข้างหนึ่งชี้ลงดิน เวลามองจากฟ้าจะเห็นคลื่นวิทยุแพร่ออกไปแรงที่สุดทุกทิศทางบนพื้นโลก เรียกว่า การกระจายคลื่นวิทยุออกไปรอบตัวด้วยความแรงเท่ากันไม่ว่าจะทิศทางใด การแพร่กระจ่ายคลื่นจากสายอากาศตั้งฉาก เรียกว่า โพลาไรเซชั่นในแนวตั้ง



รูปที่ 2.14 คลื่นทีอีเอ็ม

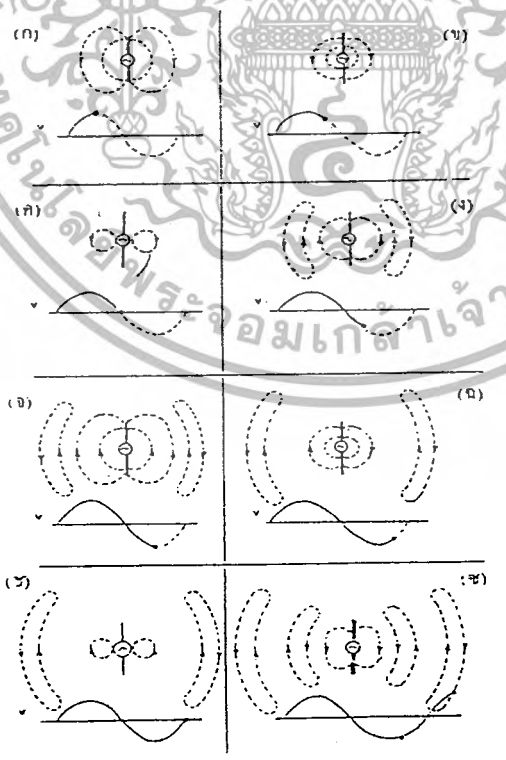
2.6.2 การกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศ

สนามเหนี่ยวนำ (Induction Field) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการไหลของกระแสเข้าไปในสายอากาศ โดยปฏิกิริยาตามธรรมชาติ เช่นเดียวกับ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงไฟฟ้า เฉพาะใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนนี้ จะไม่มีการแผ่รังสีพลังงานออกไปจากสายอากาศแต่อย่างใด สนามเหนี่ยวนำนี้จะเป็นตัวทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่รังสีออกไปตามขั้นตอน ซึ่งอธิบายเป็นลำดับจากรูป ถึงรูป

รูป อธิบายให้เห็นถึง ขั้นตอนการกระจายของคลื่นไฟฟ้าแต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะว่าการกระจายของคลื่นแม่เหล็กจะมีทิศทางตั้งฉากกับคลื่นไฟฟ้าเสมอ ตามรูป เมื่อแรงดันที่เกิดขึ้นบนสายอากาศมีค่าสูงสุด สนามไฟฟ้าจะเกิดขึ้นมากที่สุด และเมื่อแรงดันที่ป้อนเข้าสายอากาศมีค่าลดลง สนามไฟฟ้าก็ลดลงตาม ดังรูป สนามไฟฟ้าก็จะลดลงตามแรงดันที่ป้อนเข้าสู่สายอากาศจนกระทั่งแรงดันมีค่าเป็นศูนย์ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อสัญญาณ ที่ป้อนเข้าไปมีความถี่สูงพอสมควรแล้ว สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะยุบตัวตามลงมาไม่ทันทั้งหมดโดยสิ้นเชิง ดังรูป จากนั้นแรงดันที่ป้อนเข้าสู่สายอากาศจะค่อยๆเกิดขึ้นในทิศทางที่สลับตรงข้ามกับสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเดิมในบริเวณที่ใกล้กันที่สุดนั้น จะมีทิศทาง หรือขั้ว (Polarity) ที่เหมือนกัน ดังนั้น จึงเกิดการผลักดันออกไปจากกัน ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใหม่จะค่อยๆมากขึ้นตามค่าแรงดันที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น สนามจึงผลักสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นครั้งแรกให้ไกลออกไปจากสายอากาศมากขึ้นทุกที ดังในรูป สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเดิมจะหลุดออกเป็นอิสระ และเคลื่อนที่ออกไปจากสายอากาศในที่สุด รูป แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนต่อไปในปรากฏการณ์การกระจายสนามไฟฟ้าของคลื่นสัญญาณเป็นลำดับ



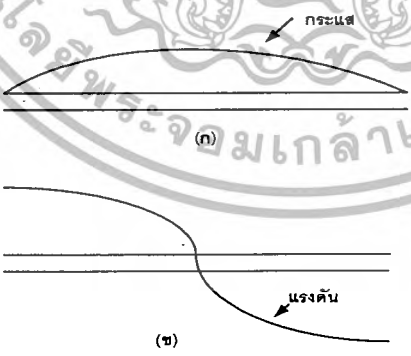
รูปที่ 2.15 การกระจายของคลื่นไฟฟ้าจากสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศ

คุณสมบัติที่สำคัญของสายอากาศ คือ รูปแบบการกระจายพลังงานของคลื่น โดยทิศทางที่สายอากาศจะแพร่กระจายคลื่นออกไปนั้น อาจพุ่งขึ้นไปในท้องฟ้า หรือพุ่งไปในทิศทางต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบสายอากาศนั้น คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของสายอากาศ คือ รูปแบบแสดงความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กระจายออกจากสายอากาศในทิศทางต่างๆตามธรรมชาติแล้ว รูปแบบนี้จะมีลักษณะการกระจายคลื่นไปในทั้ง 3 มิติ แต่การเขียนรูปแบบการกระจายคลื่นในลักษณะ 3 มิติทำได้ลำบาก ดังนั้น โดยทั่วไปแล้ว การเขียนรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศจึงมักนิยมเขียนกันอยู่ในสองระนาบเท่านั้น คือ การเขียนแสดงรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแนวนอน และแนวตั้ง การเขียนรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอนมีชื่อว่า โพลาร์ไดอะแกรม หรืออะซิมุธไดอะแกรม (Polar or Azimuth Diagram) ตัวอย่างของรูปแบบการกระจายพลังงานของคลื่นจากสายอากาศในแนวนอนและแนวตั้ง แสดงในรูป

สำหรับสายอากาศแบบไดโพลนั้นจะมีรูปแบบการกระจายคลื่น ดังรูป ได้แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการกระจายคลื่นทั้งแบบที่มีโพลาไรเซชั่นอยู่ในแนวนอน และอยู่ในแนวตั้ง ลักษณะของการกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพลงที่แสดงให้เห็นนี้ มีชื่อเรียกเฉพาะว่า รูปแบบรอบตัว (Omnidirection) คือ จะมีทิศทางการกระจายออกไปทั่วเท่ากันรอบๆตัวในแนวระนาบหนึ่ง คือ ระนาบที่ตัดตามความยาวของสายอากาศ ตามรูป นั้นแสดงในรูปแบบในระนาบนี้มีลักษณะคล้ายเลข 8



รูปที่ 2.16 รูปแบบการกระจายของค่ากระแส และแรงดันบนสายอากาศไดโพล

กรณีที่ความเข้มของพลังงานที่กระจายออกไปจากสายอากาศในแต่ละทางนั้น มีค่าต่างกัน ย่อมจะมีทิศทางอยู่ทิศทางหนึ่ง ที่ทำให้พลังงานสามารถกระจายออกไปได้มากที่สุด ทิศทางที่พลังงานสามารถกระจายออกไปจากสายอากาศนั้น ค่าที่ช่วยแสดงบอกให้รู้ว่าสายอากาศมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมรรถภาพในการกระจายคลื่นไปในทิศทางที่กำหนดเอาไว้ได้มากหรือน้อยอย่างไร ได้แก่ ค่าอัตราการขยายตามทิศทาง (Directive Gain) และค่าความเป็นทิศทาง (Directivity) ของสายอากาศนั้น อัตราการขยายตามทิศทางของสายอากาศนั้นมีคำจำกัดความ คือ อัตราส่วนของความเข้มของสนามไฟฟ้าจากสายอากาศนั้น ในทิศทางที่กำหนดต่อความเข้มของสนามไฟฟ้าจากสายอากาศมาตรฐาน เมื่อกำลังคลื่นทั้งหมดที่กระจายออกจาก สายอากาศทั้งสองมีค่าเท่ากัน ที่กล่าวไว้ว่าสายอากาศมาตรฐานนั้น ตามทฤษฎีแล้วหมายถึง สายอากาศแบบไอโซทรอปิค (Isotropic) ซึ่งหมายถึง สายอากาศที่สามารถกระจายคลื่นออกจากตัวเองไปได้เท่ากันหมดในทุกทิศทางรอบตัวเอง จึงถือว่ามีความมีทิศทางเท่ากับ 1

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างของรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอน

2.6.4 การวัดรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศเบื้องต้น

ชนิดของสายอากาศ และการติดตั้งสายอากาศบนรถยนต์ จะไม่มีผลต่อรูปแบบการแพร่กระจายของสายอากาศแนวความคิดโดยทั่วไปของรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศสามารถกำหนดได้โดยใช้เครื่องมือซึ่งเกี่ยวข้องกับเครื่องวัดความเข้มสนามไฟฟ้า(Field Strength Meter) ดังแสดงไว้ดังรูป ซึ่งให้ความเชื่อถือได้แน่นอนในการอ่านความสัมพันธ์ได้อย่างแท้จริง และหน้าปัทม์มิเตอร์มักจะถูกแบ่งไว้ตั้งแต่ 1 ถึง 10 dB v/m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดควรจะใช้ได้ที่ค่าระยะทางไกลที่สุดจากสายอากาศซึ่งยังคงแสดงค่าได้ สายอากาศควรจะอยู่ในที่โล่ง ห่างจากสิ่งกีดขว้างในระยะ 100 ฟุต ขั้นแรก กำหนดทิศทางของสัญญาณสูงสุดไว้ โดยให้เข็มของมิเตอร์อ่านได้เต็มหน้าปัทม์ บันทึกระยะทางจากสายอากาศ และเดินไปรอบๆสายอากาศอย่างช้าๆ โดยรักษาระยะห่างให้เท่ากัน และสังเกตดูเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก โดยรักษาระดับของสายอากาศให้อยู่ในแนวดิ่งตลอดเวลา จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของเข็มมิเตอร์เมื่อเดินไปรอบๆสายอากาศ ไม่ใช่เรื่องผิดปกติที่เข็มมิเตอร์ตกลงมาใกล้ศูนย์แต่จุดนี้จะมีค่าความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันของค่ารวมวงกลม เครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กชนิดพิเศษเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับงานนี้

อย่างไรก็ตามเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่(Spectrum Analyzer)สามารถนำมาใช้สำหรับการทดสอบได้ โดยการปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิต และวาดผลที่ได้บนกระดาษกราฟวงกลม

การวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในหน่วย dBv/ m

ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กส่วนใหญ่แสดงอยู่ในรูปของ dBv / m แต่เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่ มักถูกปรับแต่งให้อยู่ในหน่วย dBm ดังนั้น เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่ที่อ่านได้จึงอยู่ในหน่วย dBm และจะต้องแปลงหน่วยให้อยู่รูป dBv / m ซึ่งสามารถทำได้ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรก การเปลี่ยนรูป dBv ไปเป็น dBv โดยการบวกค่า 107 dB เข้ากับ dBm ขั้นตอนต่อมาเปลี่ยน dBv ไปเป็น dBv / m ขั้นตอนนี้ ต้องการค่าตัวแปรสายอากาศ *(K)* ที่ทราบค่า ค่าตัวแปรสายอากาศ *(K)* สามารถหาได้จากสูตร

$$K = 20\log F - G(29.8)\ \text{K}$$

โดยที่ค่า K คือ ค่าตัวแปรสายอากาศ

F คือ ความถี่ในหน่วย MHz

G คือ อัตราการขยายของสายอากาศในหน่วยเดซิเบล (dB)

2.6.5 การตรวจสอบรูปแบบการแพร่กระจ่ายคลื่นของระบบสายอากาศ

เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่สามารถใช้ตรวจสอบการแพร่กระจายคลื่นของระบบสายอากาศ สำหรับการวัดการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศของสถานีประจำที่ การวัดควรจะทำที่รัศมีห่างออกไปออกไปประมาณ 1 ไมล์จากสายอากาศ ซึ่งเป็นระยะที่ไกลที่สุที่สายอากาศยัง

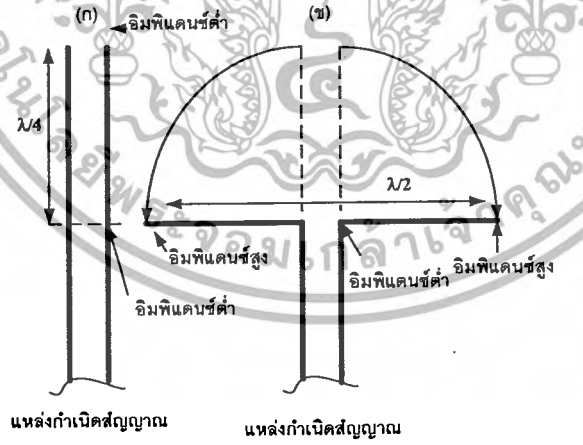
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถแสดงค่าได้ สามารถใช้การวาดวงกลมรัศมี 1 ไมล์บนแผนที่ และใช้จุดตัดของถนนหลายสาย และที่ตั้งจุดทดสอบต่าง ๆ ดังรูปที่ 12.3 ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่วัดได้ที่จุดต่าง ๆ กัน และตำแหน่งการวัดของจุดต่างๆ ให้จดบันทึกไว้ จะเป็นการดีมาก ถ้าการวัดกระทำที่จุด 2-3 จุดที่แตกต่างกัน แต่อยู่ในบริเวณที่ใกล้ ๆ กัน แล้วหาค่าเฉลี่ยออกมา

สมมติว่าผลรวมของ 8 จุดที่อ่านได้ในมุมที่ต่างกัน 45 องศา สามารถเขียนกราฟได้ในส่วนระนาบบนกระดาษกราฟวงกลมโดยวิธีต่อไปนี้ กำหนดค่าความแตกต่างสูงสุดในขณะที่อ่านได้ ซึ่งค่าความแตกต่างแสดงให้เห็นระดับค่าสูงสุด 0 dB และระดับอื่น ๆ ค่า 0 dB คือ ค่าที่จุดวัดได้เป็นค่าแรก ค่าที่วัดได้จุดที่สองต่ำกว่า 5 dB และต่อ ๆ ไป

2.6.6 สายอากาศไดโพล

มีสายส่งสัญญาณที่มีปลายหนึ่งต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดสัญญาณ และมีอีกปลายหนึ่งเปิดอยู่ ปลายด้านที่เปิดอยู่ย่อมมีค่าอิมพีแดนซ์สูง ถ้าทำการหา ค่าอิมพีแดนซ์ตามตำแหน่งต่าง ๆ บนสายส่งสัญญาณ โดยเริ่มจากปลายเปิดย้อนลงไปตามสาย จะพบว่า ค่าอิมพีแดนซ์ตามตำแหน่งต่าง ๆ นั้นจะค่อย ๆ ลดลง และมีค่าต่ำสุด ณ ตำแหน่งที่ห่างจากปลายเปิดนั้นเท่ากับ และเมื่อทำการแผ่สายทั้งสองออกจากกัน จะเห็นได้ว่ามีกระแสไหลผ่านเข้าสู่สาย ณ ตำแหน่งตรงจุดต่อไปนี้มากที่สุด คือ จะมีพลังงานไหลเข้ามาในส่วนนี้มากที่สุด



รูปที่ 2.18 สายอากาศไดโพล

ความแรงของกระแส และแรงดันตามจุดต่าง ๆ บนสายส่งที่ได้กางแผ่ออกไป จะมีลักษณะรูปแบบดังรูปที่ 2.12 ซึ่งพบว่า การกางแผ่สายนำสัญญาณออกในตำแหน่งนี้ มีการกระจายของแรงดันได้มากที่สุด หมายถึงว่า การกระจายคลื่นทีอีเอ็มออกมาจาสายนำสัญญาณส่วนนี้ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

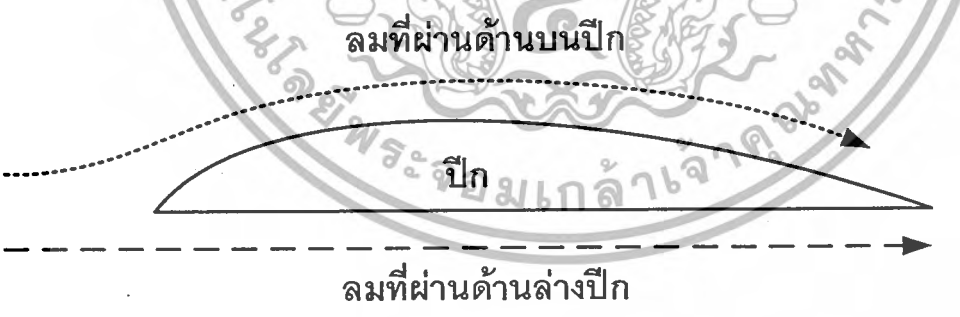
ดังนั้น การสำสัญญาณส่วนนี้จะกลายเป็นสายอากาศขึ้นมา สายอากาศในลักษณะนี้จึงมีชื่อเรียกตามลักษณะที่มีแขน หรือขั้วที่อื่นออกไปนั้นว่า สายอากาศไดโพล

2.7 หลักการบินและการยกตัวของปีก

หลักการบิน คือ การใช้ปีกในการบิน ที่ว่าบินนี้หมายถึงบินแบบเครื่องบิน ไม่ใช่ลอยขึ้นไปแบบบัลลูน หรือพุ่งขึ้นไปแบบจรวด ซึ่งบัลลูนและจรวดใช้หลักการอีกแบบหนึ่ง ไม่ใช่หลักการของเครื่องบิน การที่จะทำให้วัตถุซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าอากาศ ลอยได้ นั้น ทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ก๊าซที่เบากว่าอากาศช่วยดึงขึ้นไปคือบัลลูน หรือใช้แรงปฏิกิริยาจากแรงขับดันฉุดขึ้นไปคือจรวด และใช้แรงยกของอากาศที่ไหลผ่านปีก คือ เครื่องบินนั่นเอง

2.7.1 การสร้างแรงยกของปีก

ปีกสร้างแรงยกได้จากความแตกต่างของความเร็วอากาศที่ไหลผ่านปีกด้านบน และด้านล่าง ดังนั้น ลักษณะของปีกด้านบนและด้านล่างจึงแตกต่างกันเพื่อบังคับความเร็วของอากาศ ปีกด้านบนจะมีความโค้งนูนขึ้นในขณะที่ด้านล่างจะเรียบหรือเว้าเข้าไป ซึ่งรูปทรงนี้จะบังคับให้อากาศไหลผ่านด้านบนของปีกด้วยความเร็วสูงกว่าอากาศที่ไหลผ่านด้านล่าง จึงเกิดแรงยกจากด้านล่างปีกขึ้นไปด้านบน เมื่อแรงยกนี้มีมากกว่าน้ำหนักของเครื่องบิน ก็จะทำให้แรงยกดึงเครื่องบินให้ลอยขึ้นไปได้



รูปที่ 2.19 ทิศทางแรงยกของปีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การทำให้อากาศไหลผ่านปีก

หากเครื่องบินอยู่นิ่งๆ อากาศก็นิ่งๆ ลมสงบ ปีกก็ไม่เกิดแรงยกเพราะไม่มีอากาศไหลผ่านปีก เครื่องบินก็ไม่บิน เราจึงต้องสร้างอากาศให้ไหลผ่านปีกเพื่อให้ปีกเกิดแรงยกเครื่องบินขึ้นการทำให้อากาศไหลผ่านปีกทำได้ 2 วิธี

1) คือใช้แรงจากภายนอกดันเครื่องบินไปข้างหน้า เช่น ใช้เชือกดึง ใช้มือจับพุ่ง ใช้รถลาก นั่นคือเครื่องบินชนิดที่เราเรียกว่าเครื่องร่อน เพราะไม่มีแรงขับดันอากาศให้ไหลผ่านปีกได้ในตัวเอง

2) คือใช้แรงจากเครื่องบินนั้นเองสร้างอากาศให้ไหลผ่านปีก คือติดตั้งเครื่องยนต์ชนิดต่างๆ กับตัวเครื่อง เพื่อสร้างแรงขับดันให้เครื่องบินไปข้างหน้าและในขณะเดียวกันก็สร้างอากาศให้ไหลผ่านปีก เครื่องยนต์ที่สร้างแรงขับดันนี้อาจเป็นเครื่องยนต์ติดใบพัดให้หมุนเพื่อสร้างแรงดึงหรือดันเครื่องบินไปข้างหน้า ในขณะเดียวกัน ใบพัดที่ติดด้านหน้าปีก ก็จะเป่าลมให้ผ่านปีกอีกด้วย หรืออาจเป็นเครื่องยนต์เจ็ต ซึ่งอาศัยแรงจุดระเบิดเป่าไอพ่นไปด้านหลังทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาผลักตัวเครื่องบินไปด้านหน้าทำให้อากาศไหลผ่านปีกด้วยความเร็วจนเกิดแรงยกเครื่องบินขึ้นได้ จะเห็นได้ว่า เครื่องบินและเครื่องร่อน โดยหลักแล้วต่างกันแต่เพียงวิธีการทำให้อากาศไหลผ่านปีกเท่านั้น

2.7.3 แรงที่มีผลต่อการบิน

แรงสี่แรงที่เกี่ยวข้องกับการบินนี้ คือ แรงยก แรงโน้มถ่วง แรงขับดัน และแรงต้าน

1)แรงยก คือ แรงยกของปีกที่เกิดจากความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านปีก

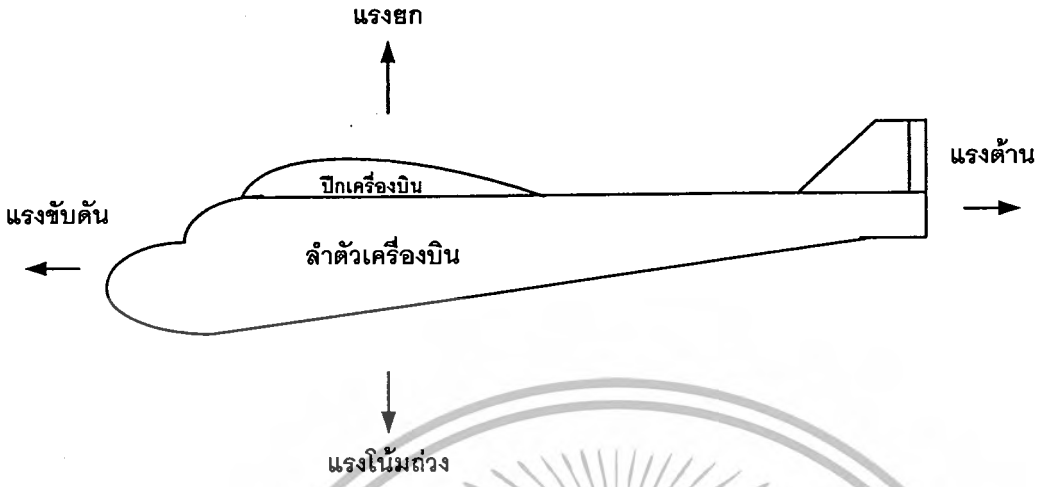
2) แรงโน้มถ่วง คือ แรงดึงดูดของ โลกที่กระทำต่อเครื่องบิน คือ น้ำหนักเครื่องบิน

3)แรงขับดัน คือ แรงขับดันของเครื่องยนต์ ที่ติดตั้งในเครื่องบิน

4)แรงต้าน คือ แรงต้านของลำตัวเครื่องบินเกิดจากแรงเสียดทานของอากาศกับลำตัวเครื่องบิน

เมื่อแรงขับดันมากกว่าแรงต้าน จะทำให้เครื่องบินเคลื่อนไปข้างหน้า ทำให้อากาศไหลผ่านปีก จนเกิดแรงยก ยิ่งเคลื่อนไปข้างหน้าเร็วเท่าไร อากาศจะไหลผ่านปีกเร็วเท่านั้น แรงยกก็มากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งแรงยกสูงกว่าแรงโน้มถ่วงคือสูงกว่าน้ำหนักของเครื่องบิน ก็จะยกเครื่องบินให้ลอยขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



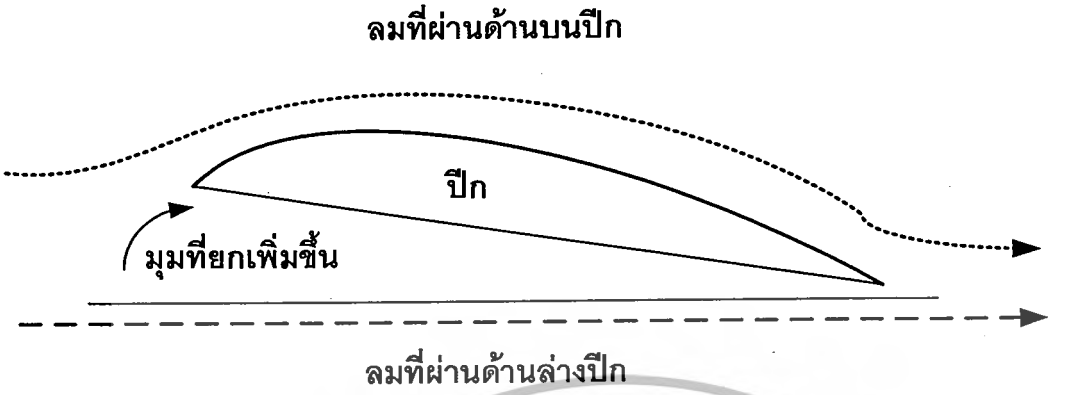
รูปที่ 2.20 ทิศทางของแรงทั้ง4แรง

สำหรับเครื่องร่อนลำเล็กที่พุ่งด้วยมือ แรงขับดันมาจากแรงเหวี่ยงของมือที่พุ่งเครื่องร่อนไปข้างหน้า ตอนเริ่มพุ่งจะมีแรงขับดันสูง เครื่องร่อนจึงเกิดแรงยกบินสูงขึ้น แต่เมื่อปล่อยมือแล้วแรงขับดันจะค่อย ๆ ลดลง ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านปีกเครื่องร่อนก็ลดลง ทำให้แรงยกของปีกลดลง เครื่องจึงค่อย ๆ ร่อนลงสำหรับเครื่องบิน แรงขับดันมาจากเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ซึ่งสามารถส่งกำลังอย่างต่อเนื่องมากหรือน้อยได้ตามต้องการ จึงสามารถควบคุมแรงยกได้ด้วยการควบคุมแรงขับดันนี้ นี่คือหลักการบินของเครื่องบิน ซึ่งควบคุมให้บินสูงขึ้นหรือต่ำลงด้วยการควบคุมมอเตอร์ซึ่งส่งผลให้สามารถควบคุมแรงยกของปีกได้ตามต้องการ

2.7.4 มุมปะทะของปีก

นอกจากการควบคุมแรงยกของปีกด้วยการควบคุมเครื่องยนต์ เพื่อควบคุมความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านปีก การเปลี่ยนแปลงมุมปะทะของปีกกับอากาศที่ไหลผ่าน ก็ทำให้แรงยกเปลี่ยนแปลงได้ มุมปะทะของปีก (incidence) คือมุมที่ชายหน้าปีกทำกับอากาศที่ไหลผ่านปีกในแนวระดับ ยิ่งมีมุมปะทะสูง หรือมุมเงยมาก จะทำให้อากาศไหลผ่านด้านบนของปีกเร็วมากขึ้น ในขณะที่อากาศที่ไหลผ่านด้านล่างของปีกช้าลง ก็จะทำให้เกิดแรงยกมากขึ้น แต่หากมีมุมยกมากเกินไปอากาศที่ไหลผ่านด้านบนและด้านล่างของปีกอาจถูกตัดให้แยกจากกันจนเกิดอากาศปั่นป่วน ทำให้สูญเสียแรงยกฉับพลัน นอกจากนี้การเพิ่มมุมปะทะของปีก จะทำให้เกิดแรงต้านเพิ่มขึ้น ทำให้เครื่องบินบินช้าลง อากาศที่ไหลผ่านปีกก็จะช้าลงด้วย ดังนั้น จึงต้องออกแบบไม่ให้มีมุมปะทะของปีกมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 มุมปะทะของปีก

เครื่องบิน จะต้องออกแบบให้มีมุมปะทะของปีกมากพอสมควร เพื่อช่วยเพิ่มแรงยก เนื่องจากกำลังของมอเตอร์ตัวเล็กๆอาจสร้างแรงขับดันได้ไม่เพียงพอ

2.7.5 หลักการบิน

การที่เครื่องบินที่สร้างขึ้นนั้นบินไม่ดีเท่าที่ควรเราต้องมาดูว่า แรงยกน้อยกว่าแรงโน้มถ่วงหรือไม่ก็แรงขับดันน้อยกว่าแรงต้าน ซึ่งจะต้องแก้ไขตามลำดับ

1) ดูว่าแรงยกเป็นอย่างไร ลองพุ่งด้วยมือแบบเครื่องร่อน โดยไม่ต้องติดเครื่อง ถ้าเครื่องสามารถร่อนได้ดี ปัญหาก็อยู่ที่แรงขับดัน ต้องไปแก้ไขที่เครื่องยนต์มอเตอร์ใบพัด ถ้าพุ่งด้วยมือแล้วก็ยังบินหัวปักทิ่มดิน แสดงว่าแรงยกน้อยหรือไม่มี ก็ต้องมาดูที่รูปร่าง Airfoil ของปีกว่าถูกต้องหรือไม่ มุมปะทะชายหน้าปีกน้อยไปหรือไม่ น้ำหนักเครื่องบินมากไปหรือไม่ CG ถูกต้องหรือไม่

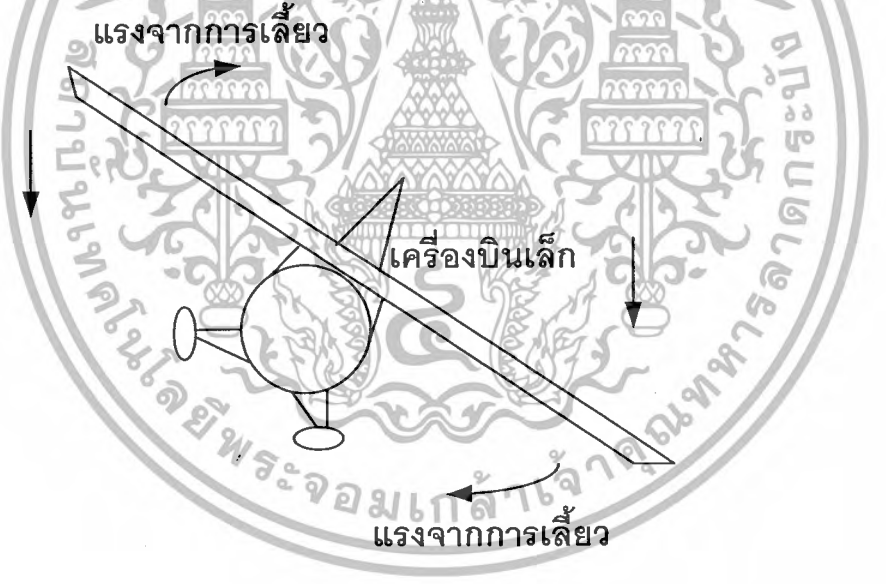
2) ดูว่าแรงขับดันเป็นอย่างไร ดูว่ามอเตอร์ให้แรงขับดันเพียงพอหรือไม่ ใบพัดตักลมได้ดีหรือไม่ เฟืองทดรอบถูกต้องหรือไม่ ถ่านที่ใช้จ่ายกระแสได้เพียงพอหรือไม่ สรุปง่ายๆ คือ ต้องปรับแก้ไขที่แรงยกของปีกเสียก่อน เมื่อเรียบร้อยแล้วจึงไปปรับแก้ไขที่เครื่องยนต์ เพราะอย่างที่กล่าวตอนแรกสุดว่า เครื่องบิน บินได้เพราะมีปีก ส่วนเครื่องยนต์เป็นเพียงเครื่องมือที่ทำให้อากาศไหลผ่านปีกเท่านั้น ดังนั้น แม้เครื่องยนต์จะแรงเพียงใดแต่ถ้าปีกบกพร่องแล้วทำยังไงก็บินไม่ได้

2.7.6 มุมยกปลายปีกของเครื่องบิน

มุมยกปลายปีกทั้งสองข้าง ช่วยให้เครื่องบินเลี้ยวได้ อาจสงสัยว่า เครื่องบินมีหางเสือก็เลี้ยวได้อยู่แล้ว ดังนั้น มุมยกปลายปีกจะเกี่ยวกับการเลี้ยวอย่างไร ในปีกที่ไม่มีมุมยกปลายปีก เมื่อบังคับให้หางเสือเลี้ยว จะเกิดแรงเหวี่ยงทำให้เครื่องบินเอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง เครื่องบินจะเสียการทรงตัว เช่น เมื่อเครื่องบินเลี้ยวซ้าย เครื่องบินจะเอียงไปทางซ้าย ปีกข้างซ้ายจะต่ำกว่าปีกข้างขวา แรงยกของปีกด้านซ้ายจะลดลงเรื่อย ๆ เพราะแนวแรงจะเฉียงไปด้านข้างแทนที่จะยกขึ้นด้านบน

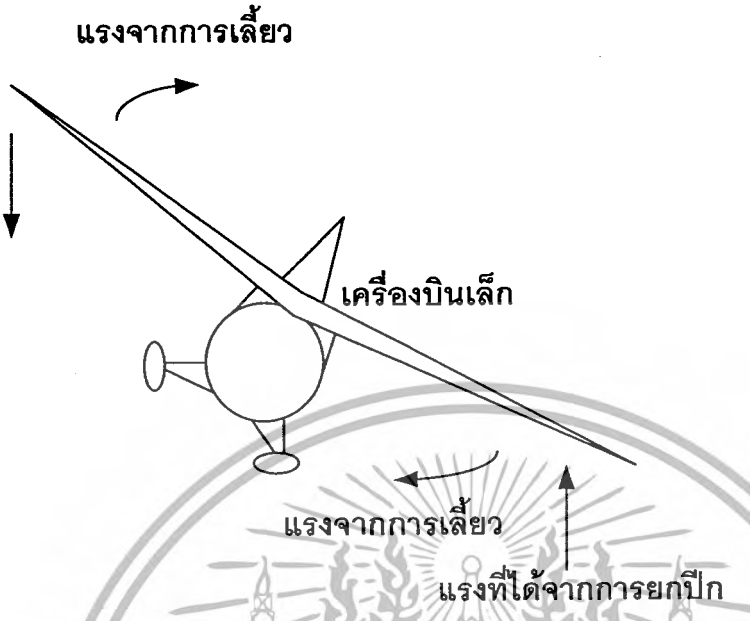
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่แรงยกของปีกด้านขวาก็จะลดลงเรื่อย ๆ ในลักษณะเดียวกัน จนกระทั่งปีกเอียงเกือบตั้งฉาก แรงยกของปีกทั้งสองข้างจะลดลงจนต่ำกว่าแรงโน้มถ่วงจนในที่สุดเครื่องบินก็จะหมุนควงไปทางซ้ายและหัวปักลงดิน การแก้ไขปัญหาปีกเสียแรงยกจากการเลี้ยว ทำได้สองวิธีคือ ติดปีกเล็กแก้เอียงหรือ Aileron ที่ปีกหรือสร้างให้มีมุมยกปลายปีก (Dihedral) ปีกเล็กแก้เอียงหรือ Aileronจะช่วยบังคับให้ปีกกลับคืนในแนวขนานดังเดิมได้ จึงไม่สูญเสียแรงยก มุมยกปลายปีก จะช่วยให้ปีกไม่เอียงมากจนกระทั่งสูญเสียแรงยก โดยอาศัยหลักการต้านกันเองของแรงยกปีกทั้งสองข้างเวลาเลี้ยวนั่นเอง ปีกที่มีมุมยกปลายปีกทั้งสองข้าง เวลาเลี้ยวนั้น เมื่อเครื่องบินเอียงเพราะการเลี้ยว จะทำให้ปีกด้านที่เอียงลงต่ำมีแรงยกมากกว่าปีกด้านที่เอียงขึ้นสูง ทำให้แรงยกของปีกด้านที่ต่ำดันปีกด้านต่ำให้ขึ้นในแนวขนานเหมือนเดิม ส่วนปีกด้านที่เอียงขึ้นสูงก็จะกลับลงมาในแนวขนานเหมือนเดิมเช่นกัน



รูปที่ 2.22 การเสียแรงยกปลายปีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แรงยกปลายปีก

สรุปว่า มุมยกปลายปีก ช่วยให้เครื่องบินสามารถเลี้ยวได้โดยไม่ควงสว่านตกลงมา นั่นคือ ทำให้การทรงตัวดีขึ้น การบังคับควบคุมง่ายขึ้น เพราะเครื่องบินสามารถปรับตัวเองให้สมดุลลอยอยู่ในอากาศได้และแม้จะมีลมพัดมาปะทะด้านข้าง ทำให้เครื่องบินเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งเครื่องบินก็สามารถปรับตัวกลับมาในแนวขนาน ได้เองจึงบินได้อย่างมีเสถียรภาพ

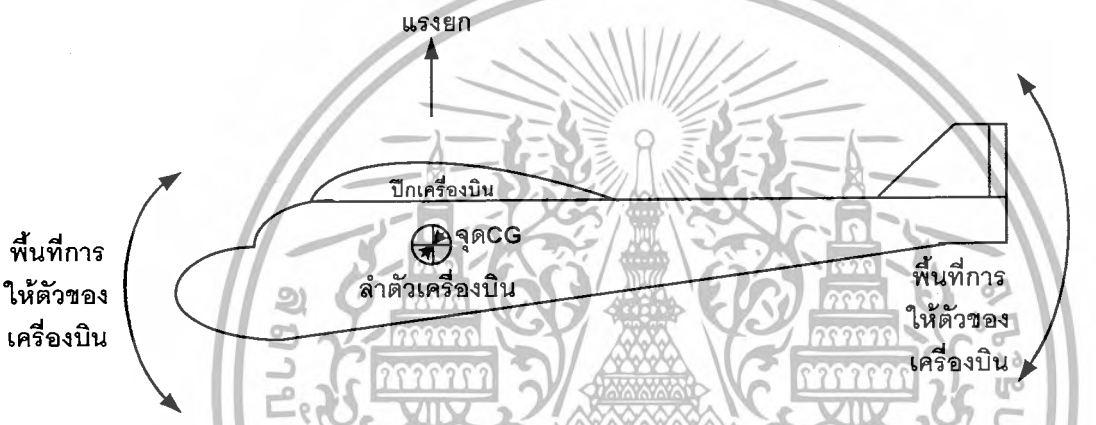
2.7.7 จุดศูนย์ถ่วง

CG ย่อมาจาก Center of Gravity แปลว่า จุดศูนย์ถ่วง จุดศูนย์ถ่วงเกี่ยวข้องกับการทรงตัวของเครื่องบินขณะบินอยู่ในอากาศเครื่องบินที่ลอยอยู่บนอากาศนั้น ไม่มีอะไรรองรับ เหมือนกับการจอดอยู่บนพื้น ดังนั้น จึงต้องถ่ายเทน้ำหนักในเครื่องบินให้เหมาะสม เพื่อให้เครื่องบินสามารถบินไปได้ในแนวขนานกับพื้นดิน หรือบินขึ้นไปบนฟ้า จุด CG นั้นสำคัญมาก อย่างที่กล่าวแล้วว่าแรงยกของปีก ขึ้นอยู่กับมุมปะทะปีกด้วย ดังนั้น หากจุด CG ไม่ถูกต้อง เช่น หัวเครื่องบินหนักกว่าหางเครื่องบิน เวลาบิน หัวเครื่องบินจะต่ำกว่าหาง ทำให้มุมปะทะปีกลดลงเรื่อย ๆ แรงยกจึงลดลงเรื่อย ๆ ทำให้เครื่องบินหัวปักพื้นอย่างรวดเร็ว หรือหากหัวเครื่องบินเบากว่าหาง หัวจะสูงกว่าหาง มุมปะทะปีกจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งอากาศด้านบนปีกกับด้านล่างปีกแยกออกจากกันปีกจะสูญเสียแรงยกทันทีเครื่องบินจะหล่นจากอากาศ

โดยทั่วไปแล้ว จุด CG จะอยู่บริเวณ 25-40 เปอร์เซ็นต์ จากขายหน้าปีก หรืออยู่บริเวณส่วนที่นูนที่สุดของปีกเมื่อมองจากด้านข้าง ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของแรงยกปีกด้วย (Center of Lift) เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างเครื่องบินเสร็จแล้ว ก่อนเอาไปทดสอบบิน ต้องถ่วงน้ำหนักให้ถูกต้องเสียก่อน คือ ทำจุดหมุนที่ลำตัวเครื่องบินบริเวณจุด CG โดยอาจใช้นิ้วมือคีบลำตัวเครื่องบินหลวม ๆ หรือผูกเชือกห้อยเครื่องบินในแนวของจุด CG ให้หัวเครื่องและหางกระดกขึ้นลงได้ หากน้ำหนักถูกต้องสมดุล เครื่องบินจะลอยอยู่ในแนวขนานกับพื้น หากยังไม่สมดุล ก็ต้องเพิ่มน้ำหนักหรือลดน้ำหนักที่หัวหรือหางจนกว่าเครื่องบินจะอยู่ในแนวขนาน จากนั้นค่อยนำไปทดสอบบิน แล้วปรับน้ำหนักใหม่จากอาการของเครื่องบินขณะบินจริง ๆ อีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.24 ตำแหน่งของจุด CG

2.8 กฎเกณฑ์และมารยาทในการเล่นเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

การเล่นหรือชมการเล่นต่างๆ ก็ย่อมต้องมีมารยาทของกลุ่มคนที่อยู่ในที่นั้นๆ การเล่นเครื่องบินเล็กก็เช่นกัน หากเราเป็นผู้เล่น ก่อนจะเข้าไปใช้สถานที่ก็ควรติดต่อขออนุญาตจากเจ้าของให้ถูกต้อง เอาเครื่องบินที่เราจะนำไปเล่นติดไปให้ดูด้วยเพราะหลายคนไม่เคยเห็นจึงอาจจะเข้าใจผิดคิดว่าเป็นเครื่องบินขนาดใหญ่ เสียงดังอันอาจเป็นอันตรายกับสิ่งของหรือสถานที่ได้และหลังจากที่เข้าไปใช้สถานที่แล้วก็ต้องดูแลเรื่องความสะอาดให้เรียบร้อยก่อนกลับด้วย สำหรับผู้ชมก็ไม่ควรเข้าไปใกล้นักเพราะอาจพลาดพลั้งไปถูกเครื่องบินเขาเสียหายได้ การซักถามต่างๆเพื่อต้องการทราบรายละเอียดต่างๆก็ทำได้ตลอด แต่ขอให้ยกเว้นในขณะที่เขากำลังทำการบิน ในการที่จะไปช่วยเก็บเครื่องบินกลับมาให้เจ้าของด้วยความหวังดีก็ต้องทราบก่อนว่าเครื่องบินนี้บอบบางการจับต้องควรกระทำอย่างนุ่มนวล การจับแล้วถือวิ่งมาก็อาจทำให้เกิดความเสียหายได้ การจับก็ต้องจับบริเวณที่มีความแข็งแรง เช่น บริเวณลำตัว ห้ามจับปีกหรือหางหิ้วขึ้นมาโดยเด็ดขาด ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บินในสถานที่ที่มีการบินร่วมกันหลายคน ต้องทำการตรวจความถี่ใช้งานด้วย เพราะ หากมีความถี่ที่ตรงกัน จะทำให้มีการรบกวนกันทางความถี่ อาจเกิดความเสียหายให้แก่เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ เช่น การติดกระดานแสดงการใช้ความถี่ เพื่อแสดงให้บุคคลที่จะทำการขึ้นบินดูว่ามีการใช้คลื่นความถี่ไหนไปบ้างแล้ว จะได้ทำการเปลี่ยนความถี่ที่จะใช้ให้มิให้เกิดการกวนกันทางความถี่ได้

2.9 การเลือกใช้ความถี่ในการเล่นเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ

การเลือกใช้ความถี่ที่ใช้งานในการวิทยุรับ-ส่ง ของเครื่องบินบังคับเล็กด้วยวิทยุจะมีหลักการในการเลือกใช้ คริสตอล โดยจะมีความถี่หลักในการใช้งานอยู่ 6 ความถี่ ดังนี้ 27MHz 29 MHz 35 MHz 40 MHz 41 MHz และ72 MHz ทั้งสามารถแบ่งออกเป็นความถี่ย่อยโดยจะต้องมีความห่างระหว่างความถี่ 0.010 MHz ยกตัวอย่างเช่น ความถี่หลัก 27 MHz ก็จะมีความถี่ย่อยเป็น 27.010 MHz 27.020 MHz 27.030 เป็นต้น ในความถี่หลักอื่นๆ ก็มีการแบ่งความถี่ย่อยในลักษณะเดียวกัน

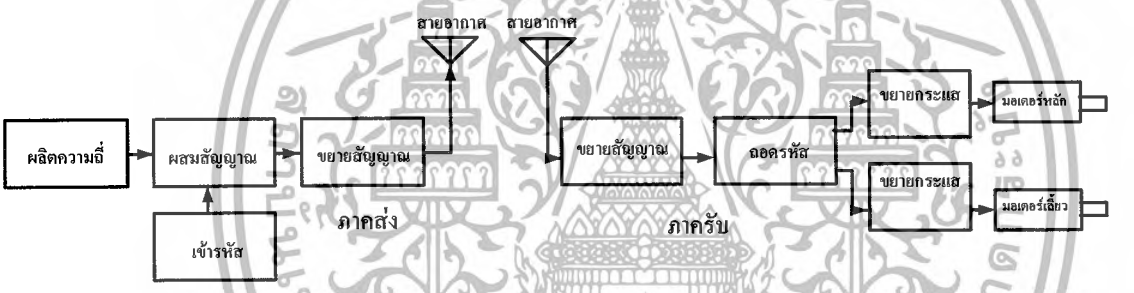
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การออกแบบการสร้าง และการทำงาน

การออกแบบและการสร้างเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ ประกอบด้วยโครงสร้างของลำตัวเครื่องบินเล็ก ปีกเครื่องบินเล็ก และวงจรที่ใช้ในการควบคุมเครื่องบินเล็ก ได้แก่วงจรภาคส่งและภาครับ

3.1 การออกแบบวงจรต่างๆ และการทำงานของวงจร

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุมีแผนผังการทำงานดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

จากรูปที่3.1 เป็นผังการทำงานของวงจรที่ใช้ในการควบคุมเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน คือภาคส่ง และภาครับ โดยจะแยกออกจากกัน ภาคส่งจะอยู่กับตัวผู้ใช้จะใช้ในการควบคุมการบังคับเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ ในขณะที่ทำการบินโดยจะส่งคลื่นพาห์พร้อมสัญญาณควบคุมไปยังเครื่องรับ ภาครับจะทำการรับสัญญาณที่ส่งไปให้แล้วทำการแยกคลื่นพาหะออกให้เหลือเฉพาะสัญญาณควบคุมแล้วจึงนำสัญญาณควบคุม ไปใช้ในการควบคุมมอเตอร์หลักและมอเตอร์เลี้ยว

3.1.1 วงจรภาคส่ง

การทำงานของวงจรภาคส่งนี้ มีโครงสร้างอยู่ 3 ส่วน คือ

1) ส่วนของวงจรเข้ารหัสสัญญาณโดยจะเป็นหน้าที่ของIC เบอร์ TX – 2 ขาสัญญาณที่ใช้งานทั้งหมด 10 ขา จะมีบางส่วนที่มิได้ถูกใช้งานหน้าที่ของแต่ล่ะขามี ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 1 ทำหน้าที่ ในการเข้ารหัสเลี้ยวขวา

ขา 3 ทำหน้าที่ เป็น GND ให้กับตัว IC

ขา 5 ทำหน้าที่ ในการเข้ารหัสเร่ง ทำให้มอเตอร์หลักหมุน

ขา 8 ทำหน้าที่ ป้อนสัญญาณ Output เพื่อนำสัญญาณไปเข้าภาคขยายแรงดัน

ขา 9 ทำหน้าที่ เป็น VDD ให้กับตัว IC

ขา 10 ทำหน้าที่ ในการแสดงการกดโดยผ่านหลอด LED

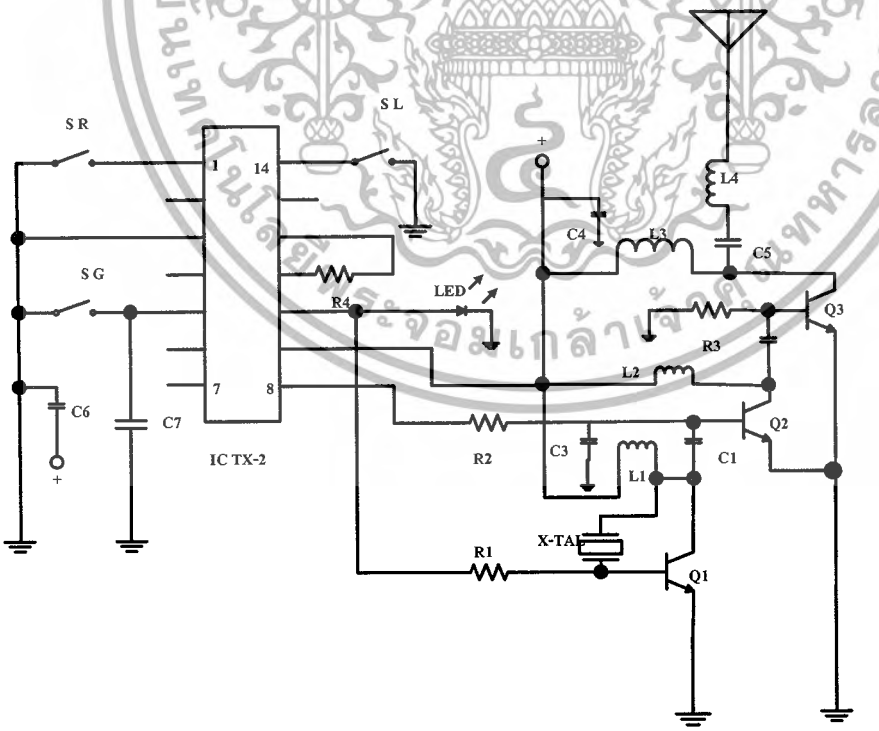
ขา 11 ทำหน้าที่ ส่งสัญญาณ Oscillator ให้กับขา 12

ขา 12 ทำหน้าที่ รับสัญญาณ Oscillator จากขา 11

ขา 14 ทำหน้าที่ ในการเข้าเลี้ยวซ้าย

2) ส่วนของวงจรสร้างความถี่ RF จะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ C1815 ทำหน้าที่ผลิตความถี่และใช้ X-TAL 40.680 MHz มาเป็นตัวควบคุมความถี่ผลที่ออกมา จะได้ความถี่ RF 40.680 MHz

3) ส่วนการขยายสัญญาณส่งจะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ S 8050 เป็นการขยายระดับสัญญาณให้มีกำลังส่งสูงขึ้น โดยมีการขยายกำลังส่ง 2 ครั้ง เพื่อระดับสัญญาณมากขึ้นและใช้ขดลวดและตัวเก็บประจุเป็นตัวควบคุมความถี่เพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการออกมา



รูปที่ 3.2 วงจรภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 วงจรภาครับ

การทำงานของวงจรภาครับมีโครงสร้างอยู่ 4 ส่วน คือ

1) ส่วยขยายภาครับจะใช้ ทรานซิสเตอร์เบอร์ 1815 เป็นตัวขยายสัญญาณสัญญาณที่รับมาจากสายอากาศ โดยใช้ขอลวดแบบปรับค่าได้ เป็นตัวปรับความถี่ที่สามารถรับได้ไกลที่สุด โดยมีขดลวดและตัวเก็บประจุเป็นตัวควบคุมความถี่เพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการ

2) ส่วนภาคถอดรหัส จะใช้ IC เบอร์ RX-2 โดยจะทำการถอดรหัสจากสัญญาณที่ผ่านการขยาย จากส่วนขยายภาครับ

ขาสัญญาณที่ใช้งานทั้งหมดมี 12 ขาแต่มีบางขาที่ไม่ได้ต่อใช้งาน หน้าที่ของแต่ละขามีดังนี้

ขา 1 ทำหน้าที่ ส่งสัญญาณที่ออกมาจากภาคขยายภาครับออกมา

ขา 2 ทำหน้าที่ เป็น GND ให้กับตัว IC

ขา 3 ทำหน้าที่ รับสัญญาณ Input เพื่อทำการถอดรหัส

ขา 4 ทำหน้าที่ รับสัญญาณ Oscillator จากขา 5

ขา 5 ทำหน้าที่ ส่งสัญญาณ Oscillator จากขา 4

ขา 6 ทำหน้าที่ จายกระแสเมื่อมีการกดเลี้ยวขวา

ขา 7 ทำหน้าที่ จายกระแสเมื่อมีการกดเลี้ยวซ้าย

ขา 11 ทำหน้าที่ จายกระแสเมื่อมีการกดเลี้ยวเร่ง

ขา 13 ทำหน้าที่ เป็น VDD ให้กับตัว IC

ขา 14 ทำหน้าที่ รับสัญญาณจากภาคขยายภาครับ

ขา 15 ทำหน้าที่ ส่งสัญญาณที่ได้จากภาคขยายภาครับออกมา

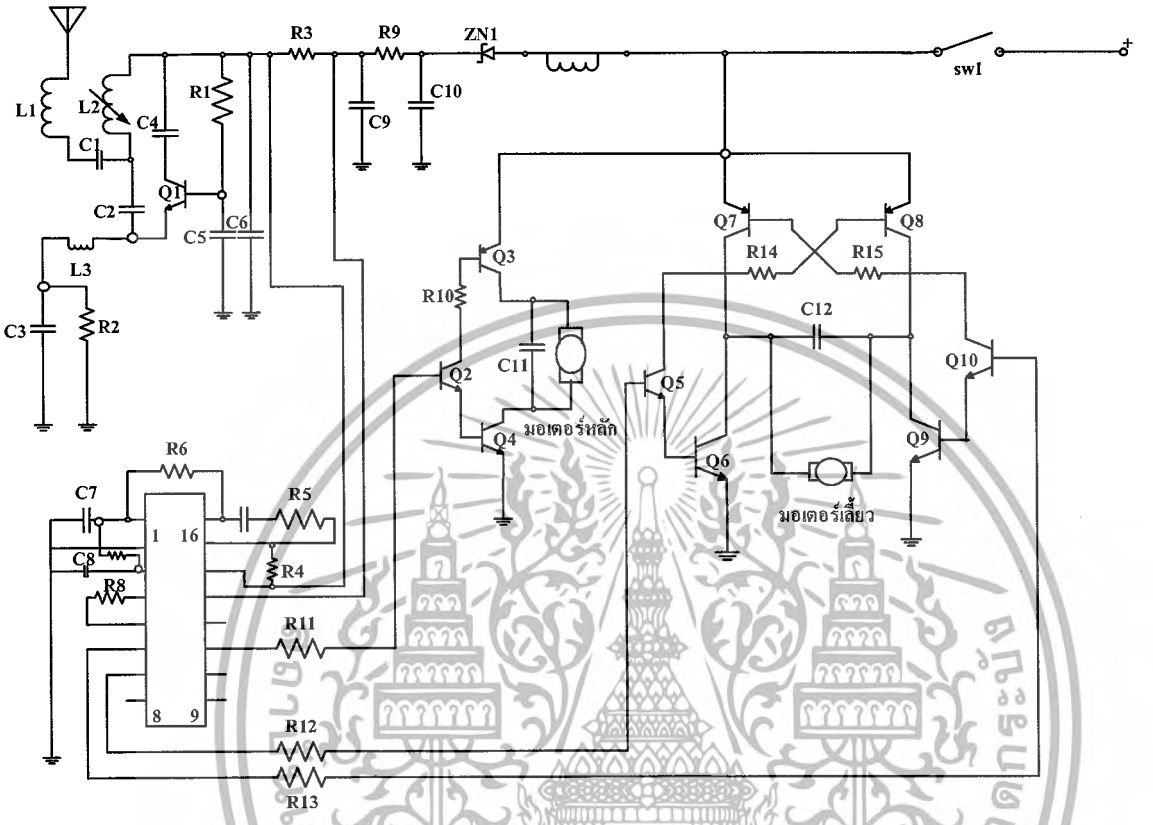
ขา 16 ทำหน้าที่ รับสัญญาณจากภาคขยายภาครับ

3) ส่วนขยายกระแสให้กับมอเตอร์หลัก โดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ S8050 ทำการขยายเป็นตัวแรกและผ่านขา C ไปยัง ทรานซิสเตอร์เบอร์ S8550 โดยขยายกระแสด้านไฟ บวกส่วนขา E ไปยัง ทรานซิสเตอร์เบอร์ S8050โดยขยายแรงดันไฟ ลบอออกทางขา C

4) ส่วนภาคขยายกระแสให้กับมอเตอร์บังคับเลี้ยวในการบังคับเลี้ยวขวา จะใช้ทรานซิสเตอร์ทั้งหมด 3 ตัว โดยใช้ ทรานซิสเตอร์เบอร์ S8050 1 คู่ และทรานซิสเตอร์เบอร์ S8050 อีก1ตัว จะรับสัญญาณจากขา 6 ของIC RX-2 และเข้าขอ B ของ ทรานซิสเตอร์เบอร์ S8050 ออกขา E เข้าขา B ของ ทรานซิสเตอร์เบอร์ S8050 โดยขา E ทรานซิสเตอร์นั้นต่อ GND กับขา E ทำให้กระแสไฟลบออกที่ขา C ป้อนให้มอเตอร์ ส่วนด้านขา C จะเข้าขา B ของทรานซิสเตอร์เบอร์ S8050 โดยขา E จะต่อกับไฟบวกทำให้กระแสเข้าที่ขา C ป้อนให้มอเตอร์เลี้ยว(+)ในการเลี้ยวซ้ายก็เช่นกันแต่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

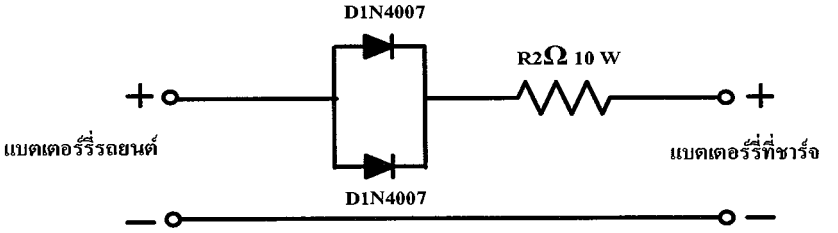
ทรานซิสเตอร์ อีกชุดหนึ่ง โดยการทำงานก็คล้ายกัน



รูปที่ 3.3 วงจรภาครับ

3.1.3 วงจรเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

เครื่องชาร์จแบตเตอรี่เป็นวงจรอย่างง่าย ที่ลดกระแสจ่ายให้แบตเตอรี่ที่ชาร์จโดยมีไดโอด D1N4007 ทั้ง 2 ตัวเป็นตัวป้องกันกระแสไหลย้อยกลับไปยังแบตเตอร์รี่รถยนต์ และมี R 2Ω 10W เป็นตัวจำกัดกระแสให้แบตเตอรี่ที่ชาร์จ แสดงดังรูป 3.4



รูปที่ 3.4 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุมีส่วนประกอบทั้งหมด 5 ส่วน คือ ลำตัวของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ ปีกของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ Horizontal stabilizer Vertical stabilizer Rudder ซึ่งมีรายละเดียดดังนี้

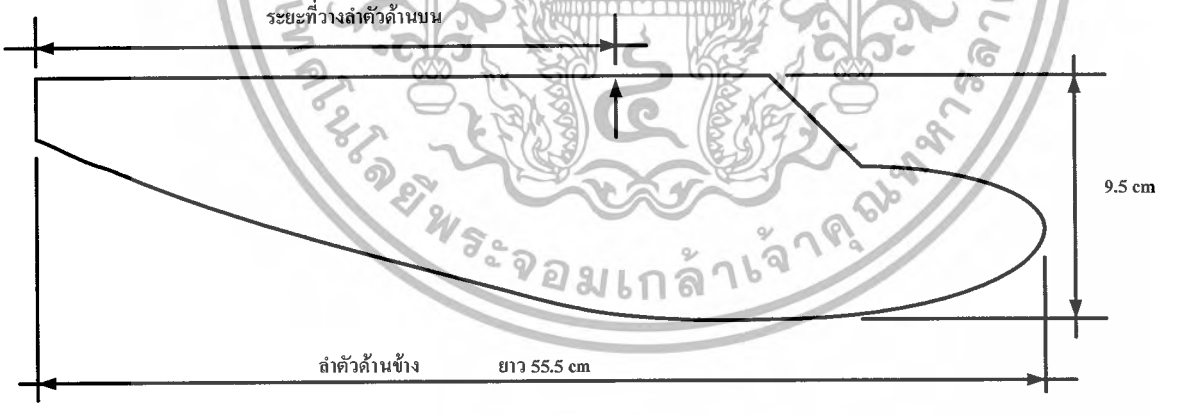
3.2.1 ลำตัวเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

ลำตัวของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ ที่จะนำมาประกอบเป็นเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ มีส่วนประกอบ 3 ส่วนดังนี้

1) ลำตัวด้านข้างของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ จะมีด้วยกัน 2 ชิ้น ทั้งทางด้านซ้ายและด้านขวาของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ แสดงดังรูป 3.5

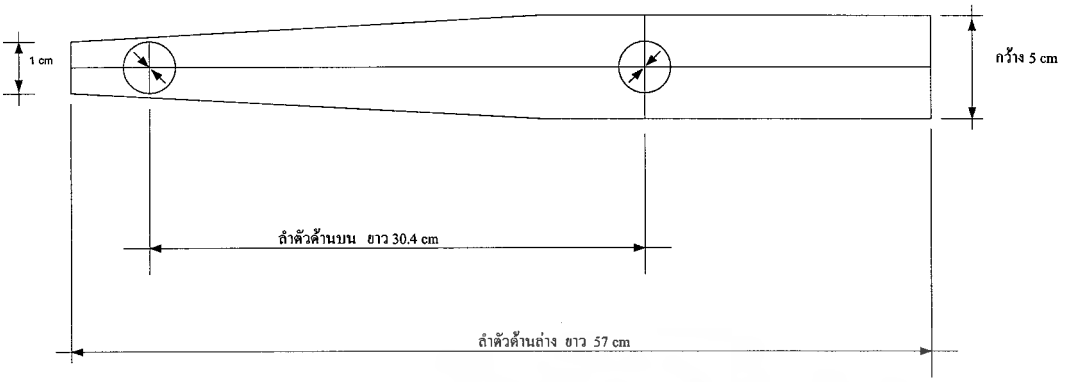
2) ลำตัวด้านล่างของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ จะอยู่ทางด้านล่างของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ ในแบบจะใช้แบบชิ้นเดียวกับลำตัวด้านบนของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ แสดงดังรูป 3.6

3) ลำตัวด้านบนเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุจะอยู่ทางด้านบนของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ ในแบบจะใช้แบบชิ้นเดียวกับลำตัวด้านล่างของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ แสดงดังรูป 3.6



รูปที่ 3.5 ลำตัวด้านข้างของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ลำตัวด้านล่างและลำตัวด้าน ของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

3.2.2 หางรักษาระดับการบินแนวนอน (Horizontal stabilizer)

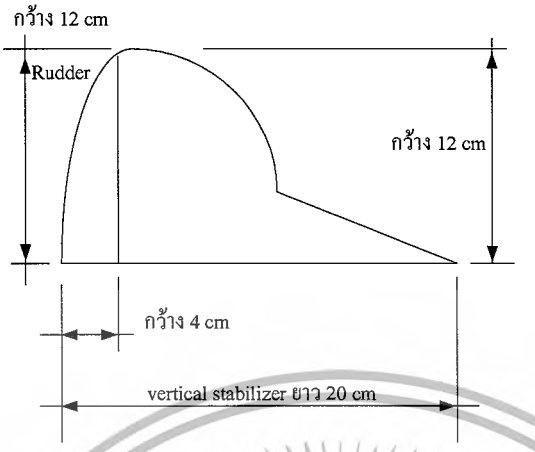
หางรักษาระดับการบินแนวนอน Horizontal stabilizer จะมีลักษณะคล้ายรูปหัวใจ มีหน้าที่รักษาระดับในขณะทำการบิน แสดงดังรูป 3.7

รูปที่ 3.7 Horizontal stabilizer

3.2.3 หางรักษาระดับการบินแนวตั้ง (Vertical stabilizer)

หางรักษาระดับการบินแนวตั้ง(Vertical stabilizer)มีหน้าที่ในการทำให้เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุบินไปได้ในทิศทางที่ตรงไม่เอียงซ้ายขวาและจะมี Rudder ติดอยู่กับหางรักษาระดับการบินแนวตั้ง แสดงดังรูป 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



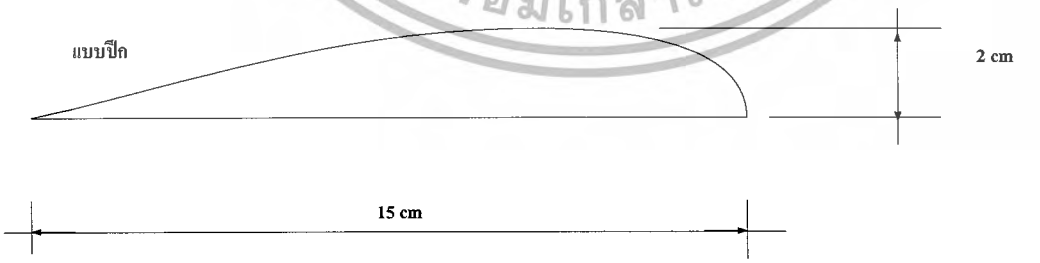
รูปที่ 3.8 Vertical stabilizer

3.2.4 ส่วนบังคับทิศทางลม (Rudder)

ส่วนบังคับทิศทางลม(Rudder) มีหน้าที่ในการทำให้เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ บินไปในทิศทางที่ต้องการและจะติดอยู่กับ Vertical stabilizer แสดงดังรูป 3.8

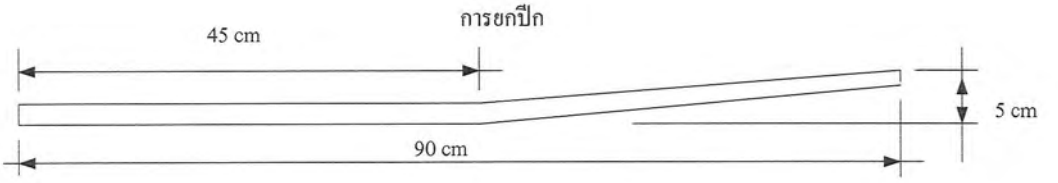
3.2.5 ปีกของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

ปีกของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ จะมี Rib ช่วยในการทำให้ปีกของเครื่องบิน สามารถยกตัวขึ้นได้ แสดงดังรูป 3.9 ขนาดปีกจะมีความยางทั้งปีก 90 cm ข้างละ 45cm จะต่อกัน โดยยกที่ปลายปีกอีกข้าง 5 cm ช่วยในการทำให้ปีกของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ สามารถยกตัวด้วยเช่นกัน แสดงดังรูป 3.10



รูปที่ 3.9 ปีก Rib

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การยกปีก

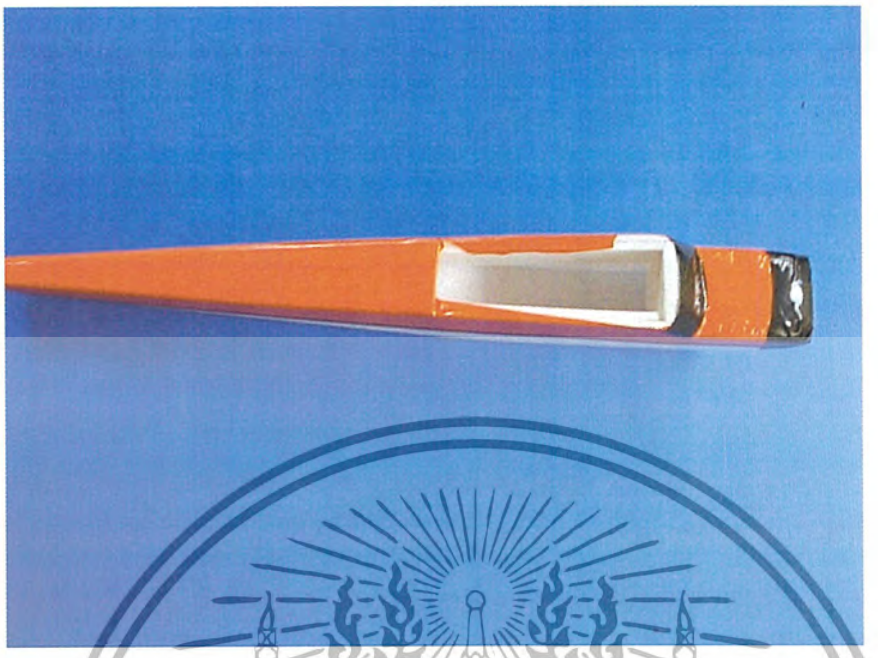
3.3 การสร้างเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

การสร้างเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ จะใช้โฟมเป็นวัสดุหลักในการสร้างกาวUHUโฟมเป็นตัวประสานให้ติดกันและOPPเทปเป็นส่วนที่ติดลำตัวเพื่อเพิ่มความแข็งแรงพร้อมทั้งความสวยงามของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ โดยมีการสร้างแบ่งตามชิ้นส่วนต่างๆ ดังนี้

ลำตัวของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ จะใช้โฟมอัดหนา 5 mm ตัดตามขนาดของแบบเมื่อตัดเรียบร้อยจึงนำมาประกอบโดยนำลำตัวด้านข้างทั้ง 2 ชิ้นติดกับลำตัวด้านล่างจะยึดด้านหลังเป็นหลักในการติดรอจนกาวแห้ง นำลำตัวด้านบนมาติดแล้วรอจนกาวแห้ง จากนั้นนำโฟม 1.5 ปอนด์ หนา 1 นิ้ว ตัดตามแบบส่วนหัวใส่ภายในลำตัวส่วนหัวพร้อมติดกาว ดังรูปที่ 3.11 เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงนำ OPP เทปมาติด ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.11 ลำตัวของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

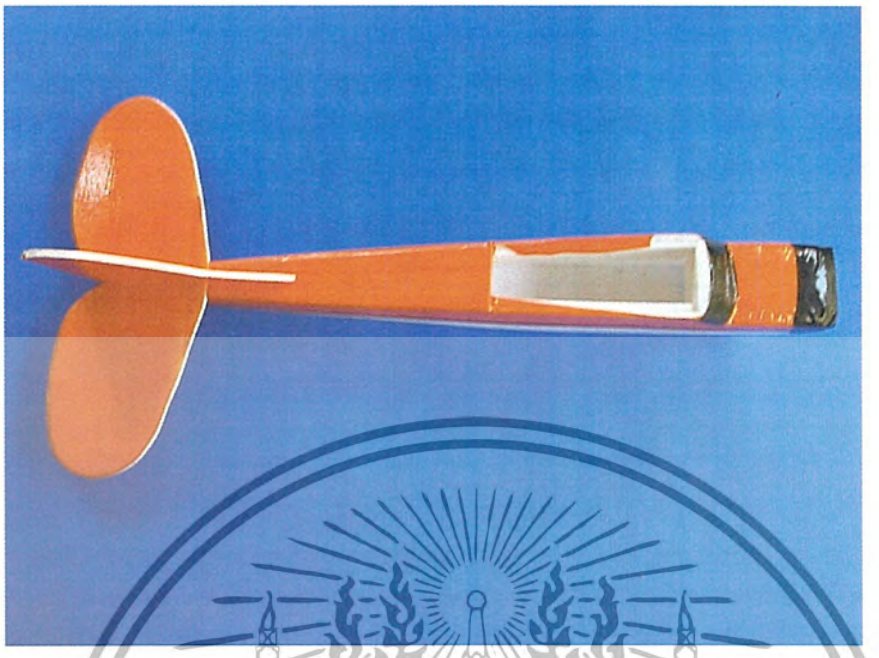


รูปที่ 3.12 ลำตัวเครื่องบินที่ติด OPP เทปแล้ว

Horizontal stabilizer Vertical stabilizer Rudder จะใช้โฟมอัดหนา 5 mm ตัดตามขนาดของแบบพร้อมทั้งติดOPPเทป ดังรูปที่ 3.13 เมื่อตัดเรียบร้อยจึงนำ Horizontal stabilizer Vertical stabilizer Rudder มาประกอบกับลำตัวเครื่องบิน ดังรูป 3.14

รูปที่ 3.13 Horizontal stabilizer Vertical stabilizer Rudder ที่ติด OPP เทปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

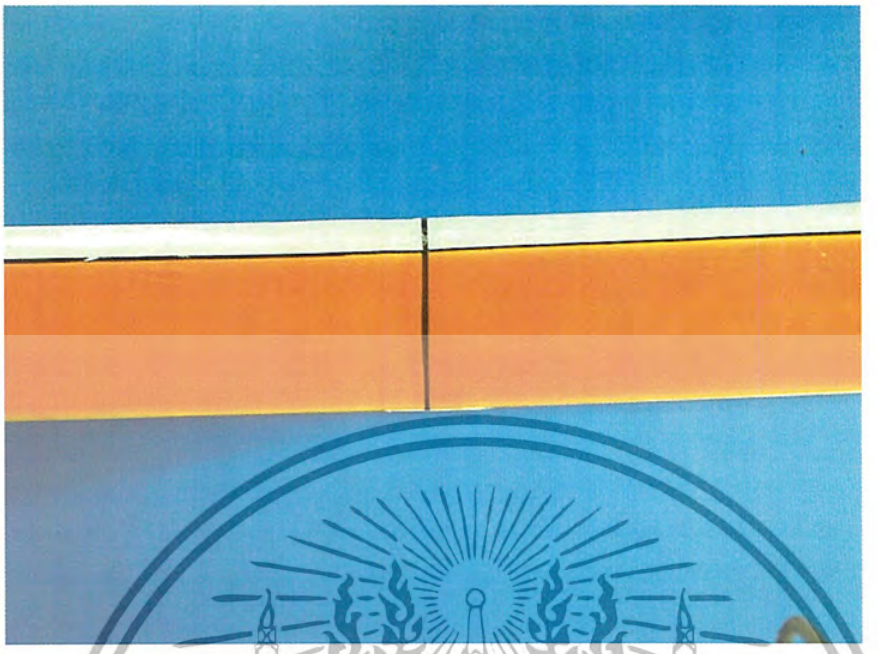


รูปที่ 3.14 Horizontal stabilizer Vertical stabilizer Rudder ที่ติดกับลำตัวเครื่องบิน

ปีกของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ จะใช้โฟม 1.5 ปอนด์หนา 1 นิ้ว ตัดตามขนาดของแบบจำนวน 2 ชิ้น แล้วจึงนำมาประกอบกัน ดังรูป 3.15 พร้อมทั้งติดOPPเทป ดังรูป 3.16

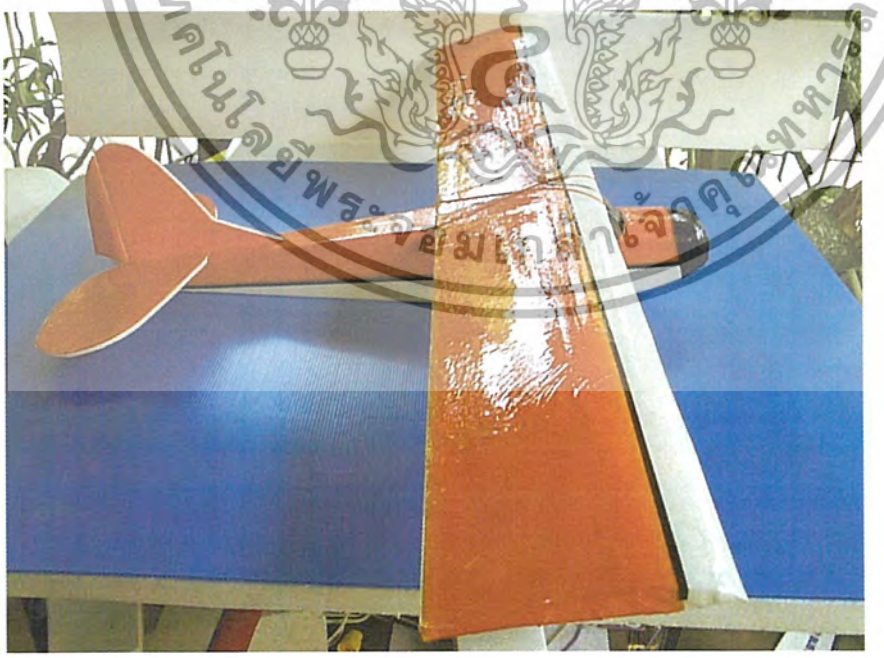
รูปที่ 3.15 ปีกของเครื่องบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ปีกที่ติด OPP เทปแล้ว

เมื่อสร้างชิ้นส่วนต่างๆเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงนำชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบรวมกัน ดังรูป 3.17 จากนั้นจึงนำวิทยุภาครับ มอเตอร์พร้อมใบพัดมาติดตั้งที่เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ



รูปที่ 3.17 เครื่องบินด้านข้างที่ประกอบเสร็จแล้วพร้อมปีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

เครื่องบินบังคับด้วยวิทยุ ประกอบด้วย วงจรภาคส่ง ภาครับ และส่วนเครื่องบินเล็ก มีผลการทดลองดังนี้

4.2 การทดลองในภาคส่งและภาครับ

ทำการทดลองโดยใช้แบตเตอรี่ขนาดความจุ 750 mA/h 3.6 V ในส่วนของภาครับและแบตเตอรี่ 3 V ในส่วนของภาคส่ง เพื่อทดสอบรัศมีควบคุมในภาครับ-ส่ง ของคลื่นวิทยุ ในแต่ละครั้ง สามารถแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รัศมีควบคุมในการรับ-ส่ง

จำนวนครั้ง	รัศมีควบคุม (เมตร)
1	235
2	242
3	245
4	247
5	251
6	256
7	268
8	276
9	281
10	287
ค่าเฉลี่ยรวม	**258.8**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 สรุปได้ว่า รัศมีในการควบคุมของวงจรรับ-ส่ง นี้ มีรัศมีในการควบคุม 258.8 เมตร

4.3 การทดลองการไหลของอากาศผ่านปีกเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

ทำการทดลองโดยการนำควันธูปมาทำการจำลองแทนอากาศที่ไหลผ่านปีกของเครื่องบินเล็ก แล้วติดเครื่องยนต์ สังเกตการไหลของควันธูป เพื่อทำการเปรียบเทียบ ความเร็วของอากาศที่ไหลว่าผลที่ได้ เป็นไปตามกฎการยกตัวของปีกหรือไม่

รูปที่ 4.1 การทดลองการไหลของอากาศผ่านปีก

ผลจากการจำลองการไหลของอากาศ สรุปผลได้ว่า การไหลของอากาศผ่านด้านบนของปีกมีความเร็วกว่าการไหลของการอากาศผ่านปีกด้านล่างตรงตามกฎการยกตัวของปีก

4.4 การทดลองระยะการร่อนของ เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

ทำการทดลองโดยการนำลำตัวเครื่องบิน ในสภาพพร้อมบิน น้ำหนักพร้อมบิน 360 g ทำการร่อนในทิศทางทวนกระแสลม ผลการทดลองระยะทางในการร่อนของลำตัวเครื่องบินในสภาพพร้อมบิน แสดงดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ระยะการร่อนของลำตัวเครื่องบิน

ครั้งที่	ระยะทาง (เมตร)
1	4
2	4.4
3	4.8
4	4.6
5	4.9
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.54**

ผลจากการทดลอง ระยะทางการร่อนที่ได้จากการทดลองมีระยะทางการร่อน 4.54 เมตร ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองทำให้สามารถหาจุดสมดุลของเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ ได้ดียิ่งขึ้น

4.5 การทดลองการใช้กระแสของมอเตอร์ที่ใช้ในเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

ทำการทดลองโดยป้อนแรงดันไฟฟ้า 7.2 โวลต์ ให้กับมอเตอร์ที่มีการติดตั้งใบพัดพร้อมบิน แล้วทำการวัดกระแสเพื่อดูการใช้กระแสของมอเตอร์

ตารางที่ 4.3 การใช้กระแสของมอเตอร์

ครั้งที่	กระแสที่ใช้(A)
1	1.28
2	1.31
3	1.29
4	1.30
5	1.29
ค่าเฉลี่ยรวม	**1.294**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 สรุปได้ว่า มอเตอร์ที่ติดตั้งใบพัดพร้อมบิน ใช้กระแส 1.294 แอมป์ หรือประมาณ 1.3 แอมป์ ต่อมอเตอร์ 1 ตัว ดังนั้น การใช้กระแสของมอเตอร์ทั้งหมดจะเท่ากับ 2.6 แอมป์

4.6 การทดลองแรงฉุดของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

การทดลองแรงฉุดของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุวิธีการทดลองโดยการนำเครื่องชั่งแบบสปริงติดที่ส่วนหลังของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุแล้วทำการเร่งเครื่องแช่ผ่านไปตามเวลาที่กำหนดและทำการบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 การทดลองแรงฉุดของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

เวลา(นาที)	แรงฉุดที่ได้(กรัม)
1	142
2	141
5	140
7	140
10	70
ค่าเฉลี่ยรวม	**126.6**

จากการทดลองในตารางที่ 4.4 สรุปได้ว่า แรงฉุดของเครื่องบินเล็กนี้มีแรงฉุด 126.6 กรัม

4.7 การทดลองระยะเวลาในการบิน

ทำการทดลองโดยนำลำตัวเครื่องบินในสภาพพร้อมบิน ทำการบินโดยจำลองสภาพการบินในทิศทางทวนกระแสลม ตั้งแต่ กระแสไฟในแบตเตอรี่มีค่า 750 mA จนสภาพกระแสไฟแบตเตอรี่มีค่า 50 mA ซึ่งมีผลกระทบต่อจำนวนรอบของมอเตอร์ในการขับเคลื่อนใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ระยะเวลาในการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

ตัวแปร/สถานะ	กระแสไฟฟ้า (mA)	ระยะเวลา (นาที)
เริ่มต้น	750	0
สิ้นสุด	50	14

4.8 การทดลองการบินของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

การทดลองการบินเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ เริ่มตั้งแต่การร่อนเครื่องบินขึ้นจนกระทั่งการร่อนเครื่องบินลง ได้ทำการทั้งหมด 5 ครั้ง ทดลองครั้งละ 12 นาที รวมเวลาการทดลอง 60 นาที เฉลี่ยเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุสามารถบินได้ประมาณ 12 นาทีโดยมีรัศมีการควบคุม 258.8 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

เครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ ประกอบด้วย 3 ส่วน ใหญ่ ๆ คือ เครื่องส่งวิทยุ เครื่องรับวิทยุเครื่องบินเล็ก เครื่องบินบังคับวิทยุนี้มีวงจรต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องบินบังคับวิทยุได้แก่วงจร เข้ารหัส ถอดรหัส ภาคขยายด้านรับ และด้านส่ง และมีรีโหมดคอนโทรลเป็นตัวควบคุม

เครื่องบินเล็กบังคับวิทยุนี้สามารถบังคับได้ในรัศมี 258.8 เมตร และสามารถบินอยู่ในอากาศเป็นเวลาอย่างน้อย 12 นาที

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดลองโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา โครงสร้างของเครื่องบินเล็กไม่ได้ตามแบบ ขาดความสมดุล ทำให้การทรงตัวของเครื่องบินเล็กขณะบินทรงตัวได้ไม่ดี ส่งผลให้การควบคุมเครื่องบินทำได้ยากขึ้น

แนวทางแก้ไข ทำการแก้ไขโครงสร้าง และต้องระมัดระวังในการตัดแบบ เพื่อให้ทำการประกอบได้ง่ายและได้สมดุล ทำให้ควบคุมเครื่องบินได้ง่ายขึ้น

2. ปัญหา ขั้วแบตเตอรี่ที่ป้อนกระแสไฟให้กับวงจรรับหลวมทำให้เครื่องบินเล็กไม่สามารถควบคุมได้ ส่งผลให้เครื่องบินเล็กมีความเสี่ยงในการตกสูง

แนวทางแก้ไข ทำการเปลี่ยนขั้วแบตเตอรี่ให้แน่นหนาขึ้นทำให้มีความเชื่อถือในการควบคุมเครื่องบินมีมากขึ้น

3. ปัญหา ความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องบินเล็กขณะมีการตก หรือเมื่อมีการกระแทกทำให้มีความเสียหายและบอบช้ำกับเครื่องบินมาก

แนวทางแก้ไข ทำการหุ้มสติ๊กเกอร์ให้กับเครื่องบินเล็ก ทำให้ลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นน้อยลง และยังแลดูสวยงามขึ้นด้วย

4. ปัญหา ความแรงของลมเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่ง ของการบินเครื่องบินเล็ก เพราะถ้าความแรงของลมมากขึ้นทำให้การควบคุมเครื่องบินยากมากขึ้นตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางแก้ไข ดูความแรงของลม และอาศัยประสบการณ์ของผู้เล่นเครื่องบินเล็กเป็นสำคัญ ผู้เล่นต้องมีประสบการณ์ในการบินสูงจึงจะสามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้

5.3 แนวทางการพัฒนา

ในการพัฒนาเครื่องบินบังคับด้วยวิทยุ ให้มีความสามารถในการทำงานได้ดีขึ้น สามารถพัฒนาโครงงานได้ดังนี้

1. พัฒนาโครงงานนี้ ให้มีความสามารถในการรับและส่งให้มีรัศมีในการควบคุมไกลมากขึ้น

2. พัฒนาโครงงานนี้ให้มีความสามารถในการสั่งการควบคุมส่วนต่าง ๆ ของเครื่องบินเล็กให้ครบถ้วนมากขึ้น

3. พัฒนาโครงงานนี้ โดยการประยุกต์นำไปใช้ในการสำรวจพื้นที่ที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปสำรวจด้วยตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กำนัน(นามแฝง). “โครงสร้างอากาศยาน”.R.C.Flying ฉบับที่ 29:หน้าที่ 53 – 56 .2548

เมือง เตชะเกิดกมล.“เครื่องบินมอร์เตอร์ไฟฟ้า”.R.C.Flying ฉบับที่ 29:หน้าที่ 53 – 56 .2548

วิสุทธิ์ อธิพรธรรม.“วิศวกรรมสายอากาศ”.กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2546

อดุล ศิริสมบูรณ์เวช.“รีโมทคอลโทรลระยะไกลความถี่27เมกะเฮริร์ต”ปริญญานิพนธ์บัณฑิตสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2545

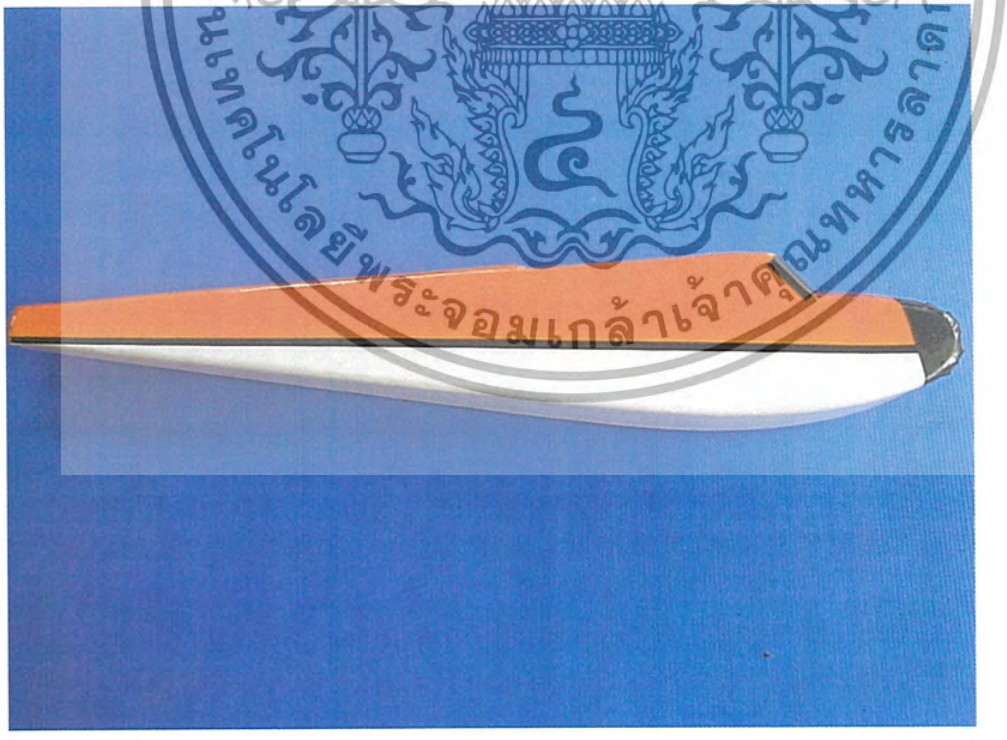
อากาศพลศาสตร์(นามแฝง). “อากาศพลศาสตร์ของมุมยกปีก”.RC.Actionฉบับที่4:หน้าที่ 37-40. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

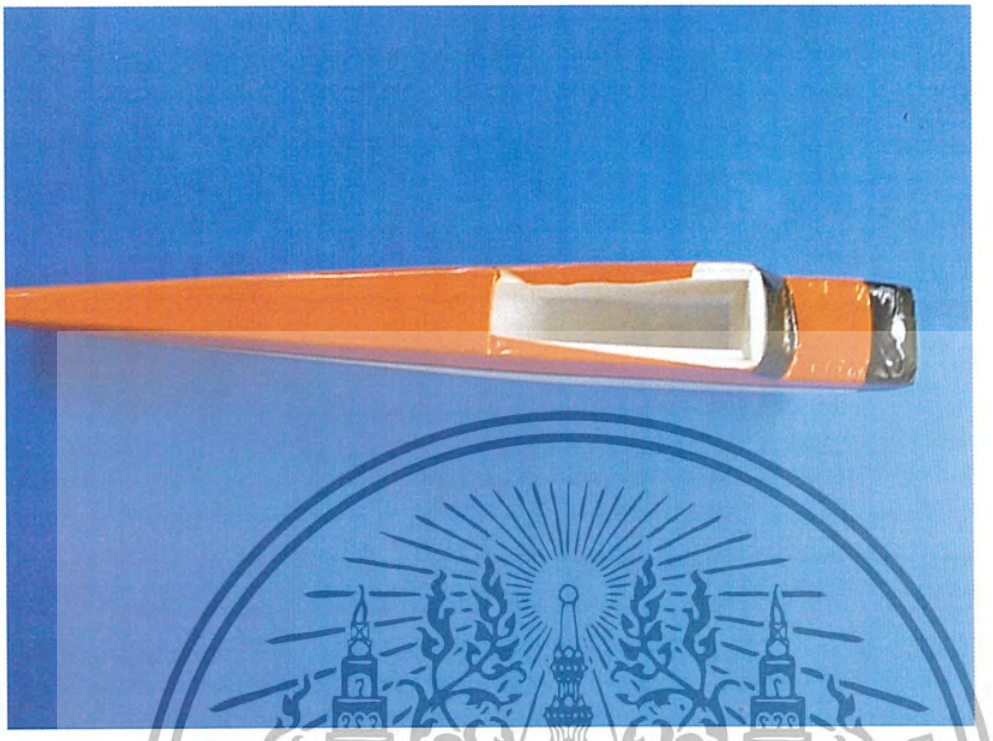
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 เครื่องบินประกอบเสร็จ



รูปที่ ก.2 ลำตัวเครื่องบินที่ติด OPP เทปแล้ว

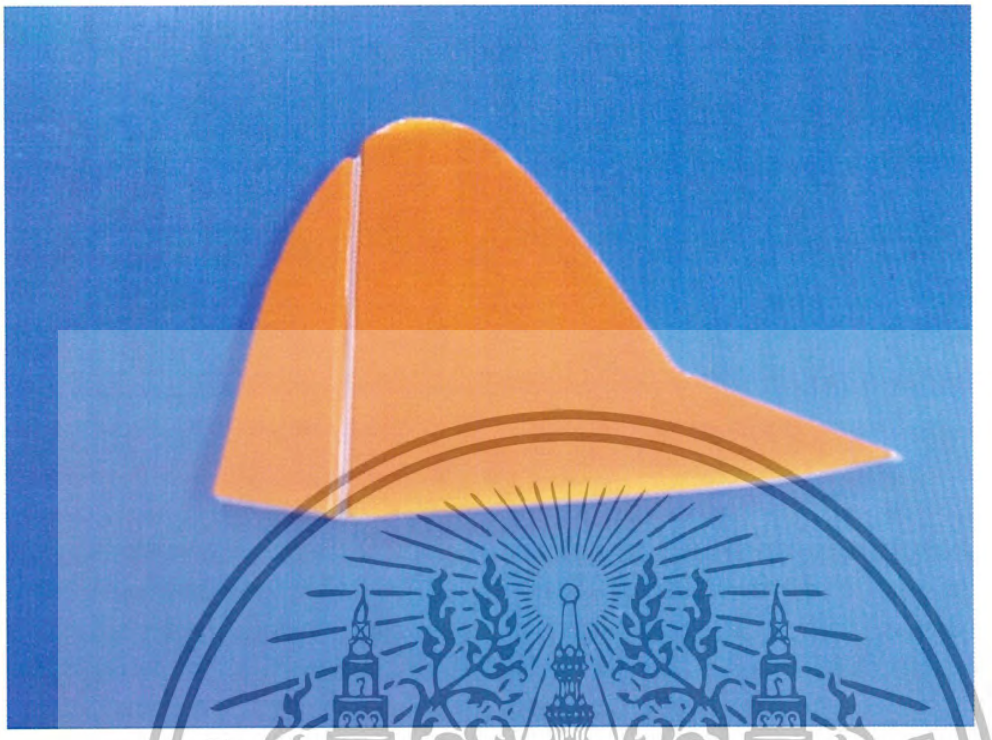
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



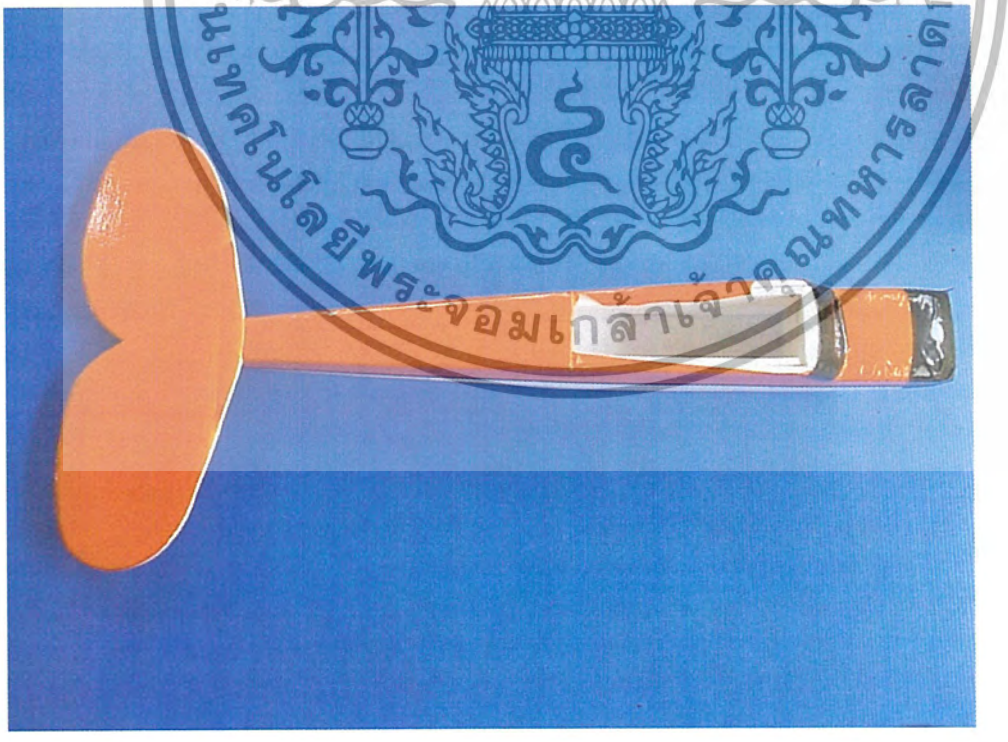
รูปที่ ก.3 ด้านบนเครื่องบินที่ติด OPP เทปแล้ว

รูปที่ ก.4 Horizontal stabilizer ที่ติด OPP เทปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

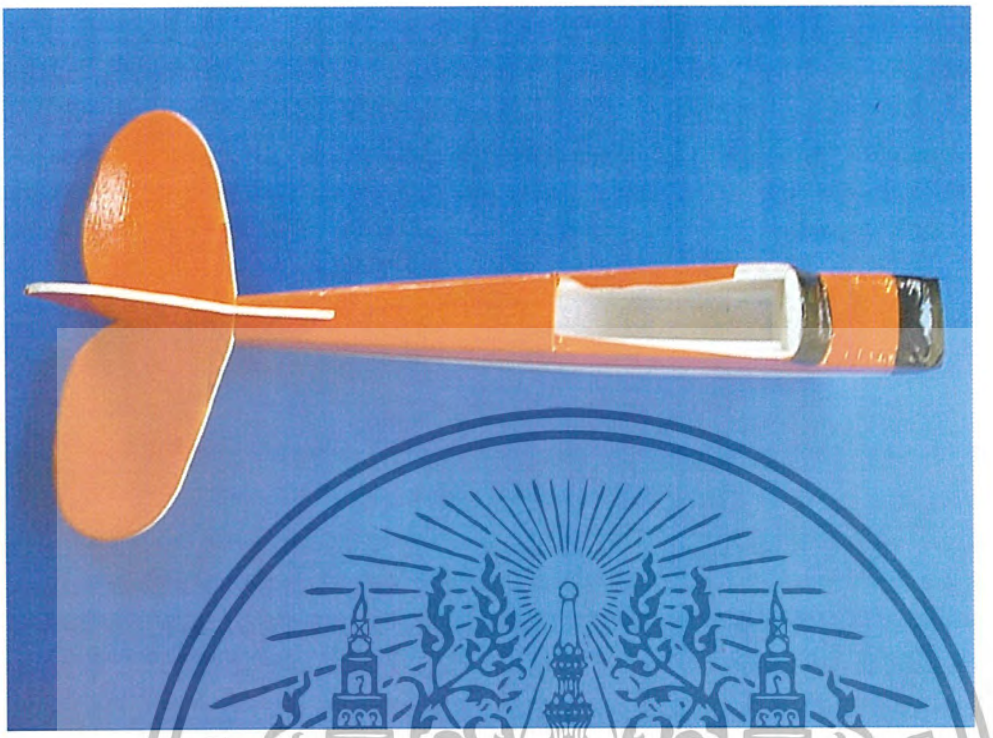


รูปที่ ก.5 Vertical stabilizer ที่ติด OPP เทปแล้ว

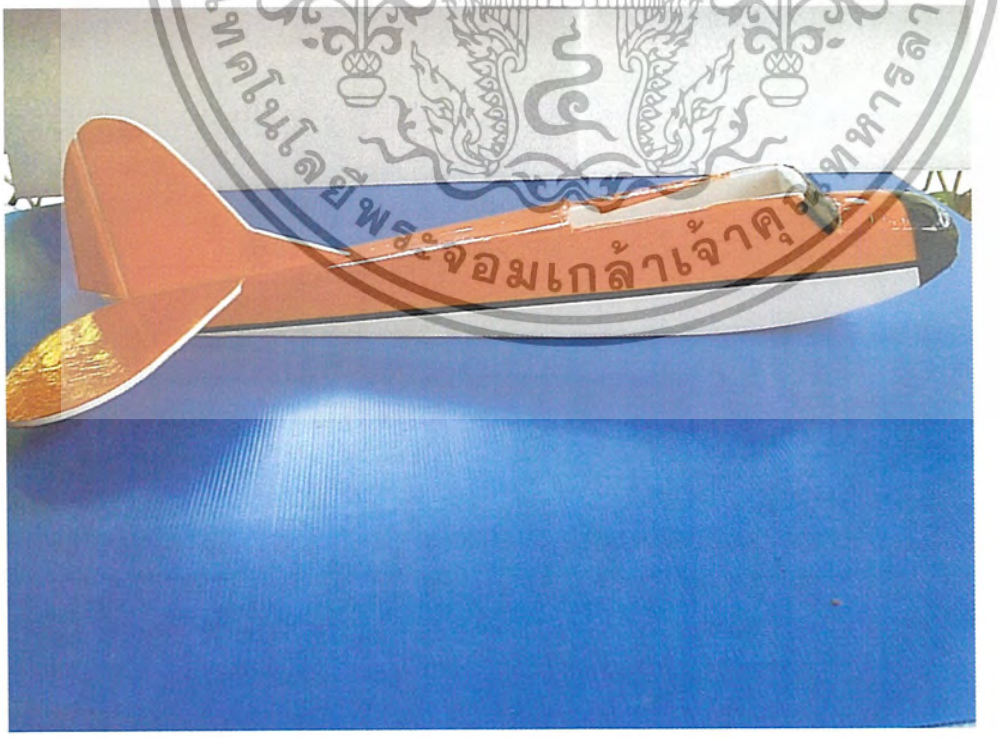


รูปที่ ก.6 ลำตัวเครื่องบินที่ติด Horizontal stabilizer แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

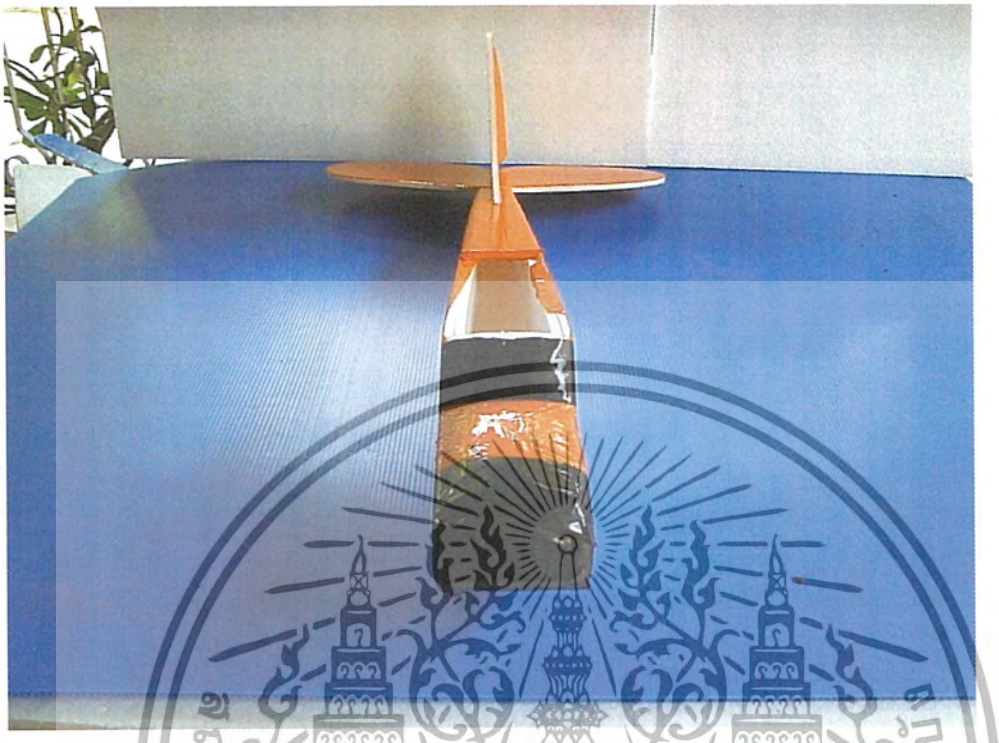


รูปที่ ก.7 ลำตัวเครื่องบินที่ติด Horizontal stabilizer และ Vertical stabilizer แล้ว

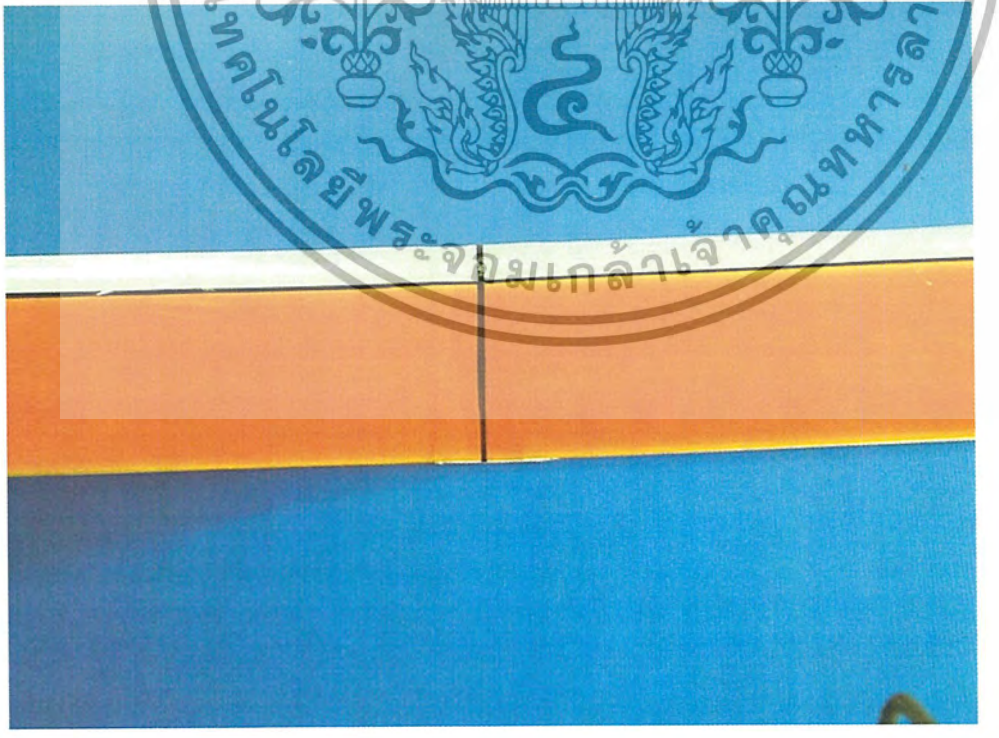


รูปที่ ก.8 ด้านข้างลำตัวเครื่องบินที่ติด Horizontal stabilizer และ Vertical stabilizer แล้ว

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

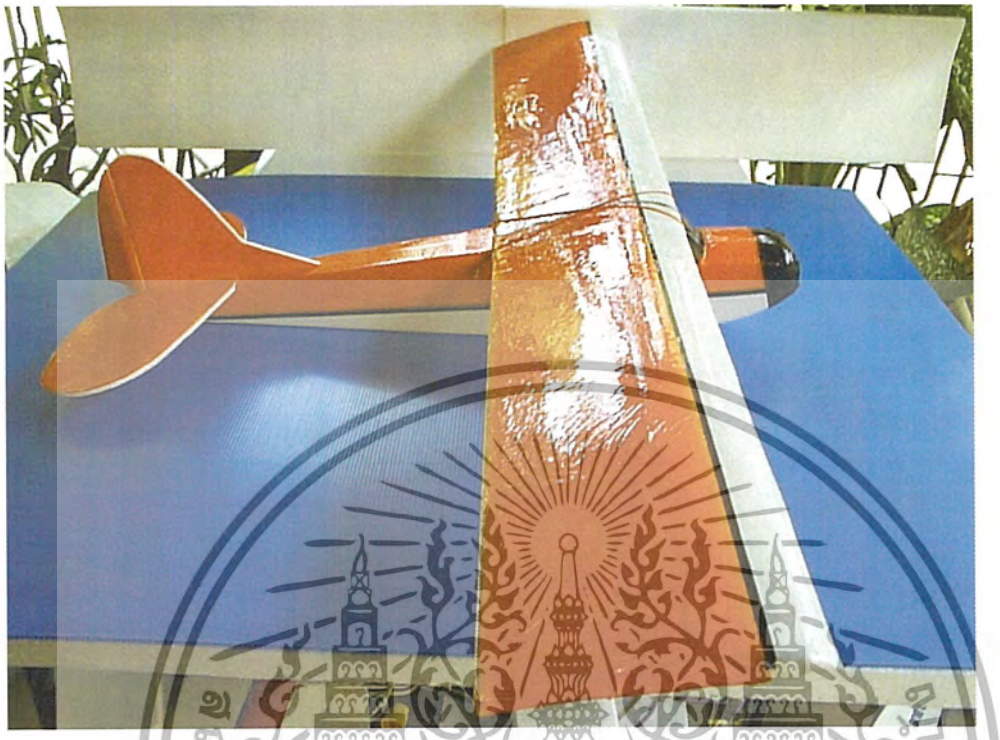


รูปที่ ก.9 ด้านหน้าลำตัวเครื่องบินที่ติด Horizontal stabilizer และ Vertical stabilizer แล้ว

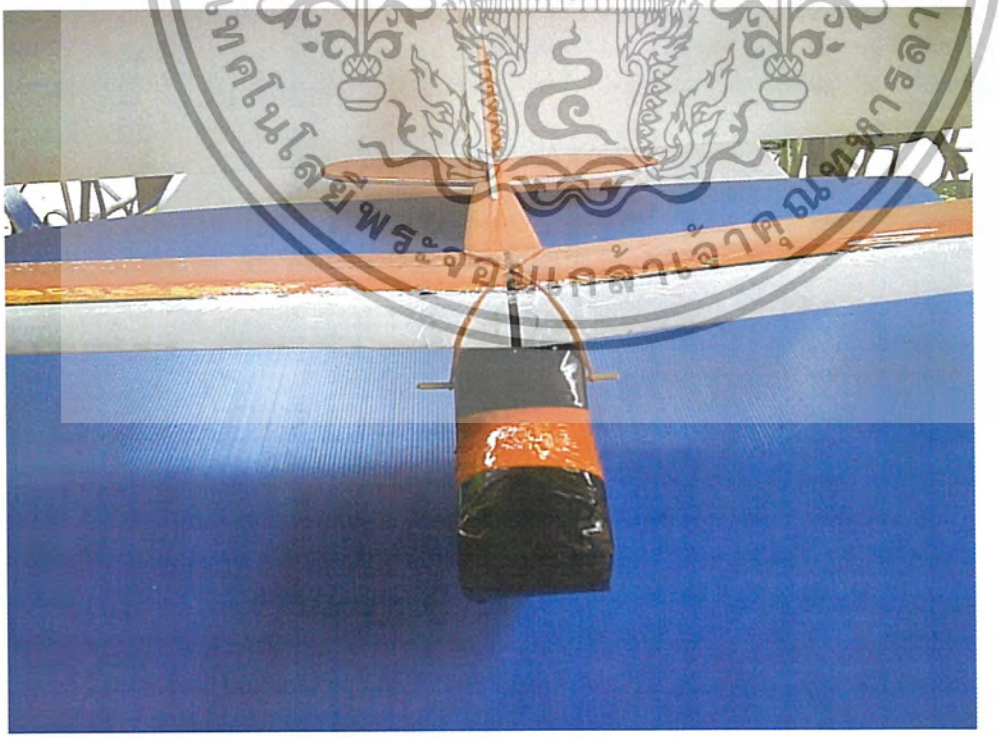


รูปที่ ก.10 ปีกที่ติด OPP เทปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

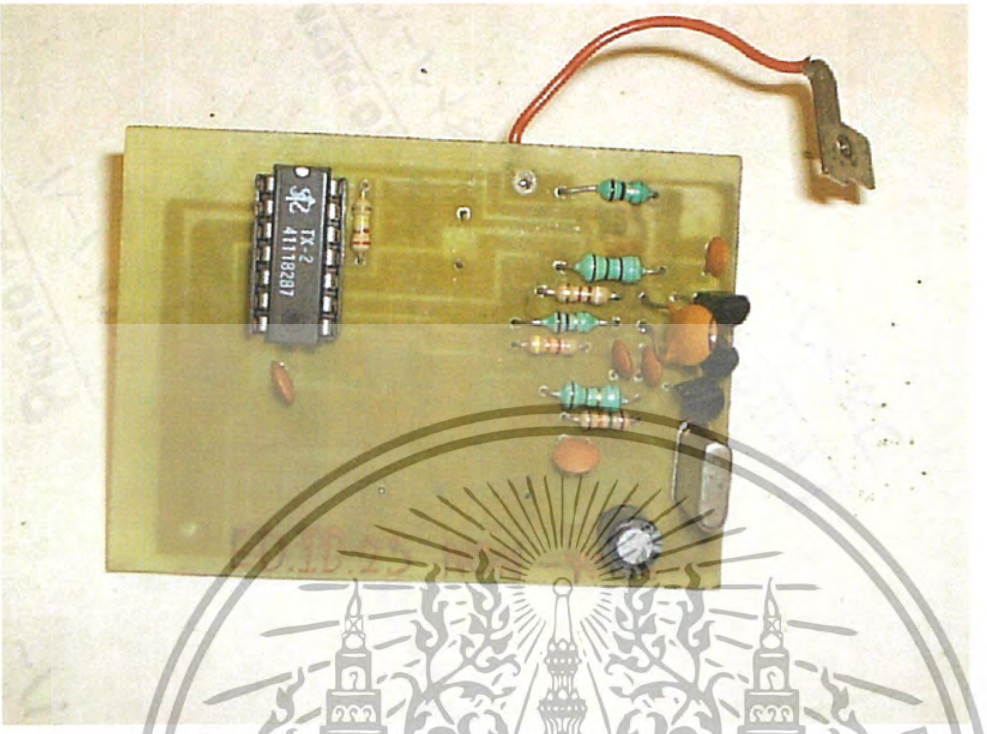


รูปที่ ก.11 เครื่องบินด้านข้างที่ประกอบเสร็จแล้วพร้อมปีก



รูปที่ ก.12 เครื่องบินด้านหน้าที่ประกอบเสร็จแล้วพร้อมปีก

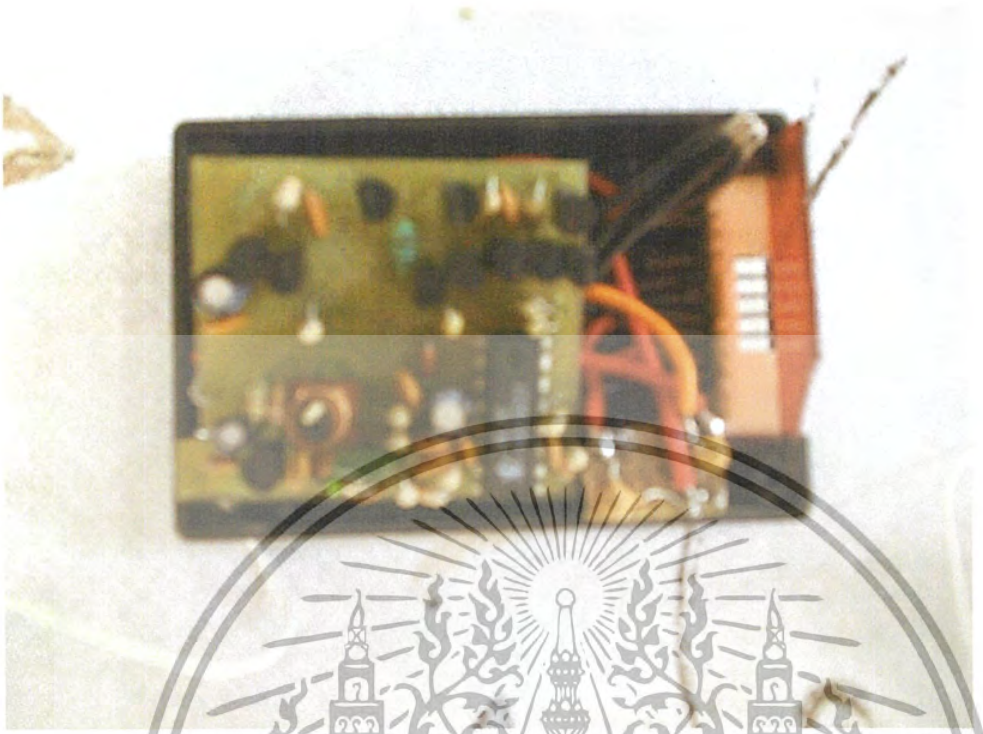
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



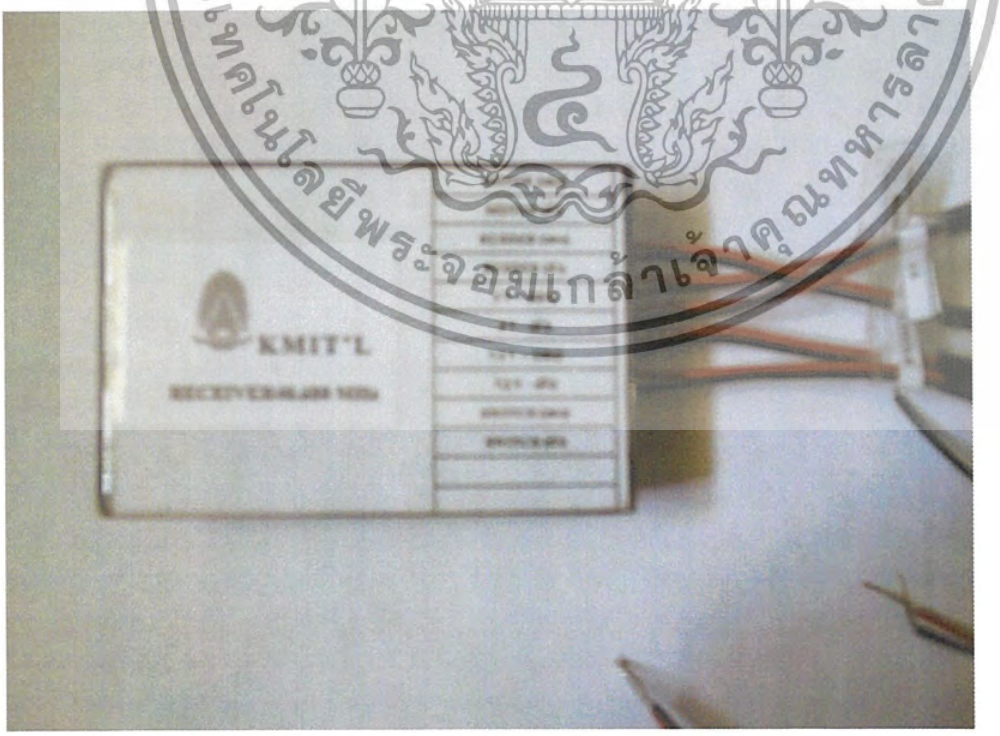
รูปที่ ก.13 วงจรภาคส่ง

รูปที่ ก.14 วิทยุบังคับที่ใช้ควบคุมเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

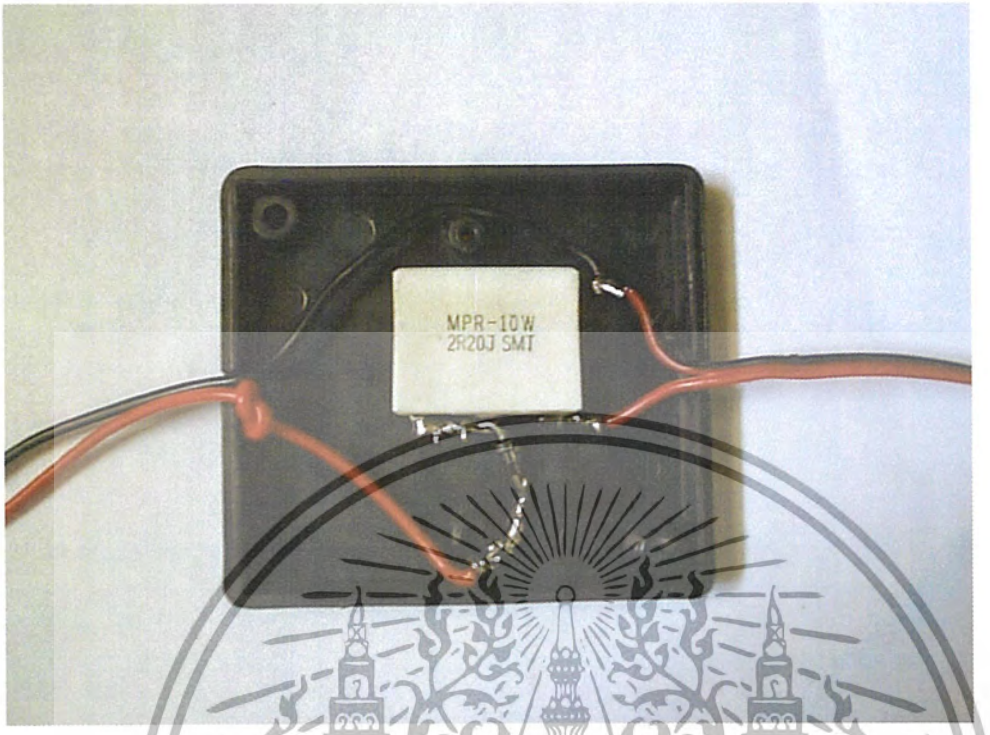


รูปที่ ก.15 วงจรภาครับ

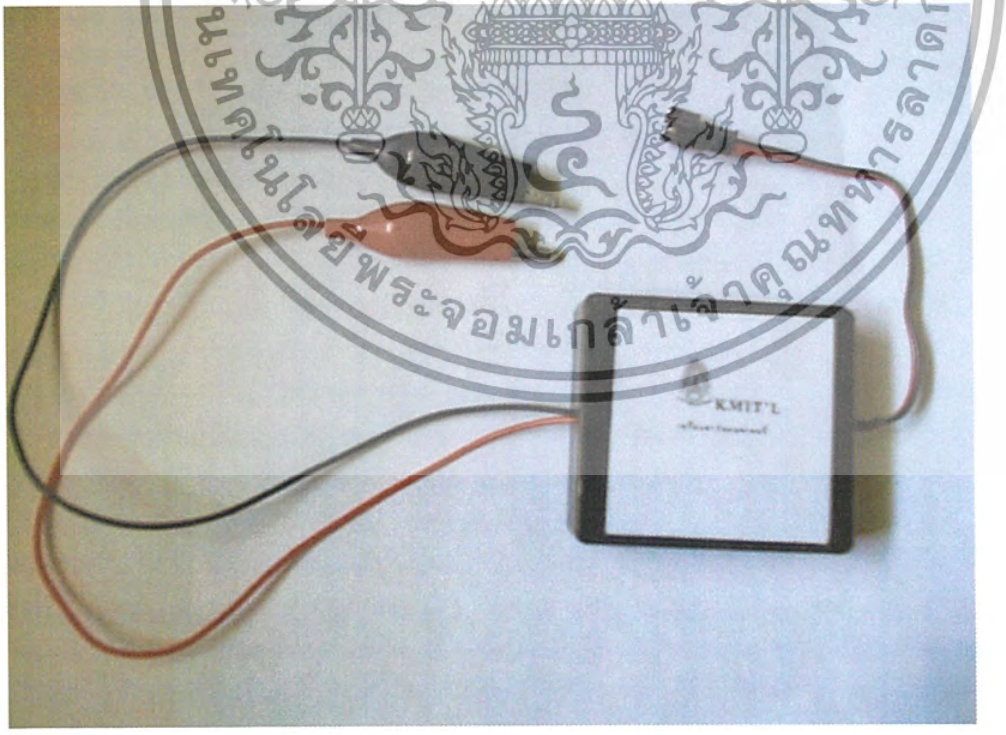


รูปที่ ก.16 กล่องวงจรภาครับที่ติดตั้งบนเครื่องบินเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.17 วงจรชาร์จแบตเตอร์รี่



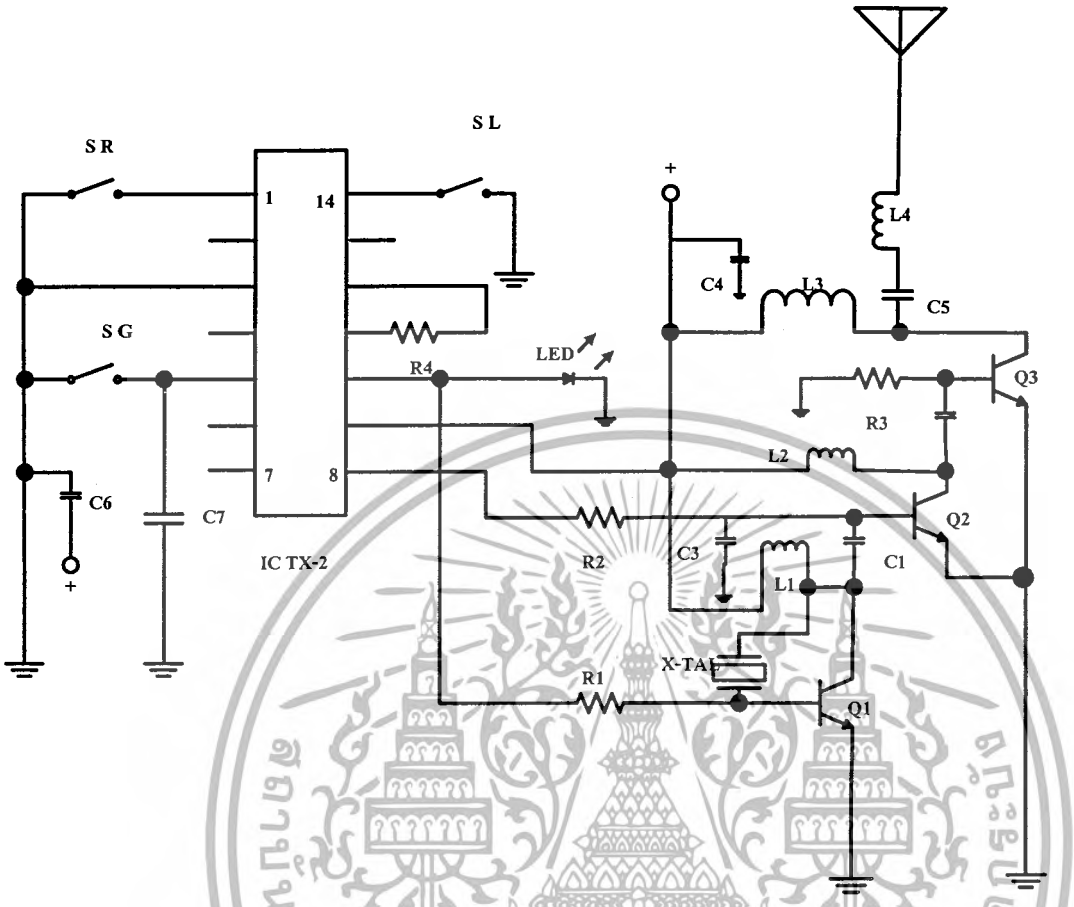
รูปที่ ก.18 เครื่องชาร์จแบตเตอร์รี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

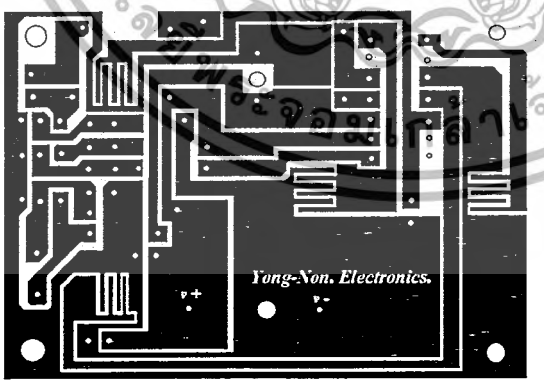
ภาคผนวก ข

วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

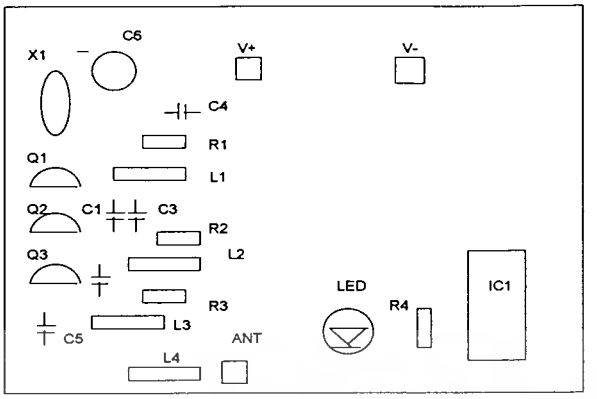


รูปที่ ข.1 วงจรเครื่องส่ง

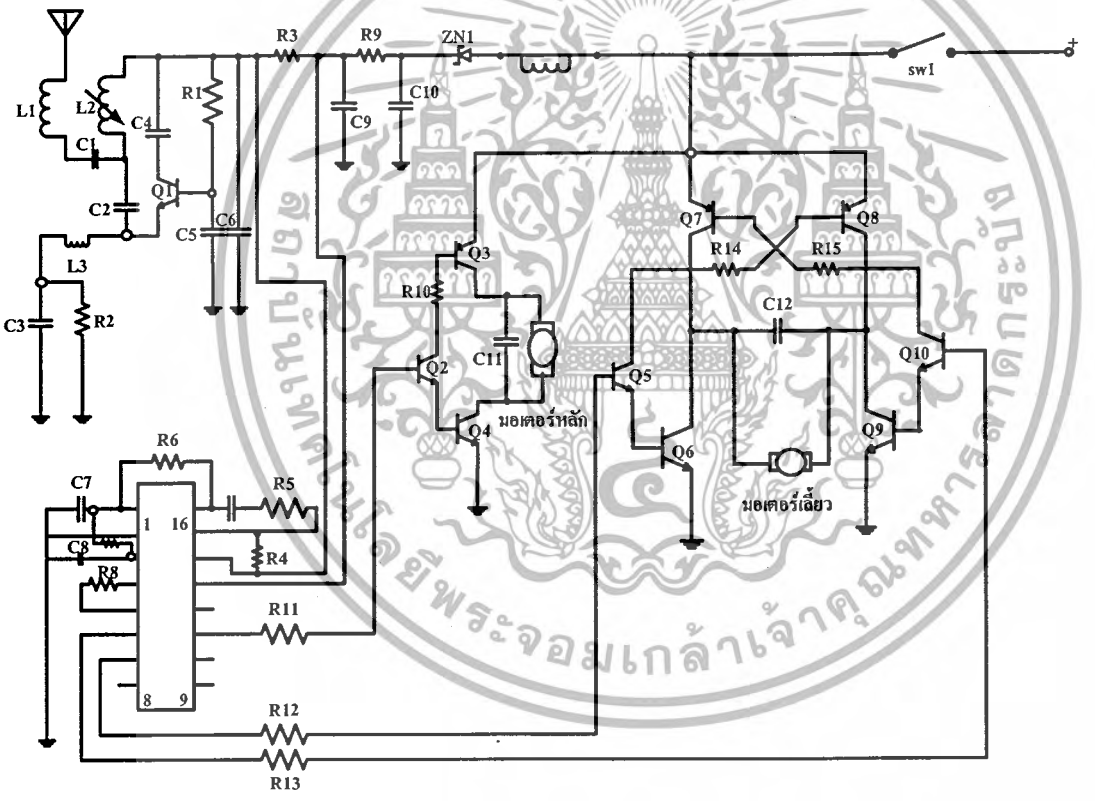


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

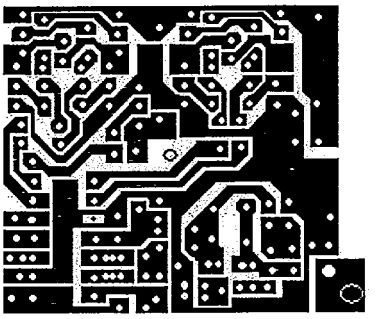


รูปที่ ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรเครื่องส่ง

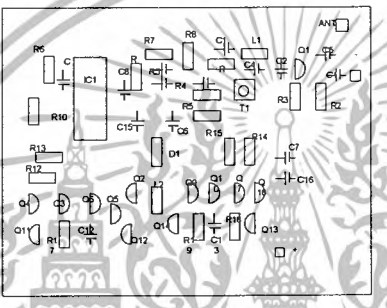


รูปที่ ข.4 วงจรเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรเครื่องรับ



รูปที่ ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคส่ง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	TX-2	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	C 1815	1 ตัว
Q2,Q3	H 8050	2 ตัว
LED	สีแดง	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1,C2	0.0001 µF เซรามิค	1 ตัว
C3	0.00015 µF เซรามิค	1 ตัว
C4,C7	0.1 µF เซรามิค	2 ตัว
C5	68 pF เซรามิค	1 ตัว
C6	100 µF 16V	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	15 KΩ ¼ W	1 ตัว
R2	4.3 KΩ ¼ W	1 ตัว
R3	820 Ω ¼ W	1 ตัว
R4	220 KΩ ¼ W	1 ตัว
ตัวเหนี่ยวนำ		
L1,L4	0.1 H	1 ตัว
L2	0.22 H	1 ตัว
L3	10 H	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
Y1	X'TAL 40.680 MHz	1 ตัว
S1	สวิตซ์ 2 ทาง	1 ตัว
S2-S4	สวิตซ์กดติดปล่อยดับ	3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาครับ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	RX-2C	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	C945	1 ตัว
Q2-Q10	H8050	9 ตัว
Q11-Q14	H8550	4 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	0.002 µF เซรามิค	1 ตัว
C2	47 pF เซรามิค	1 ตัว
C3	0.033 µF ไมก้า	1 ตัว
C4	10 pF เซรามิค	1 ตัว
C5	5 pF เซรามิค	1 ตัว
C6-C8,C10,C12-C13	0.1 µF เซรามิค	6 ตัว
C9	0.0002 µF เซรามิค	1 ตัว
C11	0.0033 µF เซรามิค	1 ตัว
C14	4.7 µF 50V อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
C15-C16	100 µF 10V อิเล็กโตรไลต์	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1,R4-R8,R11-R13,R15	2.2 KΩ ¼ W	11 ตัว
R2	390 KΩ ¼ W	1 ตัว
R3	120 KΩ ¼ W	1 ตัว
R9	2.2 MΩ ¼ W	1 ตัว
R10	220 KΩ ¼ W	1 ตัว
R16-R19	100 Ω ¼ W	4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรภาครับ

ตัวเหนี่ยวนำ		
L1	0.33H	1 ตัว
L2	100 H	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
รีเลย์	24 V 5 ขา	1 ตัว
ขาต่อไฟ	แถวคู่	5 แถว

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรชาร์จแบตเตอรี่

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1-D2	1N4007	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	2 Ω 10W	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1	JACK แบตเตอรี่ตัวเมีย	1 ตัว
J2-J3	ปากคีบดำ แดง	1 คู่
W1	สายไฟอ่อนคู่	1 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะทำการบินเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุควรทำการศึกษาการประกอบ การใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจเพื่อการบินอย่างมีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่และเป็นการป้องกันการเสียหายที่เกิดกับเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

2. ส่วนประกอบและส่วนคบคุม

รูปที่ ง.1 เครื่องควบคุมเครื่องบินเล็กและปุ่มควบคุมเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ

รูปที่ ง.1มีรายละเอียดดังนี้

① ปุ่มกดเดินหน้า

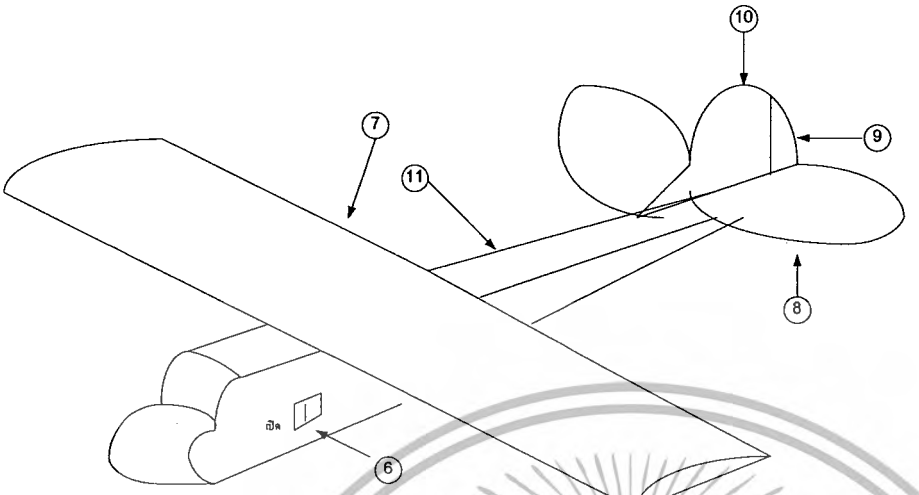
② ปุ่มกดเลี้ยวขวา

③ ปุ่มกดเลี้ยวซ้าย

④ สวิตซ์ปิด-เปิดเครื่องส่ง

⑤ เสาอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.2 ลำตัวเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุและสวิตซ์ปิดเปิดเครื่องรับ

รูปที่ ง.2 มีรายละเอียดดังนี้

⑥ สวิตซ์ปิด-เปิดเครื่องรับ

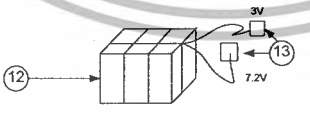
⑦ ปีกเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

⑧ Horizontal stabilizer

⑨ Rudder

⑩ Vertical stabilizer

⑪ ลำตัวเครื่องบินเล็ก



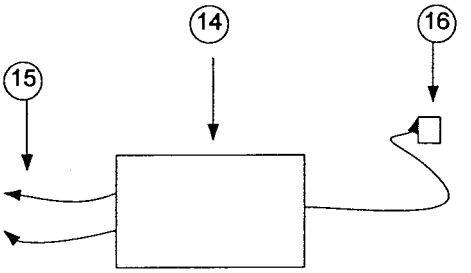
รูปที่ ง.3 แบตเตอรี่

รูปที่ ง.3 มีรายละเอียดดังนี้

⑫ แบตเตอรี่

⑬ ขั้วต่อกับวงจรรับหรือเครื่องชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.4 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่

รูปที่ ง.4 มีรายละเอียดดังนี้

⑭ เครื่องชาร์จแบตเตอรี่

⑮ ปากคีบแบตเตอรี่รถยนต์

⑯ ขั้วต่อกับแบตเตอรี่

3. การเตรียมและการใช้งาน

3.1 ทำการชาร์จแบตเตอรี่ โดยต่อแบตเตอรี่เข้ากับเครื่องชาร์จ ให้ถูกขั้วส่วนอีกด้านหนึ่งของเครื่องชาร์จต่อเข้ากับแบตเตอรี่รถยนต์ โดยสายสีแดงคีบขั้ว + และสายสีดำคีบขั้ว – แล้วจึงทำการ ชาร์จเป็นเวลา 20 นาที (ห้ามใช้เกินกว่านั้นจะทำให้เครื่องชาร์จและแบตเตอรี่เกิดความเสียหาย)

3.2 เมื่อทำการชาร์จแบตเตอรี่ครบ 20 นาที จึงทำการถอดเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ โดยจะต้องถอดปากคีบจากแบตเตอรี่รถยนต์ออกก่อนแล้วจึงถอดแบตเตอรี่ออก

3.3 นำแบตเตอรี่ที่ชาร์จแล้วมาบรรจุลงในลำตัวเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ โดยวางในจุดที่กำหนดให้พร้องกับต่อสายเข้ากับวงจรภายในลำตัวเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ

3.4 ทำการต่อสายมอเตอร์ ที่ปีกเข้ากับวงจรภายในลำตัวเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ และประกอบลำตัวเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ เข้ากับส่วยปีกของเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ โดยจะใช้สายยางรัดปีกกับลำตัว และจัดปีกให้ได้ระดับตรงกลาง

3.5 ทำการบรรจุแบตเตอรี่ขนาดAA ภายในวิทยุบังคับให้ถูกขั้ว

3.6 ประกอบเสาอากาศเข้ากับวิทยุบังคับพร้อมชักเสาออกจนสุด

3.7 เปิดสวิตซ์ที่วิทยุบังคับก่อนแล้วจึงเปิดที่ตัวเครื่องบินบังคับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ทดลองกดปุ่มเดินหน้าเพื่อตรวจเช็คมอเตอร์ (ควรจับลำตัวเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุให้ห่างจากใบพัดเพื่อไม่ให้ใบพัดโดนมือ) (ถ้าไม่หมุนให้ตรวจเช็คตามวิธการแก้ปัญหา)และทำการทดลองกดปุ่มเลี้ยว ซ้ายขวา (ถ้าRudderไม่ทำงานให้ตรวจเช็คตามวิธีการแก้ปัญหา)

3.9 เมื่อมอเตอร์และแพนหางทำงานถูกต้อง จึงใช้มือซ้ายจับวิทยุบังคับและมือขวาจับลำตัวเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ โดยให้ด้านหน้าของเครื่องบินสวนกับกระแสลมแล้วจึงกดปุ่มเดินหน้าพร้อมกับปาออกไปในแนวขนานกับพื้นแล้วจึงทำการบังคับซ้ายขวา (ในการเครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุจะนิยมบินวนซ้าย และควรบินเป็นวงทางด้านหน้าของผู้เล่นไม่ควรบินรอบตัว)

4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ สามารถตรวจสอบตามแนวทางการแก้ปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข
LEDไม่ติด	ตรวจสอบแบตเตอรี่ที่ด้านหลังของเครื่องควบคุมเครื่องบินเล็ก
มอเตอร์ไม่หมุน	ตรวจสอบสวิตซ์ที่เครื่องบินหรือสายที่ต่อวงจรรับกับขั้วแบตเตอรี่หรือสายที่ต่อวงจรรับกับมอเตอร์
มอเตอร์หมุนไม่แรง	ตรวจสอบกระแสของแบตเตอรี่
Rudderไม่ทำงาน	ตรวจสอบสวิตซ์ที่เครื่องบินหรือสายที่ต่อวงจรรับกับขั้วแบตเตอรี่หรือสายที่ต่อวงจรรับกับมอเตอร์

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

- ต้องเปิดเครื่องส่งก่อนแล้วจึงเปิดเครื่องรับ
- ต้องปิดเครื่องรับก่อนแล้วจึงปิดเครื่องส่ง
- ถ่อดแบตเตอรี่ออกทุกครั้งที่ไม่ใช้งาน

5.2 ข้อควรระวัง

- การชาร์จแบตเตอรี่ต้องต่อให้ถูกขั้วทุกครั้ง
- การชาร์จแบตเตอรี่ต้องชาร์จภายในเวลาที่กำหนดให้เท่านั้น
- ควรทำการบินในทิศทางวนขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
น้ำหนักของเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ	360 g
น้ำหนักบรรทุกของเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ	20 g
ความกว้างลำตัวของเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ	5 cm
ความยาวลำตัวของเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ	55.5 cm
ความกว้างปีกของเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ	15 cm
ความยาวปีกของเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ	90 cm
ความเร็วรอบมอเตอร์สูงสุด	7800 rpm / min
ความถี่ที่ใช้งาน	40.680 MHz
ระยะการควบคุม	258.8 m
เวลาที่ทำการบินสูงสุด	12 min
แหล่งจ่ายพลังงานเครื่องควบคุมเครื่องบินเล็ก	3 V
แหล่งจ่ายพลังงานเครื่องรับบนเครื่องบินเล็ก	3V , 7.2 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REMOTE CONTROLLER WITH FIVE FUNCTIONS

General Description

The TX2/RX2 are a pair of CMOS LSIs designed for remote controlled car applications. TX2 Is the transmitter and RX2 is the receiver. They provide five function key to control forward, Backward,
Rightward, Leftward and Turbo motions. Beside,a combination of these five motions can be played.
RX2 Provide two high effective amplifiers and Enhance Signal Input recognition capacity to enhance remote
control distance.

Major Core Features:

Wide and low operating voltage range: 2.2V to 5.0V
Typical oscillator frequency:
RF:128KHz.
IR :114KHz(Carrier Frequency:57KHz).
IR : 76KHz(Carrier Frequency:38KHz).
Provide two transmissive interface(RF and IR)for different application.
RX2 Provide two high effective amplifiers to enhance remote control distance.
Enhance Signal Input recognition capacity for very weak signal.
Auto Power-OFF function for TX2
Low Standby current (TX2) and low operating current.(RX2).
Oscillator with an external resistor.

Peripheral Features:

5-function remote controller controlling forward/ backward/ turbo/ right/ left.
Few external components needed.

Application Field:

remote controlled toy.
remote electric appliance controller.

REMOTE CONTROLLER WITH FIVE FUNCTIONS

General Description

The TX2/RX2 are a pair of CMOS LSIs designed for remote controlled car applications. TX2 Is the transmitter and RX2 is the receiver. They provide five function key to control forward, Backward,
Rightward, Leftward and Turbo motions. Beside,a combination of these five motions can be played.
RX2 Provide two high effective amplifiers and Enhance Signal Input recognition capacity to enhance remote
control distance.

Major Core Features:

Wide and low operating voltage range: 2.2V to 5.0V

เอกสารนี้ สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical oscillator frequency:
RF:128KHz.
IR :114KHz(Carrier Frequency:57KHz).
IR : 76KHz(Carrier Frequency:38KHz).
Provide two transmissive interface(RF and IR)for different application.
RX2 Provide two high effective amplifiers to enhance remote control distance.
Enhance Signal Input recognition capacity for very weak signal.
Auto Power-OFF function for TX2
Low Standby current (TX2) and low operating current.(RX2).
Oscillator with an external resistor.

Peripheral Features:

5-function remote controller controlling forward/ backward/ turbo/ right/ left.
Few external components needed.

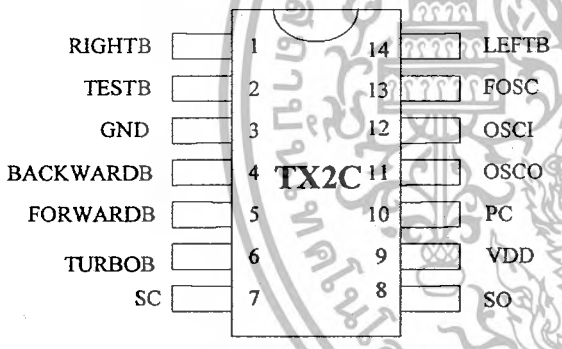
Application Field:

remote controlled toy.
remote electric appliance controller.

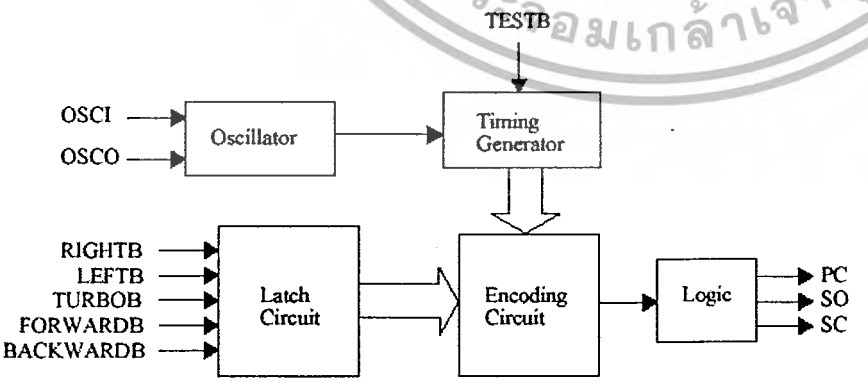
Pin Assignment and Block Diagram:

Transmitter

Pin Assignment TX2C

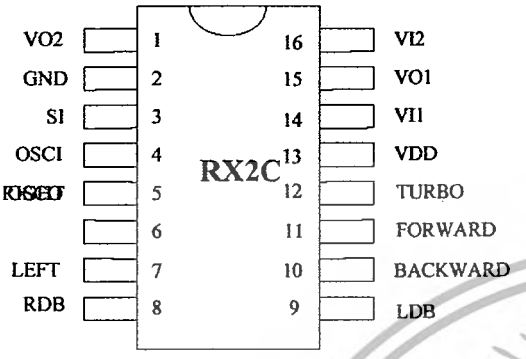


Block Diagram

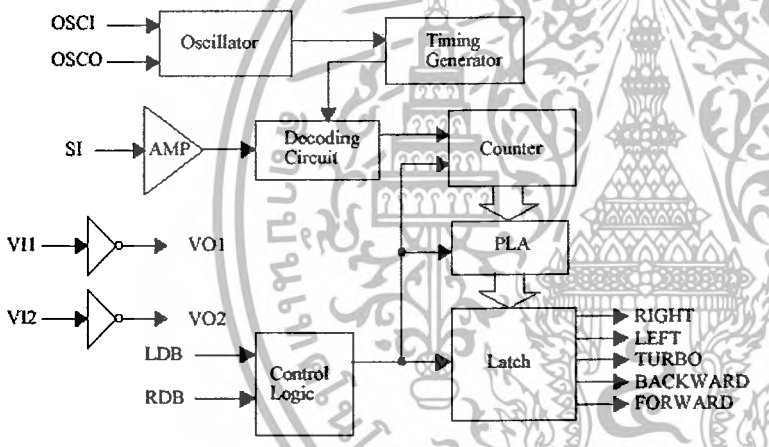


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Receiver
Pin Assignment
RX2C



Block Diagram



Absolute Maximum Ratings

DC Supply Voltage.....0.3V to 5.0V
Input/Output Voltage.....GND -0.2V to VDD + 0.2V
Operating temperature.....-10C to 60C
Storage Temperature.....-25C to 125C

Comments*
Never allow a stress to exceed the values listed under "Absolute Maximun Ratings", otherwise the device would suffer from a permanent damage. Nor is a stress at the listed value be allowed to persist over a period, since an extended exposure to the absolute maximum rating condition may also affect the reliability of the device, if not causing a damage thereof.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

TX2

(VDD=4.5V, Fosc = 128KHz, T A =25C, unless otherwise specified.)

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.
Operating Voltage	VDD	2.2V	4.5V	5.0V
Operating Current I	I dd	-	-	1mA
Stand-by Current	I stb	-	-	1A
DC O/P Driving Current	drive	3mA	-	-
AC O/P Driving Current	drive	3mA	-	-
AC O/P Frequency	F audio	500Hz	-	1KHz

RX2

(VDD=4.5V, Fosc = 128KHz, T A =25C, unless otherwise specified.)

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.
Operating Voltage	VDD	2.2V	4.5V	5.0V
Operating Current I	I dd	-	-	0.7mA
O/P Driving Current	I drive	0.6mA	-	-
O/P Sinking Current	I sink	0.6mA	-	-
Effect Decoding Frequency Variation	Ftolerance	-20%	-	20%

Pin Description

TX2

Pin No.	Designation	Description
1	RIGHTB	The rightward function will be selected when this pin is connected to GND.
2	TESTB	This pin is used for testing purpose only.
3	GND	Negative power supply
4.	BACKWARDB	The backward function will be selected when this pin is connected to GND
5	FORWARDB	The forward function will be selected when this pin is connected to GND.
6	TURBOB	The turbo function will be selected when this pin is connected to GND.
7	SC	Output pin of the encoding signal with carrier frequency
8	SO	Output pin of the encoding signal without carrier frequency
9	VDD	Positive power supply
10	PC	Power control output pin
11	OSCO	Oscillator output pin
12	OSCI	Oscillator input pin
13.	FOSC	This pin is used for testing purpose
14	LEFTB	The leftward function will be selected when this pin is connected to GND.

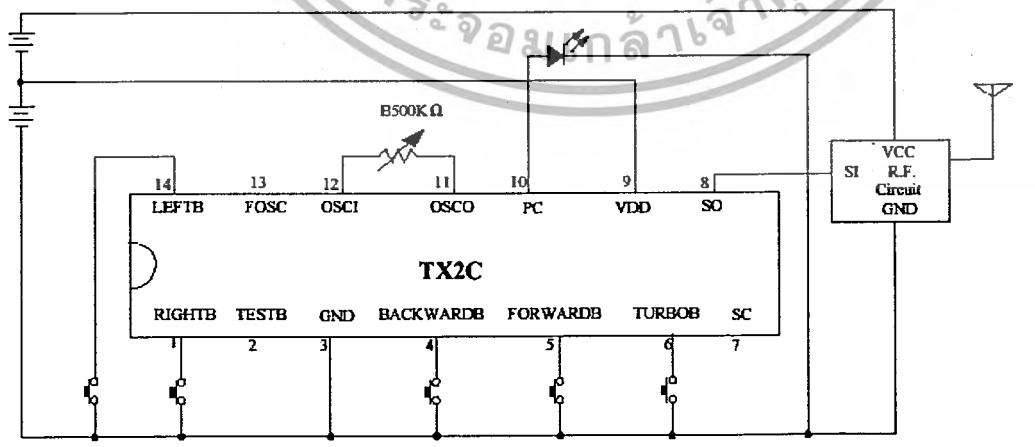
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RX2

Pin No.	Designation	Description
1	VO2	Inverter 2 output pin for power amplify
2	GND	Negative power supply
3	SI	Input pin of the encoding signal
4	OSCI	Oscillator input pin
5	OSCO	Oscillator output pin
6	RIGHT	Rightward output pin
7	LEFT	Leftward output pin
8	RDB	Rightward function is disabled when this pin is connected to GND.
9	LDB	Leftward function is disabled when this pin is connected to GND.
10	BACKWARD	Backward output pin
11	FORWARD	Forward output pin
12	TURBO	Turbo output pin
13	VDD	Positive power supply
14	VI1	Inverter 1 input pin for power amplify
15	VO1	Inverter 1 output pin for power amplify
16	VI2	Inverter 2 input pin for power amplify

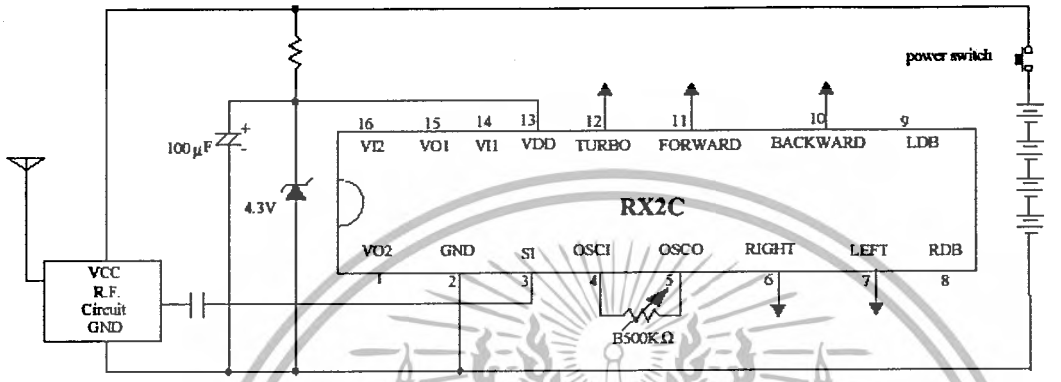
Typical Application Circuit

Transmitter (TX2 Fosc ≈128 KHz)



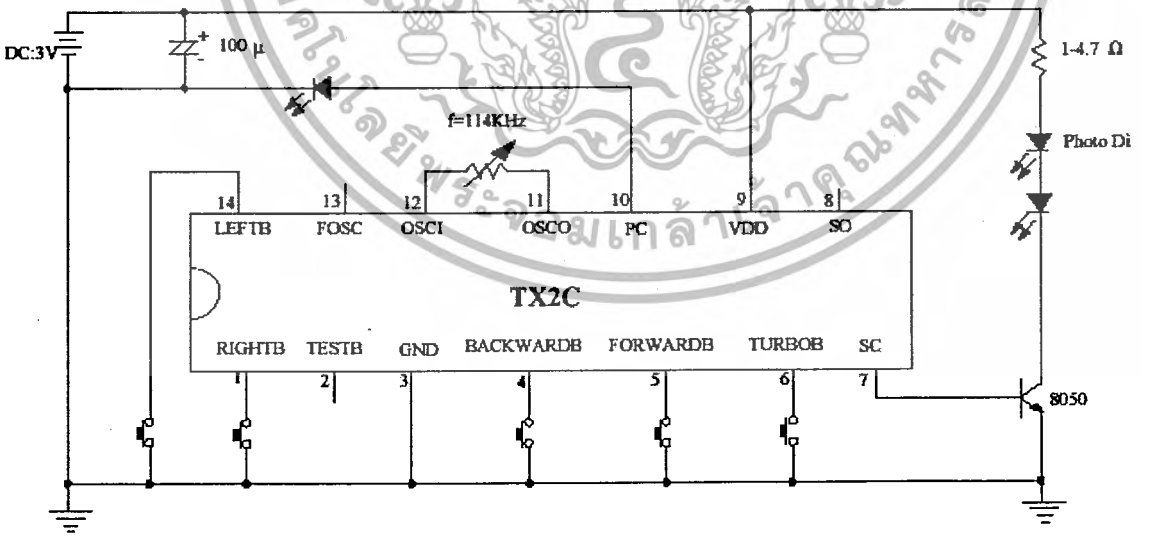
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Receiver (RX2 Fosc ≈128 KHz)



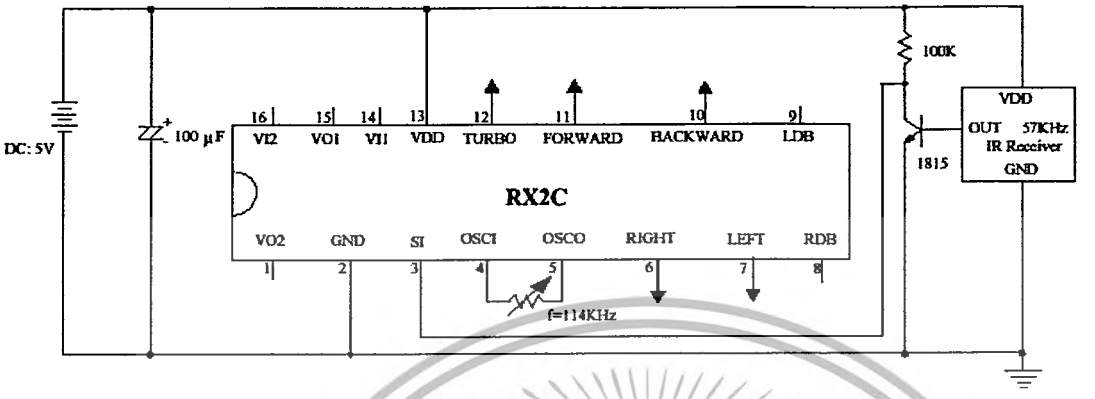
Infrared Application Circuit

Transmitter(TX2 Fosc ≈114 KHz)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Recevier(RX2 Fosc ≈114KHz)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล นายกนกวิทย์ สุขเอมโอษฐ์

วัน เดือน ปีเกิด 6 พฤษภาคม พ.ศ.2525

ภูมิลำเนา 182/32 หมู่ 2 ตำบลมะขามเตี้ย อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000 โทรศัพท์ 0-7728-5111

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนเทศบาล 1 (แต่งออนเผดิมวิทยา) จังหวัดสุราษฎร์ธานี

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเทพมิตรศึกษา จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียนอาชีวะดอนบอสโกสุราษฎร์

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ติพจน์ ความสำเร็จในชีวิตไม่จำเป็นต้องมาจากเส้นทางเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายชานนท์ ศิริพูลสกุงฆ์
วัน เดือน ปีเกิด	12 เมษายน พ.ศ.2526
ภูมิลำเนา	30/2 หมู่ 3 แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10510 โทรศัพท์ 0-2517-2132
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบางชัน(ปลื้มวิทยานุสรณ์) จังหวัดกรุงเทพมหานคร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	การเรียนรู้ไม่ได้อยู่แค่ตำราแต่คือทุกสิ่งรอบตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายเดโช เพ็ชรทอง
วัน เดือน ปีเกิด	2 พฤษภาคม พ.ศ. 2525
ภูมิลำเนา	33/19 ถนนวัดนิโครธ ตำบลทับเที่ยง อำเภอเมือง จังหวัดตรัง 92000 โทรศัพท์ 0-4012-7689
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดควนวิเศษ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสภาราชินี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ความสำเร็จขึ้นอยู่กับการกระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้