สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

เฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษา

WIRELESS HELICOPTER FOR EDUCATIONS MODULE

วุฒิการ เดชบุรัมย์
สาโรจน์ รอดปาน
อาทิตย์ แพงภูงา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 66692
วัน,เดือน,ปี - 8 พ.ย. 2549

b 11kb0387
.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษา

Wireless Helicopter for Educations Module

ชื่อนักศึกษา	1. นายวุฒิการ เดชบุรัมย์	รหัสประจำตัว	47035402
	2. นายสาโรจน์ รอดปาน	รหัสประจำตัว	47035405
	3. นายอาทิตย์ แพงภูงา	รหัสประจำตัว	47035414

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี

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

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันอังคารที่ 25 เดือนเมษายน พ.ศ. 2549 เวลา 15.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราดรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1 เดือน พ.ค. พ.ศ 2549

<BT481162>

ชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษา

Wireless Helicopter for Educations Module

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย
2. เพื่อออกแบบโครงสร้างและวงจรเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย
3. เพื่อสร้างเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย 1 ชุด
4. เพื่อทดสอบการทำงานของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย
5. เพื่อนำเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายไปใช้งานได้จริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจในการทำงานของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย
2. ได้แผนผังและวงจรของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย
3. ได้ต้นแบบของชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย
4. ได้ผลการทดสอบของชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้
5. นำเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายไปทดสอบกับใบงานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษา
นักศึกษา	นายวุฒิการ เดชบุรัมย์
	นายสาโรจน์ รอดป่าน
	นายอาทิตย์ แพงภูงา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2548

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อศึกษาการทำงานและคุณสมบัติอย่างอื่นที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้เพิ่มเติมของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย ซึ่งผู้จัดทำจะเน้นในเรื่องของให้ผู้สนใจในการศึกษาเกี่ยวกับของที่สามารถเล่นที่เป็นอุปกรณ์เกี่ยวกับเทคโนโลยีทางด้านของไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ ขนาดของเครื่องเล่นที่ไม่ใหญ่มากโดยใช้เครื่องส่งกำลังที่มีขนาด 72 MHz ซึ่งไม่ผิดกฎหมายในการเล่นเครื่องเล่นประเภทวิทยุบังคับวิทยุ แล้วยังเป็นการให้นักเรียนหรือนักศึกษาตั้งแต่ชั้นมัธยมต้นเป็นต้นไปได้นำไปทดลองถอดประกอบโดยมีคู่มือของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุไร้สายและคู่มือประกอบการเล่นไว้ฝึกหัดการเล่น พร้อมทั้งศึกษาการทำงานของตัวของเล่นว่าใช้งานอย่างไรเพื่อง่ายและสะดวกต่อการเล่นเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุไร้สาย อีกทั้งยังมีการสามารถดัดแปลงเอาของเล่นนั้นให้มีสามารถความหลากหลายในด้านของประโยชน์หรือลูกเล่นเสริมในระดับหนึ่งยกตัวอย่างเช่น การติดกล้องวีดิโอขนาดเล็กเข้าไปเพื่อใช้ในการสำรวจว่าสิ่งที่เราสำรวจนั้นเป็นอย่างไรโดยที่เป็นพื้นที่ที่เราไม่สามารถเข้าไปถึงได้หรือเป็นพื้นที่ที่เข้าไปได้ยาก โดยส่งสัญญาณออกมาในรูปของคลื่นวิทยุแล้วแสดงผลออกมาในช่องรับของมอนิเตอร์หรือโทรทัศน์ในช่องของสัญญาณ AV ได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Wireless Helicopter for Educations Module
Student	Mr. Wudthikarn Detburam
	Mr. Sarojd Rodparn
	Mr. Arthit Pangphu-nga
Advisor	Assistant Professor Dr. Threraphon Thephasadin Na Ayuthaya
Co-Advisor	Mr. Surapong Siripongdee
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Industrial Instrumentation Technology
Academic Year	2005

ABSTRACT

This thesis presents construction of Wireless Helicopter for Educations Module which target of this one has testing a properties and working of the Helicopter of apply to any more. Which that stress of attention about small electrical and electronic toys by use frequency at 72 MHz as not common raw to Thailand's raw. It appropriate for about junior of high school or senior of high school or a student of the University or than upper. The Helicopter can use assemble with handbook and something handy for training play it as to convenient and comfortable for a space to play it. For another thing can adapt with any toy for add special thing. Example add small video camera for use physical survey at. Place is can't enter. That can send to radio wave and preset on monitor or AV channel.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น เนื่องมาจากความร่วมมือร่วมใจของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ซึ่งทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่าน ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อีกทั้งท่านอาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมอีกหลายท่านเป็นอย่างมากที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญญาต่างๆ ตลอดจนถึงข้อมูลและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการทดลองโครงงาน และในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักหอสมุดกลางที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล

กลุ่มคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและผู้มีพระคุณทุกท่านสำหรับพวกเราที่ได้ให้การสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างทางด้านการศึกษาตลอดมาจนถึงปัจจุบัน และสุดท้ายต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ได้เป็นกำลังใจให้เสมอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงงาน	1
1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงงาน	1
1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.5 ขั้นตอนการทำโครงงาน	2
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้า	3
2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.2.2 ทฤษฎีของแรงบิด	3
2.2.2.1 แรงบิด	3
2.2.2.2 แรงบิดที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์	4
2.2.3 แรงดันไฟฟ้าด้านกลับ	5
2.2.4 การแบ่งชนิดของมอเตอร์กระแสตรงตามลักษณะการกระตุ้น	6
2.2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกขดกระตุ้น	6
2.2.4.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นตัวเอง	6
2.2.5 คุณลักษณะของมอเตอร์	7
2.2.5.1 มอเตอร์แบบขนาน	7
2.2.5.2 มอเตอร์แบบอนุกรม	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.6 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของมอเตอร์	9
2.2.6.1 มอเตอร์แบบขนาน	9
2.2.6.2 มอเตอร์แบบอนุกรม	9
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องส่งและเครื่องรับสัญญาณวิทยุระบบเอฟเอ็ม	9
2.3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการมอดูเลทเชิงความถี่	9
2.3.2 การมอดูเลต	10
2.3.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับสัญญาณเอฟเอ็ม	10
2.3.4 ความถี่เบี่ยงเบน	11
2.3.5 กำลังส่งของสัญญาณเอฟเอ็ม	11
2.3.6 ปรากฏการณ์แคปเจอร์	11
2.3.7 พรีเอ็มฟาซีส และ ดีเอ็มฟาซีส	11
2.4 เซอร์โวมอเตอร์	11
2.4.1 เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรง	12
2.4.2 เซ็นเซอร์และเอ็นโค้ดเดอร์	17
2.4.2.1 ทาโคเยนเนอร์เรเตอร์	18
2.4.2.2 เอ็นโค้ดเดอร์	18
2.5 หลักการบินของเฮลิคอปเตอร์และการทำงานของส่วนต่างๆ	20
2.5.1 หลักการบินของเฮลิคอปเตอร์	20
2.5.2 หลักพื้นฐานการบินของเฮลิคอปเตอร์	24
2.5.2.1 โรเตอร์หลัก	24
2.5.2.2 โรเตอร์รอง	24
2.5.2.3 แรงยกที่มีลักษณะกลับ	25
2.5.2.4 การสะบัดของใบพัด	26
2.5.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นโลหะซัด และการควบคุม	26
2.6 กล้องวีดิโอ	27
2.6.1 ประวัติของกล้อง	27
2.6.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบกล้องวีดิโอ	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6.2.1 การส่งสัญญาณ	28
2.6.2.2 การเชื่อมต่อสัญญาณ	30
2.6.2.3 การรับสัญญาณ	31
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	32
3.1 กล่าวนำ	32
3.2 การออกแบบและการสร้างเฮลิคอปเตอร์	32
3.3 แผนผังการทำงานของชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย	33
3.4 การกำหนดระยะการบิน	34
3.5 ชุดขับเคลื่อนหลัก	35
3.5.1 การออกแบบ	35
3.5.2 การทำงาน	35
3.6 ชุดขับเคลื่อนส่วนท้าย	36
3.6.1 การออกแบบ	36
3.6.2 การทำงาน	36
3.7 ชุดควบคุมทิศทางการบิน	37
3.7.1 การออกแบบ	37
3.7.2 การทำงาน	38
3.8 ชุดกล้องไร้สาย	38
3.8.1 การออกแบบ	38
3.8.2 การทำงาน	39
3.9 โครงสร้างโดยรวมของเฮลิคอปเตอร์ไร้สาย	39
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	40
4.1 กล่าวนำ	40
4.2 การทดลองการทำงานของมอเตอร์	40
4.2.1 การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	40
4.2.2 การทำงานของมอเตอร์หลัก	41
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพของกล้อง	42
4.3.1 การทดสอบความคมชัดของกล้องบนพื้นดิน	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.3.2 การทดสอบความคมชัดของกล้องบนพื้นอากาศเมื่อประกอบเข้ากับเฮลิคอปเตอร์ไร้สาย	42
4.4 การทดลองการบินขึ้น-ลงในแต่ละครั้ง	43
4.4.1 การบินขึ้นลงแบบเป็นจังหวะ	43
4.4.2 การบินแบบต่อเนื่อง	44
บทที่ 5 บทสรุป	46
5.1 สรุป	46
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	46
5.3 แนวทางการพัฒนา	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	49
ภาคผนวก ข รายการอุปกรณ์	54
ภาคผนวก ค รายการละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	57
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน	94
ภาคผนวก จ ผังงาน	111
ภาคผนวก ฉ ใบงาน	113
ประวัติผู้แต่ง	148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการแบ่งกลุ่มสัญญาณของกล้อง	28
4.1 การทดสอบเวลาการทำงานและแรงดึงสูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์	40
4.2 การทดสอบเวลาการทำงานและแรงดึงสูงสุดของมอเตอร์หลัก	41
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพของกล้องบนพื้นดิน	42
4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของกล้องเมื่ออยู่บนพื้นอากาศ	43
4.5 การทดลองการบินขึ้น-ลงในแต่ละครั้งแบบเป็นจังหวะ	44
4.6 การทดสอบการขับเคลื่อนแบบต่อเนื่อง	45
ข.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรรีโมทคอนโทรลเลอร์ (ตัวส่งสัญญาณ)	55
ข.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรตัวควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (ตัวรับสัญญาณ)	55
ข.3 รายการอุปกรณ์ของชุดขับเคลื่อนเฮลิคอปเตอร์	56
ฉ.1 ผลการทดสอบใบงานที่ 1	115
ฉ.2 ผลการทดสอบใบงานที่ 2	120
ฉ.3 บันทึกผลการทดลองเกี่ยวกับมอเตอร์กลัก	122
ฉ.4 บันทึกผลการทดลองเกี่ยวกับทำงานและแรงดึงสูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์	126
ฉ.5 แสดงผลการทดลองการประกอบเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	132
ฉ.6 บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อกดรีโมท	135
ฉ.7 การทดลองการบินขึ้น-ลงในแต่ละครั้งแบบเป็นจังหวะ	138
ฉ.8 การทดสอบความคมชัดของกล้องวีดีโอ	143
ฉ.9 การทดสอบประสิทธิภาพของกล้องบนพื้นดิน	144
ฉ.10 การทดลองการบิน	146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การถ่ายเทพลังงาน	3
2.2 ความเป็นเครื่องกำเนิดในมอเตอร์	5
2.3 แสดงวงจรไฟฟ้าแบบแยกขดกระตุ้น	6
2.4 แสดงวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	6
2.5 แสดงวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	6
2.6 แสดงวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม	7
2.7 คุณลักษณะของมอเตอร์แบบขนาน	7
2.8 คุณลักษณะของมอเตอร์แบบอนุกรม	8
2.9 แสดงบล็อกโมเดลอิเล็คโทรแมคคานิคอล	14
2.10 แสดงโมเดลของดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์แยกกระตุ้น	15
2.11 แสดงถึงแรงบิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นต่อโหลดของมอเตอร์	16
2.12 ตัวอย่างกลไกของเอ็นโค้ดเดอร์	18
2.13 (a) รูปคลื่นเอาท์พุทสี่เหลี่ยมของอุปกรณ์แอนโค้ดเดอร์ช่องเดียว	19
(b) สัญญาณเอ็นโค้ดเดอร์ 2 ช่องมีมุมเฟสต่างกัน 90 องศา	19
2.14 ลักษณะของใบพัด	20
2.15 มุมในการรับลม	20
2.16 ระบบการทำงานของใบพัดของมอเตอร์หลัก	21
2.17 ใบพัดรอง	21
2.18 ระบบยึดติดกับใบพัด	22
2.19 ระบบถ่ายทอด พลังงาน	22
2.20 การยกตัวของใบพัด	23
2.21 อุปกรณ์การรับสัญญาณ	24
2.22 การส่งแรงไปยังระบบขับเคลื่อนใบพัดหลัง	25
2.23 แรงบิดของใบพัดหลักและแรงพยุงของใบพัดรอง	25
2.24 การพยุงของใบพัดและการหมุนเลื่อนของใบพัด	26
3.1 แผนผังการทำงานของชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย	33
3.2 ชุดขับเคลื่อน	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4 ชุดขับเคลื่อนส่วนท้าย	36
3.5 การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	37
3.6 กล้องส่งสัญญาณภาพไร้สาย	38
3.7 โครงสร้างโดยรวมของเฮลิคอปเตอร์	39
ก.1 ส่วนหน้าตรงของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย	50
ก.2 ส่วนท้ายของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย	50
ก.3 แผงปุ่มบังคับของรีโมทคอนโทรลเลอร์	51
ก.4 ด้านข้างของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย	51
ก.5 ด้านบนของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย	52
ก.6 ด้านล่างของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย	52
ก.7 รูปของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายทั้งเครื่อง	53
ง.1 ภาพจริงของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	95
ง.2 ภาพส่วนประกอบต่างๆ	99
ง.3 ภาพชุดเฟืองเซอร์โวมอเตอร์และสายพาน	100
ง.4 ภาพการติดตั้งใบพัด	100
ง.5 ภาพการการส่งสายพานและการหมุนของใบพัดท้าย	101
ง.6 ภาพการใส่ส่วนครอบด้านหน้า	101
ง.7 ภาพการเอียงท่ามุมของใบพัดและตารางการคำนวณ	102
ง.8 ภาพระยะการเอียงทำมุมของใบพัด	103
ง.9 ภาพไดอะแกรมการทำงานของการบังคับมอเตอร์	103
ง.10 ภาพไดอะแกรมของการปรับที่สมดุลกัน และการปรับที่ไม่สมดุลกัน	104
ง.11 ภาพสภาวะการบินที่สั่น	106
ง.12 ภาพการแสดงเครื่องหมายแถบสี	106
ง.13 ภาพการปรับใบพัดการบิน	107
จ แผนผังการทำงานร่วมกันในแต่ละส่วน	112
ฉ.1 ชิ้นส่วนที่ 1,2,3,4 ที่จะประกอบ	130
ฉ.2 ชิ้นส่วนที่ 2,5,6 ที่จะประกอบ	131
ฉ.3 รีโมทเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบัน เนื่องจากปัจจุบันนั้นการเล่นเครื่องเล่นบังคับวิทยุในแบบต่างๆนั้น เป็นที่นิยมมากในหมู่คนที่สนใจในด้านเครื่องเล่นเนื่องจากมีความสนุกตื่นเต้น ท้าทายความสามารถในการเล่น และที่สำคัญในปัจจุบันยังหาซื้อได้ง่ายอีกด้วย แต่ในการเริ่มเล่นนั้นอาจทำให้ผู้เล่นที่ไม่ทักษะการเล่นมาก่อนนั้นเกิดการสับสนเลือกเครื่องเล่นไม่ถูก ทางกลุ่มจึงได้คิดเรื่องการเล่นเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุขึ้นมา เพราะว่าเป็นเครื่องเล่นที่เล่นได้ยากและท้าทายให้คนอยากเล่น จึงอยากที่จะทำให้คนเล่นในระดับที่ยังเป็นเด็กหรือเยาวชนที่ยังไม่โตมากนั้นได้รู้จักการเล่นเครื่องเล่นชนิดนี้อย่างถูกต้องและรู้จักชิ้นส่วนต่างๆ รวมทั้งการประกอบเครื่องในเบื้องต้น แล้วยังสามารถที่ประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ในด้านการสำรวจ เป็นต้น แล้วที่สำคัญยังให้เยาวชนให้ใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์อีกด้วย

1.2 จุดมุ่งหมายของโครงงาน

คณะผู้จัดทำได้สร้างชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษาขึ้นมา เพื่อให้ผู้ที่สนใจในการประยุกต์อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ากับชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษาในด้านต่างๆ เช่นวงจรภาครับสัญญาณ วงจรภาคส่งสัญญาณ วงจรขับมอเตอร์รอบสูงๆ ตลอดจนกลไกต่างๆ ซึ่งคณะผู้จัดทำจะมีคู่มือการใช้งานอย่างเป็นระบบ ซึ่งสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย

1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงงาน

เมื่อผ่านการเล่นและทำการทดสอบตามคู่มือในโครงงานนี้แล้ว ผู้เล่นมีความรู้เกี่ยวกับกลไกต่างๆ รวมถึงการนำไปใช้งานได้จริง โดยชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษานี้จะผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิในระดับผลการประเมินดีขึ้นไป

1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. โครงงานนี้ประกอบไปด้วยชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษาพร้อมคู่มือการใช้งาน

2. สามารถนำชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษาใช้ร่วมกับกล้องวีดิโอ (Video Camera) พร้อมทั้งแสดงภาพทางโทรทัศน์ได้โดยผ่านทางช่อง (AV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สามารถใช้ความถี่ในย่าน 72 MHz ได้ซึ่งถูกต้องตามกฎหมายที่ระบุให้ใช้เฉพาะของเล่นประเภทคลื่นส่งวิทยุ

1.5 ขั้นตอนการทำโครงงาน

โครงงานนี้ประกอบไปด้วยฮาร์ดแวร์ที่เป็นกลไกและวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในการทำงานระยะแรกนั้นต้องเริ่มจากฮาร์ดแวร์ทางกลไกก่อนหลังจากนั้นเมื่อสร้างฮาร์ดแวร์ทางกลไกได้ระดับหนึ่งที่พอเพียงที่จะใช้ฮาร์ดแวร์ทางอิเล็กทรอนิกส์ไปควบคุมก็ได้ทำการประกอบอุปกรณ์ควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์เข้าไป พร้อมทั้งทดสอบ และเมื่อทำโครงงานเสร็จเรียบร้อยแล้วจะให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษาต่อไป

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษา และทำความเข้าใจในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงาน เนื้อหาในบทต่างๆโดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วยทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับโครงสร้างชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษาได้ องค์ประกอบของชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษาได้ หลักการทำงานของชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษา

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงงาน ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน ตลอดจนการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น วงจรเซอร์โวมอเตอร์ วงจรรับสัญญาณและวงจรส่งสัญญาณ โครงสร้างของชิ้นงาน พร้อมทั้งการทำงานและส่วนประกอบโดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วยการทดสอบและผลการทดสอบชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษา

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางการแก้ไข รวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข แสดงรายการของลายวงจร

ภาคผนวก ค อุปกรณ์ที่ใช้งานในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก จ เป็นคู่มือการใช้งานชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษา

ภาคผนวก ฉ แสดงรายละเอียดของผังงาน

ภาคผนวก ช ใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

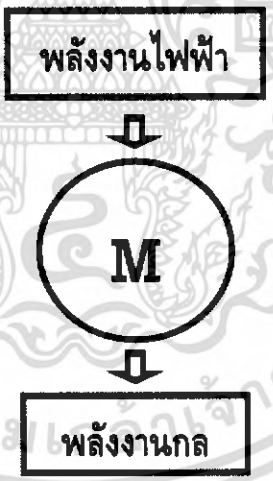
2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการของอุปกรณ์ที่จะนำมาประกอบโครงงานว่าทำงานได้อย่างไรหลักการเป็นเช่นไรโดยประกอบด้วย ดีซีมอเตอร์ ทฤษฎีรับสัญญาณ ทฤษฎีส่งสัญญาณ และเซอร์โวมอเตอร์ และหลักการบินของเฮลิคอปเตอร์บินว่าบินได้อย่างไร

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้า

2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้า คือตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลที่ได้ขับเคลื่อนสิ่งต่างๆ ตามต้องการ อาการทางกลที่เกิดขึ้นก็อาศัยหลักการที่ว่าเมื่อมีกระแสไหลในตัวนำซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กย่อมทำให้เกิดแรงขึ้น



รูปที่ 2.1 การถ่ายเทพลังงาน

2.2.2 ทฤษฎีของแรงบิด (Torque)

2.2.2.1 แรงบิด (Torque)

แรงบิด (Torque) คือ การหมุนหรือการบิดของโมเมนต์ของแรงๆ หนึ่งที่กระทำรอบแกนอันหนึ่ง วัดได้จากผลคูณแรงกับรัศมี ณ จุดที่แรงไปกระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาวางล้อที่มีรัศมี r เมตร มีแรง F นิวตันมากระทำบนวงล้อนี้ จึงทำให้เกิดการหมุนด้วยความเร็ว S รอบ/นาที

$$T = F \times r \tag{2.1}$$

เมื่อ

T = แรงบิด หน่วย นิวตันเมตร

F = แรงที่กระทำ หน่วย นิวตัน

r = ระยะทางของ หน่วย เมตร

งานที่ทำได้จากหนึ่งรอบจากแรงนี้

W= แรง × ระยะทาง

$$W = F \times 2\pi s \tag{2.2}$$

งานที่ทำต่อวินาที

$$W = F \times 2\pi s \times S \tag{2.3}$$

$$= F \times r \times 2\pi s$$

$$\theta = 2\pi s \tag{2.4}$$

$$W = \theta \times T \tag{2.5}$$

กำลังงานที่เกิดขึ้น

$$P = \theta \times T \tag{2.6}$$

2.2.2.2 แรงบิดที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์ (Armature Torque of Motor)

ให้ Tm เป็นแรงบิดที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์ เมื่อมอเตอร์วิ่งด้วยความเร็ว S รอบ/วินาทีโดย Tm หน่วยเป็น นิวตันต่อเมตร จะได้ว่า

$$Pm = Tm \times 2\pi s \tag{2.7}$$

เมื่อ

Pm เป็นแรงบิดที่เกิดขึ้นจากอาร์เมเจอร์ หน่วย วัตต์

เรารู้ว่ากำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปเป็นกำลังกลในอาร์เมเจอร์

$$Pm = Tm \times 2\pi s \tag{2.8}$$

$$P = Eg \times Ia \tag{2.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้

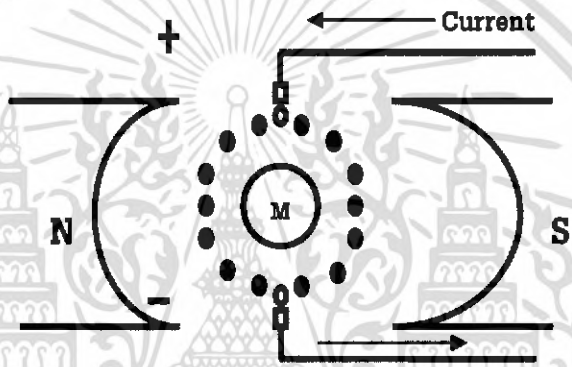
$$Tm \times 2\pi s = Eg \times la \tag{2.10}$$

$$Tm = Kt \times \phi \times la \tag{2.11}$$

$$Eg = \frac{\phi ZSP}{a} \tag{2.12}$$

เมื่อ Kt = ค่าคงที่แรงบิดในมอเตอร์

2.2.3 แรงดันไฟฟ้าด้านกลับ (Back E.M.F)



รูปที่ 2.2 ความเป็นเครื่องกำเนิดในมอเตอร์

ให้พิจารณามอเตอร์ดังรูปที่ 2.2 ขณะที่อาร์เมเจอร์หมุนในสนามแม่เหล็ก ทำให้มีแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นบนตัวนำอาร์เมเจอร์ ตามกฎมือขวาของเฟลมมิง ซึ่งมีทิศทางการไหลของกระแสเหนี่ยวนำตรงกันข้ามในลักษณะต่อต้านทานการไหลของกระแสของมอเตอร์

ด้วยเหตุที่แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นบนตัวอาร์เมเจอร์ดังรูป 2.2 ให้กำเนิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ในทิศทางตรงกันข้าม ในลักษณะการต่อต้านการไหลของกระแสมอเตอร์แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี่เรียกว่า "แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ (Back หรือ Counter Electromotive Force)"

เมื่อ

Eg = แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ หน่วย โวลท์

P = จำนวนขั้วแม่เหล็ก หน่วย ขั้ว

n = จำนวนรอบที่มอเตอร์หมุน หน่วย รอบต่อนาที

Z = จำนวนตัวนำบนอาร์เมเจอร์ หน่วย ตัวนำ

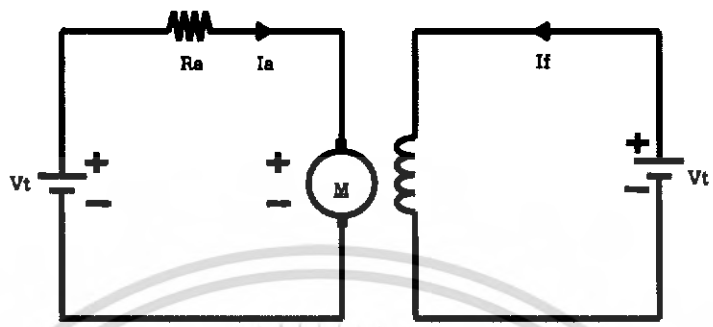
a = จำนวนวงจรไฟฟ้าคู่ขนานบนอาร์เมเจอร์ หน่วย ต่อวงจร

K = ค่าคงที่ของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 การแบ่งชนิดของมอเตอร์กระแสตรงตามลักษณะการกระตุ้น

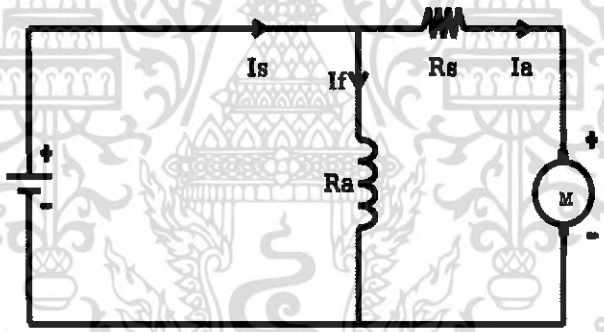
2.2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกขดกระตุ้น (Separately Exited Motor)



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรไฟฟ้าแบบแยกขดกระตุ้น

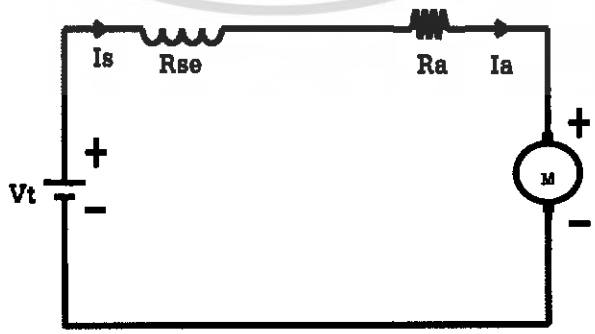
2.2.4.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นตัวเอง (Self Exited Motor)

2.2.4.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor)



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

2.2.4.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series Motor)

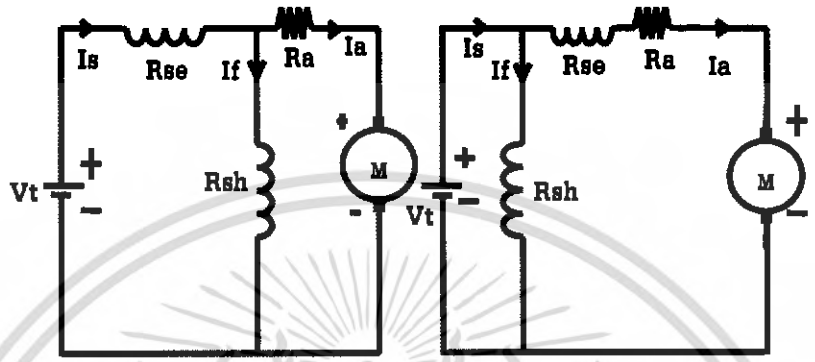


รูปที่ 2.5 แสดงวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor)

- ชนิดขดลวดขนานสั้น (Short Motor)
- ชนิดขดลวดขนานยาว (Long Motor)



แบบขดลวดขนานสั้น แบบขดลวดขนานยาว

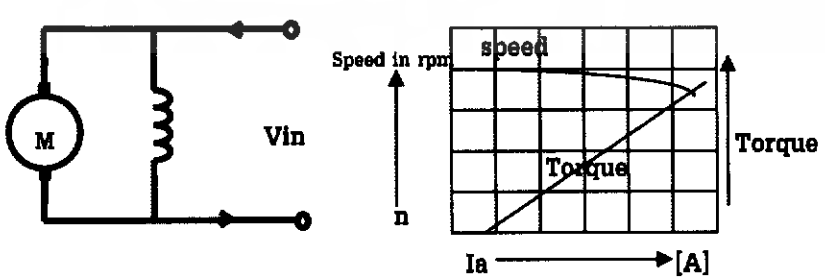
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

2.2.5 คุณลักษณะของมอเตอร์

Performance Curve คือ กราฟ หรือ Curve ที่แสดงคุณลักษณะประจำตัวต่างๆของมอเตอร์แต่ละแบบ โดยแสดงความสัมพันธ์ต่างๆเหล่านั้น เปรียบเทียบกับกำลังม้าที่มอเตอร์จ่ายออกมาอาทิ เช่น ความเร็วกับแรงม้าประสิทธิภาพกับแรงม้า เป็นต้น ในที่นี้ได้ทำการจะกล่าวแยก ไปตามแบบของมอเตอร์ที่ใช้ดังนี้

2.2.5.1 มอเตอร์แบบขนาน (Shunt Motor)

มอเตอร์แบบนี้มีคุณลักษณะประจำตัวที่สำคัญๆ อยู่ 4 อย่าง คือ แรงบิด แล้วก็มีทางด้านของกระแส แล้วก็มีทางด้านของความเร็ว และประสิทธิภาพลักษณะประจำตัวของแต่ละตัวเหล่านี้ต่างก็พล็อตกับกำลังม้าที่มอเตอร์ส่งออกไป



รูปที่ 2.7 คุณลักษณะของมอเตอร์แบบขนาน

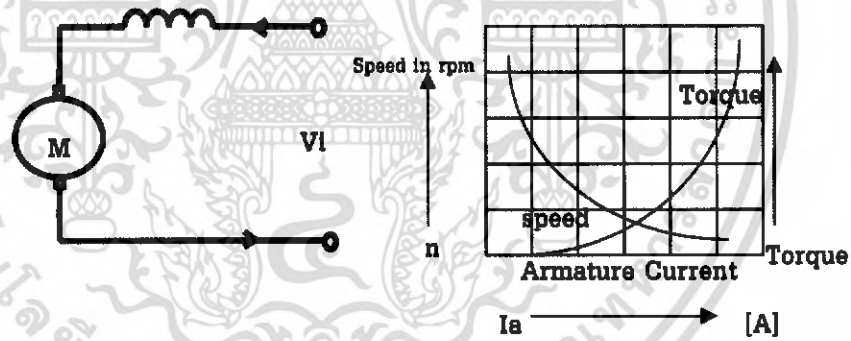
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.7 คุณพบว่าในขณะที่มอเตอร์ไม่ได้รับภาระทางกล (Mechanical Load) นั้นจะมีค่าความเร็วที่ค่าๆหนึ่ง และความเร็วของมอเตอร์จะไม่วิ่งเตลิดไป (Run Away) จากความเร็วปกติเมื่อทำการตัดภาระทางกลออกไปทันที อย่างไรก็ตามความเร็วของมอเตอร์ขณะที่ไม่มีภาระและในขณะที่มีภาระเต็มที่นั้นไม่ได้แตกต่างจากไปมากนัก ฉะนั้นจึงถือว่ามอเตอร์มีความเร็วคงที่ อย่างไรดีความเร็วในช่วงที่นำไปใช้งานนี้สามารถปรับให้เร็วได้ โดยการต่อความต้านทานอนุกรมเข้ากับสนามขนาน (Shun Field)

จากรูป 2.7 พบว่ามอเตอร์จะกินกระแสไฟจำนวนหนึ่งในขณะที่มอเตอร์ยังไม่จ่ายโหลดออกไป ทั้งนี้เพราะ ต้องนำกำลังไฟ จำนวนหนึ่งไปจ่ายให้ส่วนสูญเสียกำลังคงที่นั่นเอง

ในการใช้มอเตอร์เริ่มหมุน (Starting) ภาระหรือโหลดของมอเตอร์โหลดของมอเตอร์แบบนี้จะพบว่ามอเตอร์แบบขนานนี้ มีรงบิดหมุนต่ำกว่าแบบอื่น (มอเตอร์แบบอนุกรมหรือผสม) นั่นคือ มีแรงเริ่มหมุนต่ำ ซึ่งไม่ได้หมายความว่ามอเตอร์แบบอนุกรมหรือแบบผสมนั้นสามารถที่จะทำให้ภาระทางกลที่หนักๆหมุนได้ โดยกินกระแสไฟขณะที่ทำให้เริ่มหมุนน้อยกว่านั่นก็คือการเสื่อมราคาของมอเตอร์แบบขนานจะมีการเสื่อมราคามากกว่า ถ้าหากนำไปใช้หมุนภาระที่หนักๆ หมุนภาระที่หนักๆ หมุนขณะที่เริ่มต้น

2.2.5.2 มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor)



รูปที่ 2.8 คุณลักษณะของมอเตอร์แบบอนุกรม

Performance Curve ของมอเตอร์แบบนี้ก็คือมี Curve ต่างๆในทำนองเดียวกันกับ Performance Curve ของมอเตอร์แบบขนานนั่นเอง แต่มอเตอร์แบบอนุกรมนี้จะมีเส้นกราฟแสดงให้เห็นชัดว่าความเร็วจะลดลงอย่างมากเมื่อต้องจ่ายกำลังม้าออกไปมาก ส่วนในขณะที่ไม่ได้จ่ายแรงม้านั้นความเร็วของมันจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับตอนที่ต้องจ่ายกำลังไฟเต็มที่

นั้นคือ ความเร็วของมันจะไม่คงที่และจะเปลี่ยนแปลงไปมาก เมื่อต้องจ่ายกำลังกลมาก ฉะนั้นจึงไม่นิยมใช้กับโหลดที่ต้องการ ให้มีค่าความจริงคงที่หรือค่อนข้างสม่ำเสมอ

สำหรับกระแสค่าหนึ่งที่มอเตอร์แบบนี้ใช้การทำให้เริ่มหมุนนั้นจะปรากฏว่าจะว่าให้แรงบิดเริ่มแรกที่หนักๆ ดังนั้นจึงเป็นเอกลักษณ์หรือข้อเด่นของมอเตอร์ชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของมอเตอร์

เครื่องกลไฟฟ้าที่มีโครงร่างโครงเดียวกันนั้นย่อมมี Magnetization Curve อันเดียวกันแม้ว่าเครื่องกลไฟฟ้า นั้นจะเป็นมอเตอร์แบบอนุกรม ขนาน หรือผสมก็ตาม

การเปรียบเทียบของมอเตอร์แบบขนานกับแบบอนุกรม

2.2.6.1 มอเตอร์แบบขนาน คุณลักษณะประจำตัวของมอเตอร์แบบนี้สรุปได้ดังนี้

มอเตอร์แบบนี้ถือว่ามีความเร็วคงที่อย่างพอเพียงในการใช้งาน แรงบิดเริ่มแรกของมอเตอร์แบบนี้ไม่สูงเหมือนกับมอเตอร์แบบอนุกรมเมื่อเปรียบเทียบในกรณีที่ต้องกินกระแสไฟเท่าๆ กัน

การนำไปใช้งาน

ใช้กับงานที่ต้องการให้มีความเร็วคงที่โดยประมาณ จากช่วงที่ไม่ได้รับภาระทางกลจนช่วงที่ได้รับภาระทางกลเต็มที่ (Full Load) เมื่อต้องการไปหมุนหรือขับโหลด ณ ความเร็วต่างๆกัน โดยที่แต่ละความเร็วนั้นคงที่อยู่กับงานแบบหนึ่งเป็นเวลานานเท่าที่ต้องการ

2.2.6.2 มอเตอร์แบบอนุกรม คุณลักษณะประจำตัวของมอเตอร์แบบนี้สรุปได้ดังนี้

มีแรงบิดเริ่มแรกสูงมากมีความเร็วต่ำเมื่อต้องการหมุนโหลดมากๆ และมีความเร็วสูงมากจนเป็นอันตรายกับตัวมอเตอร์เองเมื่อมีโหลดต่ำมากๆ

การนำไปใช้งาน

เมื่อต้องการแรงบิดสูงๆ เช่น ใช้ในการขับรางเมื่อมอเตอร์สามารถต่อโดยตรงกับโหลด เช่น พัดลม ซึ่งความเร็วจะเพิ่มขึ้นได้ก็ต่อเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้นในกรณีที่โหลดนั้นไม่จำเป็นต้องให้ความเร็วคงที่ เมื่อได้รับโหลดมากขึ้นซึ่งเป็นตัวทำให้ความเร็วลดลงนั้น กลับกลายเป็นข้อดีของมอเตอร์เพราะว่ามอเตอร์ไม่กินไฟเพิ่มขึ้นมากทั้งที่แรงบิดสูงขึ้น

มอเตอร์อนุกรมนี้ไม่ควรนำมาใช้กับโหลดที่มีโอกาสจะเกิดค่าโหลดน้อยๆขึ้นมา ดังนั้นไม่ควรนำไปใช้กับปั๊มหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Pump) หรือขับโหลดชนิดที่ใช้สายพานเป็นตัวฉุด เป็นต้น

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องส่งและเครื่องรับสัญญาณวิทยุระบบเอฟเอ็ม

2.3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการมอดูเลทเชิงความถี่ (Frequency Modulations)

แนวความคิดในการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ

เนื่องจากเสียงมนุษย์ใช้ในการสื่อสารพูดคุยกันตรงๆ นั้นอยู่ในย่านความถี่ที่ต่ำ (ช่วงความถี่เสียงพูดคือ 300 เฮิรตซ์ ถึง 3.4 กิโลเฮิรตซ์ และช่วงความถี่เสียงที่หูมนุษย์ได้ยินคือ 20 เฮิรตซ์ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์) ทำให้เสียงไม่สามารถเดินทางไปถึงเป้าหมายที่ไกลออกไปได้ เพราะเสียงจะถูกลดทอนตามระยะทาง จึงมีแนวคิดนำเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า หรือคลื่นวิทยุที่มีความถี่สูงกว่าย่านความถี่เสียงไว้มากมาใช้ในการส่งข่าวสารไปในระยะทางไกลๆ เพราะว่าคลื่นวิทยุมีความถี่สูงกว่าจะสามรถเดินทางกว่าคลื่นเสียงที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ต่ำมาก และคลื่นวิทยุยังเป็นคลื่นที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่อีกด้วยทำให้สามารถเดินทางผ่านตัวกลางได้หลายชนิด รวมทั้งสุญญากาศด้วย

2.3.2 การมอดูเลต (Modulations)

การมอดูเลตหมายถึง การฝากสัญญาณในแถบความถี่มูลฐานไปกับคลื่นพาห์ หรือการเคลื่อนย้ายสเปกตรัมของสัญญาณในแถบความถี่พื้นฐานไปอยู่ในย่านความถี่ที่จะเหมาะสมที่จะส่งผ่านช่องทางสื่อสาร (Channel) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สัญญาณแถบความถี่มูลฐาน (Baseband Communications) หมายถึง สัญญาณจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น เสียงพูดคุยเสียงจากล่าโพง เป็นต้น ซึ่งเป็นความถี่ค่อนข้างต่ำ และไม่เหมาะที่จะส่งผ่านช่องทางการสื่อสารในระยะทางไกลๆ

คลื่นพาห์ (Carrier Wave) หมายถึง คลื่นวิทยุความถี่สูง ซึ่งสามารถเดินทางผ่านช่องทางการสื่อสารได้เป็นระยะไกลๆ การมอดูเลตมีหลายชนิด ซึ่งสามารถจำแนกได้ตามพารามิเตอร์ของคลื่นพารามิเตอร์ของคลื่นพาห์ที่เปลี่ยนแปลง ตามสัญญาณในแถบความถี่มูลฐานได้ 3 ชนิดดังนี้

การมอดูเลตแอมปลิจูด (Amplitude Modulations: AM) หมายถึง กระบวนการมอดูเลตที่ทำให้ได้สัญญาณที่มีความถี่เท่ากับความถี่ของคลื่นพาห์ แต่มีแอมปลิจูดเปลี่ยนแปลงตามแอมปลิจูดของสัญญาณที่นำมามอดูเลต (Modulating Signal)

การมอดูเลตความถี่ (Frequency Modulations) หมายถึง กระบวนการมอดูเลตที่ทำให้สัญญาณแอมปลิจูดคงที่เท่ากับแอมปลิจูดของคลื่นพาห์ แต่มีความถี่เปลี่ยนแปลงตามแอมปลิจูดของสัญญาณที่นำมามอดูเลต

การมอดูเลตเฟส (Phase Modulations) หมายถึง การมอดูเลตที่ทำให้ได้สัญญาณที่มีแอมปลิจูดคงที่เท่ากับแอมปลิจูดของคลื่นพาห์ แต่เฟสเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณที่นำมาทำการมอดูเลต

การดีมอดูเลต (Demodulations) หมายถึง กระบวนการในการนำสัญญาณในแถบความถี่มูลฐานออกจากสัญญาณที่ทำการมอดูเลตมา

สเปกตรัม (Spectrum) หมายถึง รูปหรือกราฟที่แสดงคุณลักษณะขององค์ประกอบสัญญาณต่างๆใน

2.3.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับสัญญาณเอฟเอ็ม

นิยามของสัญญาณเอฟเอ็มในเชิงฟิสิกส์และคณิตศาสตร์

ความหมายในเชิงฟิสิกซ์ของสัญญาณเอฟเอ็มคือ สัญญาณที่ได้จากกระบวนการมอดูเลตความถี่ ซึ่งเป็นสัญญาณแอมปลิจูดคงที่ เท่ากับแอมปลิจูดของเคลื่อนพาห์ ก่อนที่จะนำมามอดูเลตและความถี่ต่างไปจากเดิม ของคลื่นพาห์ โดยความถี่ดังกล่าวขึ้นอยู่กับแอมปลิจูดของสัญญาณที่นำมามอดูเลต (Modulations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Signal) ทำให้สัญญาณเอฟเอ็มบางแห่งมีความถี่สูง (แอมปลิจูดที่นำมามอดูเลตมีค่าสูง) บางตำแหน่งมีค่าความถี่ต่ำ (แอมปลิจูดของสัญญาณที่นำมามอดูเลตมีค่าต่ำ) และในบางตำแหน่งมีความถี่เท่ากับคลื่นพาห์ (แอมปลิจูดที่นำมามอดูเลตมีค่าเป็นศูนย์)

2.3.4 ความถี่เบี่ยงเบน (Frequency Deviations)

หมายถึงลักษณะของการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณเอฟเอ็มรอบความถี่ของคลื่นพาห์โดยที่สัญญาณเอฟเอ็มตำแหน่งที่มีความถี่สูงกว่าความถี่ของคลื่นพาห์จะมีความถี่เบี่ยงเบนมีค่าเป็นบวกและสัญญาณเอฟเอ็มตำแหน่งที่มีความถี่ต่ำกว่าความถี่ของคลื่นพาห์จะมีค่าเบี่ยงเบนเป็นลบ

2.3.5 กำลังส่งของสัญญาณเอฟเอ็ม

เนื่องจากสัญญาณเอฟเอ็มเป็นสัญญาณแอมปลิจูดคงที่เท่ากับแอมปลิจูดของคลื่นพาห์ ดังนั้นกำลังส่งของสัญญาณเอฟเอ็มจะเท่ากับสัญญาณส่งของคลื่นพาห์ โดยไม่ขึ้นอยู่กับดัชนีการมอดูเลทหรือกล่าวได้ว่า กำลังส่งของเอฟเอ็ม มีค่าเท่ากับกำลังรวมของทุกๆองค์ประกอบในแอมปลิจูดสเปกตรัมของมัน

2.3.6 ปรากฏการณ์แคปเจอร์ (Capture Effect)

ปรากฏการณ์แคปเจอร์ คือ ปรากฏการณีที่เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มจะเลือกรับสัญญาณที่ต้องการหรือสัญญาณสอดแทรก (เป็นสัญญาณเอฟเอ็มอื่นๆ ที่มีสัญญาณความถี่กลางแตกต่างกันไม่มากนัก) ที่มีกำลังแรงกว่าเสมอ

2.3.7 พรีเอ็มฟาซีส (Pre-Emphasis) และ ดีเอ็มฟาซีส (De-Emphasis)

เนื่องจากสัญญาณข่าวสารหรือสัญญาณเสียงย่านความถี่สูงๆ จะถูกรบกวนได้ง่ายกว่าความถี่ต่ำ ดังนั้นก่อนที่จะนำสัญญาณไปมอดูเลตความถี่จะต้องผ่านการเพิ่มแอมปลิจูดของสัญญาณเสียงในย่านความถี่สูงให้เหมาะสมก่อนซึ่งเรียกว่า พรีเอ็มฟาซิส (Pre-Emphasis)

เช่นเดียวกัน ที่เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม หลังจากที่ผ่านการดีมอดูเลตมาแล้วนั้น ได้สัญญาณเสียงกลับมาแล้วก็ตรงนำไปผ่านกระบวนการที่ตรงกันข้ามกับพรีเอมฟาซิส เพื่อให้ได้สัญญาณเสียงรูปแบบเดิมกลับคืนซึ่งเรียกว่า ดีเอ็มฟาซีส (De-Emphasis)

2.4 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

เซอร์โวมอเตอร์ส่วนใหญ่ใช้งานที่มีการควบคุมแบบลูปปิด (Close Loop) หรือมีการป้อนกลับซึ่งสามารถควบคุมความเร็วและตำแหน่งอย่างแม่นยำจะพบได้ในงานเครื่องกลอัตโนมัติ เช่น หุ่นยนต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์โวมอเตอร์สามารถแบ่งออกตามโครงสร้างได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Servo Motor) และเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Servo Motor) ในที่นี้จะกล่าวเพียง ดีซีเซอร์โวมอเตอร์เท่านั้น

2.4.1 เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรง (DC Servo Motor)

ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ เราสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับวิธีสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์เมเจอร์ การแบ่งประเภทนี้นั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กได้แยกเป็น 2 แบบ คือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้
2. ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ถ้าพิจารณาการแยกประเภทตามลักษณะการออกแบบโครงสร้างของอาร์เมเจอร์สมารถแยกออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. ดีซีมอเตอร์อาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็ก
2. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์แบบมีขดลวดพันอยู่บนผิว
3. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์แบบขดลวดหมุน

นอกจากนี้ยังมีดีซีมอเตอร์ชนิดพิเศษคือ แบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless DC Motor) ซึ่งมีหลักการทางเทคโนโลยีเหมือนกับ ดีซีมอเตอร์ชนิดแปรงถ่าน ยกเว้นการคอมมิวเตชั่นกระทำโดยทางอิเล็กทรอนิกส์แทนที่จะกระทำทางกลแบบก่อนเหมือนดีซีมอเตอร์ทั่วไป

ระบบการกระตุ้นฟิลด์ของมอเตอร์ทั่วไป ในปัจจุบันมักใช้เป็นแบบแม่เหล็กถาวร ในระบบนี้เส้นแรงแม่เหล็กของฟิลด์จะมีค่าคงที่ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่

สามารถเขียนเป็นสมการ

$$T = K_t I \tag{2.13}$$

เมื่อ

T คือ แรงบิดของเพลา มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร

K_t คือ ค่าคงที่

I คือ กระแส มีหน่วยเป็น แอมแปร์

$$E = K_e \omega \tag{2.14}$$

เมื่อ

E คือ แรงดันย้อนกลับ EMF มีหน่วยเป็น โวลท์

ω คือ ความเร็วของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น เรเดียน/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ke คือ ค่าคงที่

โมเดลทางคณิตศาสตร์ของดีซีมอเตอร์ ระบบนี้จะให้เห็นความสำพันธ์ระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์ แรงบิด และความเร็วอยู่ในระดับลิเนียร์ สมการทางไฟฟ้าของดีซีมอเตอร์จะเขียนได้เป็น

$$V = K_e\,\omega + L\,(\frac{dI}{dt}) + RI \qquad (2.15)$$

เมื่อ

V คือ แรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์

K_e คือ ค่าคงที่ของแรงดันย้อนกลับ

ω คือ ความเร็วของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น เรเดียน/วินาที

L คือ อินดักแตนซ์ของมอเตอร์

R คือ ความต้านทานที่ขั้วของอาร์เมเจอร์

สมการไดนามิกส์ของมอเตอร์ คือ

$$T_g = J\,\frac{d\omega}{dt} + B\omega + T_f + T_L \qquad (2.16)$$

เมื่อ

Tg คือ แรงบิดที่กำเนิดโดยมอเตอร์

J คือ ผลรวมโมเมนต์ของแรงเฉื่อยของมอเตอร์

ω คือ ความเร็วของมอเตอร์ มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที

B คือ สัมประสิทธิ์ของวิสคอสแด้มพ์ปิ้ง

T_f คือ แรงบิดเสียดทานภายใน

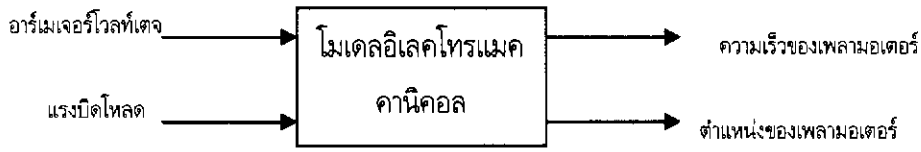
T_L คือ แรงบิดโหลด

ข้อดีของมอเตอร์ฟิลด์แบบไม่มีแม่เหล็กถาวร ซึ่งเหนือกว่ามอเตอร์ที่มีโครงสร้างฟิลด์ที่เป็นขดลวด คือจะไม่มีกำลังสูญเสียในฟิลด์มีประสิทธิ์ภาพสูงกว่าและมีขาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับมอเตอร์ที่มีขนาดเท่ากัน

ดีซีมอเตอร์ที่ใช้ร่วมกับดีซีแอมปลิฟายไฟทั้งในระบบการบังคับตำแหน่งด้วยการบังคับความเร็วมักจะได้รับการประยุกต์ใช้ เป็นส่วนประกอบการสร้างพลังงานในระบบนำร่องและบังคับการต่างๆ และเนื่องวิทยาการเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กและการขยายตัวโซลิดสเตท ทำให้ดีซีมอเตอร์แม่เหล็กแบบถาวร ได้รับการนิยมใช้เป็นส่วนประกอบการบังคับและการควบคุมในระบบลูปปิดต่างๆ มากขึ้น การออกแบบและชดเชย

ระบบดังกล่าวได้อย่างเหมาะสมจะต้องใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ของส่วนประกอบทั้งหมดในระบบ ในหัวข้อนี้จะพัฒนาลิเนียร์โมเดลของดีซีมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรและฟิลด์แยกกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงบล็อกโมเดลอิเลคโทรแมคคานิคอล

โมเดลทางอิเล็กโทรแมคนิคอล

ส่วนสำคัญของดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์แยกกระตุ้นมีโมเดล ดังแสดงในรูป

R_a : ความต้านทานของอาร์เมเจอร์

L_a : อินดัคแตนซ์ของอาร์เมเจอร์

V_g : โวลท์เตจกำหนดในอาร์เมเจอร์

R_f : ความต้านทานของฟิลด์

L_f : อินดัคแตนซ์ของฟิลด์

φ : ช่องว่างอากาศของเส้นแม่เหล็ก

ω : ความเร็วของเพลาอาร์เมเจอร์

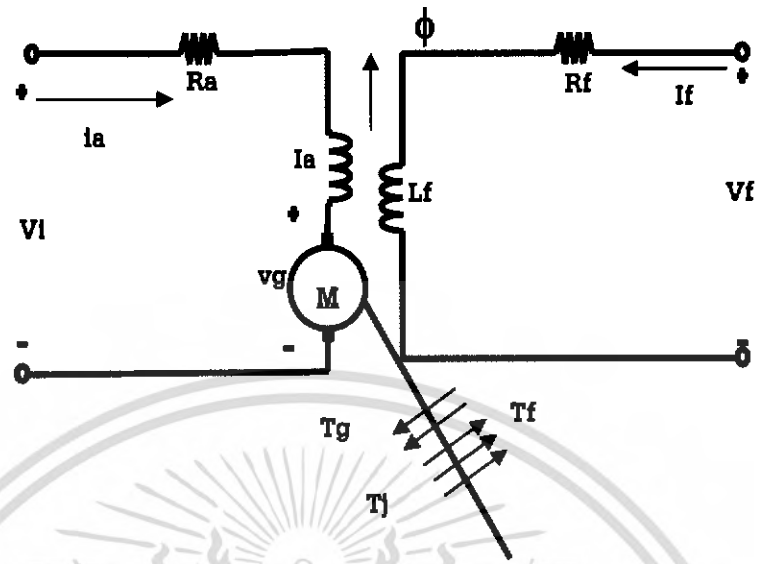
T_g : แรงบิดที่พัฒนาขึ้นมอเตอร์

T_f : แรงบิดเสียดทานของมอเตอร์

T_j : แรงเฉื่อยของมอเตอร์

T_l : แรงบิดโหลดบนเพลาของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงโมเดลของดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์แยกกระตุ้น

ขั้นแรกเราจะหาสมการพื้นฐานโมเดลของดีซีมอเตอร์ได้จากลูปของอาร์เมเจอร์

$$V_t(t) = R_a I_a + L_a \frac{dIa(t)}{dt} + V_g(t) \tag{2.17}$$

เทอมโวลท์ $V_g(t)$ ในสมการที่ 5 คือ โวลท์ย้อนกลับของมอเตอร์ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อเส้นลวดตัวนำของอาร์เมเจอร์หมุนตัดแม่เหล็ก ซึ่งเกิดโดยกระแสฟิลด์ (I_f) ตามกฎฟาราเดย์ลูปของเส้นลวดตัวนำหมุนในฟิลด์แม่เหล็กคงที่จะเหนี่ยวนำโวลท์เตจขึ้นในขดลวดนั้น

$$V(t) = \frac{d\lambda(t)}{dt} \tag{2.18}$$

เมื่อ $\lambda(t)$ เส้นแรงแม่เหล็กที่รั่วไปยังขดลวดและ t คือเวลาในการหมุนของคอมมิวเตเตอร์การควบคุมวงจรของแต่ละส่วนในตัวนำในโรเตอร์จะเกิดโวลท์เตจขึ้นในอากาศและความเร็วเชิงมุม $\omega(t)$ หรือเราจะได้

$$V_g(t) = K\, \varphi(t)\, \omega(t) \tag{2.19}$$

สมมุติให้กระแสของฟิลด์มีค่าคงที่ และไม่คิดถึงส่วนการเปลี่ยนแปลงในเส้นแรงฟิลด์ต่อเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอคชั่นเส้นแรงฟิลด์ก็มีค่าคงที่ดังนั้นสมการที่ 2.19 ที่จะกลายเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_g(t) = K_e \omega(t) \tag{2.20}$$

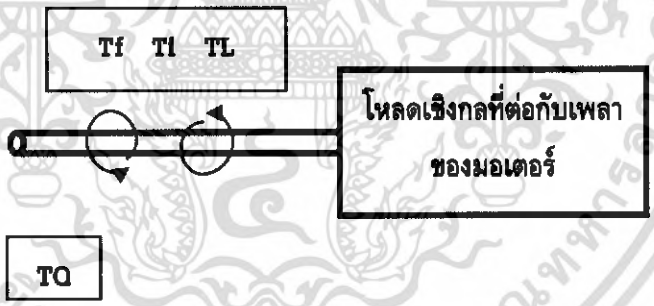
เมื่อเราสมมุติให้เส้นแรงฟิลด์มีค่าคงที่ แรงบิดของแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดขึ้นกับโรเตอร์ของมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนกับกระแสอาร์เมเจอร์

$$T_g(t) = K_t I_a(t) \tag{2.21}$$

เมื่อ K_t คือค่าคงที่ของแรงบิดมอเตอร์กำลังงานที่เกิดขึ้นกับโรเตอร์ คือผลคูณของแรงบิดที่เกิดขึ้นและความเร็วเชิงมุม

$$P_g = T_g(t)\ \omega(t) \tag{2.22}$$

โรเตอร์และฮีสเตอรีซีส ดังรูป 2.11 แสดงให้เห็นถึงแรงบิดต่างๆที่เกิดขึ้นต่อโหลดมอเตอร์กำลังงานเชิงกลที่เกิดขึ้นในโรเตอร์ทั้งหมดจะจ่ายไปยังโหลดที่ต่ออยู่กับเพลาของมอเตอร์ แต่กำลังงานนี้บางส่วนจะสูญเสียไปในมอเตอร์ การสูญเสียเนื่องมาจากแรงเสียดทานหมายถึง ความหน่วงเนื่องจากลมที่มีต่อโรเตอร์ แรงเสียดทานตัวรองรับมอเตอร์ กระแสที่ไหลในเหล็กของมอเตอร์



รูปที่ 2.11 แสดงถึงแรงบิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นต่อโหลดของมอเตอร์

เมื่อ

$T_g(t)$: แรงบิดของมอเตอร์

$T_f(t)$: แรงบิดที่ชนะการสูญเสียเนื่องจากการเสียดทาน

$T_j(t)$: แรงบิดเพื่อใช้เพิ่มใช้เพิ่มอัตราเร่งแก่ ความเฉื่อยของโหลด

$T_l(t)$: แรงบิดโหลด

ในช่วงเวลาใดๆแรงบิดของมอเตอร์จะต้องเท่ากับและมีทิศทางตรงข้ามกับผลรวมของแรงบิด $T_g(t)$ $T_f(t)$ และ $T_l(t)$ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_g(t) = T_f(t) + T_l(t) + J\frac{d\omega(t)}{dt} \quad (2.23)$$

เมื่อ j คือผลรวมของโมเมนต์แรงเฉื่อยของโรเตอร์และโหลดที่ต่ออยู่ที่เพลาของมอเตอร์ผลรวมของแรงบิดเสียดทานที่ประกอบกันขึ้นที่เพลาของมอเตอร์ ซึ่งเป็นลิเนียร์ฟังก์ชั่นกับความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์เรียกว่า ส่วนประกอบของวิสคอสฟริคชั่นและมักจะอยู่ในเทอมที่แยกออกจาก ฟริคชั่นอื่นๆ ซึ่งแสดงดังสมการดังนี้

$$T_g(t) = T_f(t) + T_l(t) + J\frac{d\omega(t)}{dt} + B\,d\omega(t) \quad (2.24)$$

เมื่อ

B คือ สัมประสิทธิ์ของวิสคอสคอสฟริคชั่นของมอเตอร์และโหลดที่ต่ออยู่กับเพลาของมอเตอร์

Tf(t) คือ ผลรวมของฟริคชั่นของโหลดและ ของมอเตอร์ทั้งหมด มีแรงต้านทานของลมและการสูญเสียกำลังในเหล็กของเหล็กของเพลา ยกเว้นวิสคอสฟริคชั่น

สมการที่ 2.20, 2.21 และ 2.24 เป็นชุดสมการพื้นฐานของดีซีมอเตอร์โมเดลและจากสมการเหล่านี้เราสามารถจะหาทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นของ ดีซีมอเตอร์ได้ โดยใส่ลาปลาสทรานส์ฟอร์มทั้งทั้งสองข้างของชุดสมการพื้นฐานและเขียนได้เป็น

$$T_l(S) - T_g(S) = (R_a + SL_a)\,I_a(S) \quad (2.25)$$

$$V_g(S) = K_e\omega(S) \quad (2.26)$$

$$T_g(S) = K_t\,I_a(S) \quad (2.27)$$

$$T_g(S) - T_f(S) - T_l(S) = (B + SJ)\,\omega(S) \quad (2.28)$$

2.4.2 เซ็นเซอร์และเอ็นโค้ดเดอร์ (Senser and Encoder)

เซ็นเซอร์และเอ็นโค้ดเดอร์ เป็นส่วนประส่วนประกอบสำคัญในระบบควบคุมที่มีการป้อนกลับในระบบควบคุมแบบลูปปิดใช้สำหรับคุณสมบัติการทำงานของระบบเซ็นเซอร์ละเอ็นโค้ดเดอร์ควรใช้ตัวป้อนสัญญาณกลับเพื่อการควบคุม ซ็นเซอร์แบ่งออกเป็น 2 เป็นลักษณะ คือ แบบอนาลอกเซ็นเซอร์ และแบบดิจิตอลเซ็นเซอร์ แบบอนาล็อค ได้แก่ ทาโคเยนเนอร์เรเตอร์ และซิงโครซ์ ส่วนเซนเซอร์แบบดิจิตอล ได้แก่ เอ็นโค้ดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

66692

2.4.2.1 ทาโคเยนเนอร์เรเตอร์ (Tacho Generator)

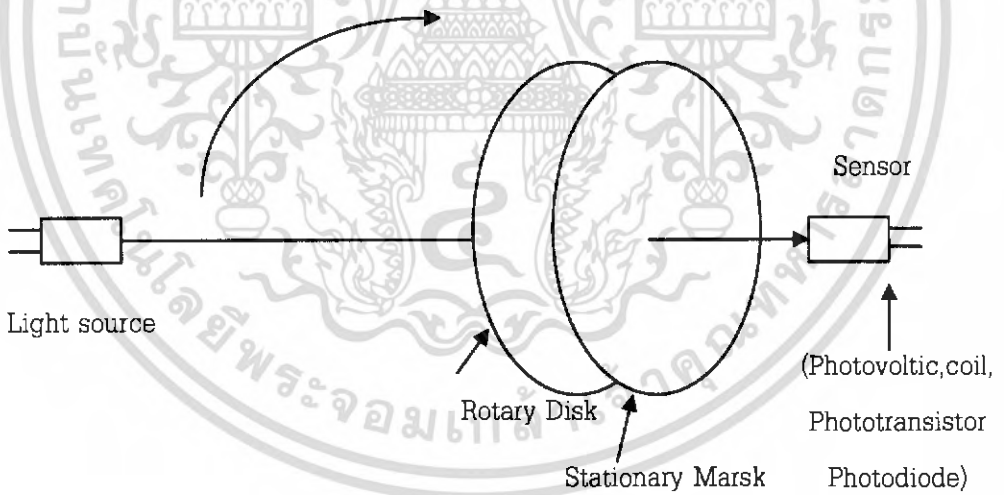
ทาโคเยนเนอเรเตอร์ เป็นเครื่องมือที่เราสามารถเปลี่ยนพลังงานกลเป็นไปเป็นพลังงานไฟฟ้าและให้กำเนิดเอาท์พุทโวลต์เตจ เป็นสัดส่วนกับแมกนิจูดของความเร็วเชิงมุม ในระบบการบังคับมอเตอร์โดยทั่วไปจะใช้ทาโคมิเตอร์เป็นตัวแสดงความเร็วของเพลาของมอเตอร์หรือป้อนความเร็วกลับสำหรับการบังคับความเร็วหรือสำหรับทำให้สเถียรภาพในระบบดีขึ้น

2.4.2.2 เอ็นโค้ดเดอร์ (Ender Generator)

ในระบบการบังคับตำแหน่งหรือความเร็วของเพลามอเตอร์ ต้องใช้เอ็นโค้ดเดอร์สำหรับรักษาตำแหน่ง และสร้างสัญญาณป้อนกลับโดยที่เอ็นโค้ดเดอร์จะสร้างสัญญาณพัลส์ที่แปรตรงตามการหมุนของเพลาซึ่งสามารถนำไปใช้การรับรู้ความเร็วและตำแหน่งเพลาของมอเตอร์ในรูปของอัตราจำนวนพัลส์

เอ็นโค้ดเดอร์ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือ ตัวกำเนิดแสงจานหมุน (Rotary Disk) จานที่อยู่กับที่และบนแผ่นหมุนทำเป็นช่องโดยรอบรอบดังรูปที่ใช้กันอยู่ 2 ชนิด คือ แบบสมบูรณ์ในตัวเองและแบบไม่สมบูรณ์ในตัวเอง

เอ็นโค้ดเดอร์แบบสมบูรณ์ในรูปที่ 2.12 และบนแผ่นจานหมุนจะมีช่องสำหรับให้แสงผ่านข้ามไปตัวเซ็นเซอร์ ถ้าเป็นเอ็นโค้ดเดอร์ที่ใช้วัดความเร็วต่ำไม่ต้องมีแผ่นอยู่กับที่ก็ได้ส่วนตัวกำเนิดแสงจะใสใช้หลอดไฟหรือหลอดแอลซีดี



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างกลไกของเอ็นโค้ดเดอร์

ความละเอียดของเอ็นโค้ดเดอร์ คือจำนวนคาบเวลาของสัญญาณเอาท์พุทต่อการหมุนของเพลา 1 รอบ ซึ่งบอกเป็นจำนวนพัลส์ต่อรอบหรือ จำนวนไซเคิลต่อ 360 องศามุมทางเชิงกล หรือไซเคิลต่อองศา เอ็นโค้ดเดอร์ที่ใช้กันทั่วไปมีความละเอียดตั้งแต่ 15 ถึง 10000 พัลส์ต่อรอบ

ในทางปฏิบัติเนื่องจากแสงที่กำเนิดมาเป็นแสงที่มาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน ถ้าเราต้องการให้แสงที่ผ่านช่องไปยังเซนเซอร์เป็นเส้นตรงพร้อมๆกัน (Collimations) ก็ทำได้โดยใช้เลนซ์หรือ พาราโบลิครี

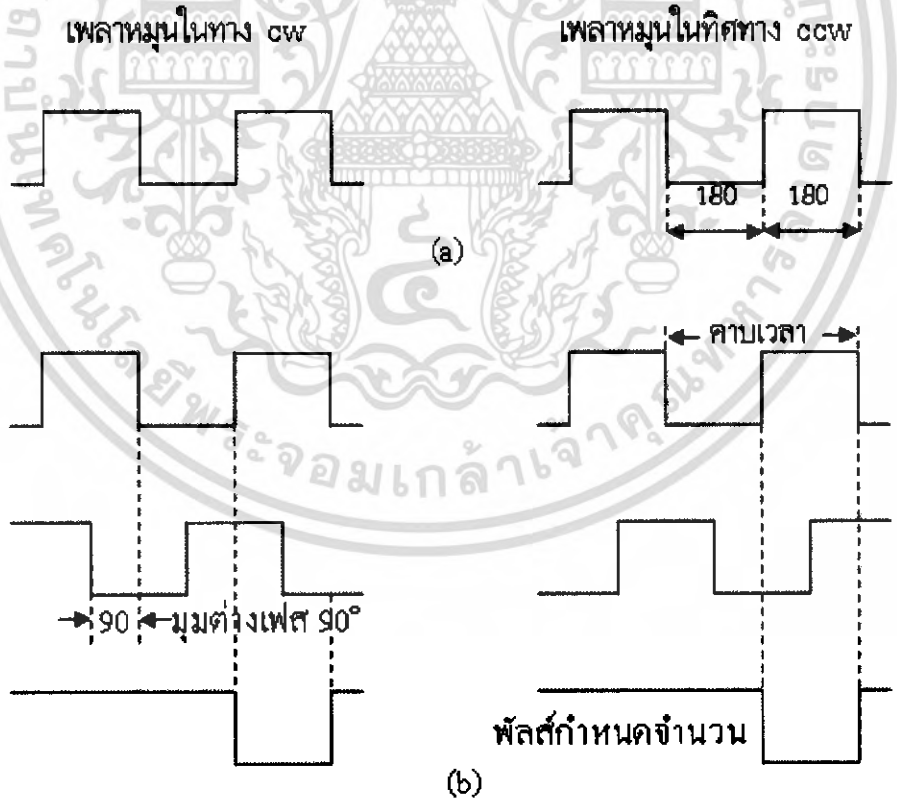
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฟคเตอร์ จำนวนพัลส์ต่อรอบ 1 รอบของสัญญาณที่เอ็นโค้ดเดอร์สร้างออกมาจะเท่ากับจำนวนช่องว่างบนแผ่นจานหมุน และความกว้างของช่องของว่างกับความกว้างของแทบทึบระหว่างช่องจะเท่ากันเพราะฉะนั้นเราสามารถคำนวณหาความกว้างของช่องว่าง ได้จาก

$$\omega = \frac{\pi D}{2N} \tag{2.29}$$

เอาท์พุทของเอนโค้ดเดอร์ โดยทั่วไปแล้วสัญญาณเอาท์พุทที่ออกจากเอ็นโค้ดเดอร์โดยตรงจะมีระดับไม่เพียงพอในการควบคุมหรือสำหรับการประมวลผลสัญญาณ ดังนั้นจึงนั้นจึงต้องมีวงจรขยายและเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเคลื่อนสัญญาณต่อไว้ในเอ็นโค้ดเดอร์ด้วยเสมอ สัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์ปกติแล้วจะเป็นรูป สัญญาณรูปสามเหลี่ยม หรือรูปสัญญาณซายน์ขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการ

สัญญาณ 2 ชุดที่ได้จากเอ็นโค้ดเดอร์ชนิด 2 ช่องเฟสของสัญญาณ 2 ช่องนี้จะต่างกัน 90 องศาทางไฟฟ้า เราเรียกสัญญาณ 2 ช่องนี้ว่าเป็นควอดดราเจอร์ (Quadrature) กันซึ่งเหมาะที่จะใช้ในการรับรู้ทิศทางการหมุนของเพลาหรือใช้ควบคุมระบบที่ซับซ้อนอื่นๆ



รูปที่ 2.13 (a) ตัวอย่างรูปคลื่นเอาท์พุทสี่เหลี่ยมของอุปกรณ์แอนโค้ดเดอร์ช่องเดียว (ไบไดเร็ก)
(b) ตัวอย่างสัญญาณเอ็นโค้ดเดอร์ 2 ช่องมีมุมเฟสต่างกัน 90 องศา (สองทิศทาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 หลักการบินของเฮลิคอปเตอร์และการทำงานของส่วนต่างๆ

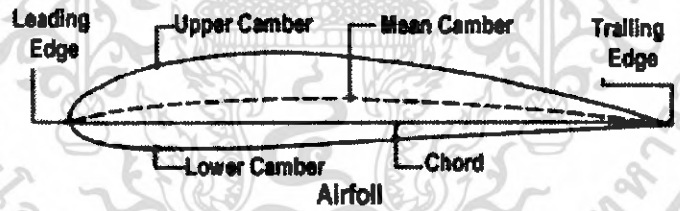
2.5.1 หลักการบินของเฮลิคอปเตอร์

ปีกของเครื่องบินเป็นตัวที่ทำให้เกิดแรงยกของเครื่องบินขึ้น เมื่อมันเคลื่อนที่ผ่านอากาศ ระหว่างการบินจะมีแรงมากระทำต่อเครื่องบินหรือเฮลิคอปเตอร์อยู่ 4 แรง คือ แรงยก, แรงต้านการเคลื่อนที่, แรงผลักไปข้างหน้า, และน้ำหนักเครื่องบิน การที่จะทำให้ปีกเครื่องบินเคลื่อนที่ผ่านอากาศ เครื่องบินจะต้องเคลื่อนที่, เฮลิคอปเตอร์ต้องทำงานโดยปีกเคลื่อนที่ผ่านอากาศ

โดยที่ลำตัวยังคงอยู่กับที่ ปีกของเฮลิคอปเตอร์เราเรียกว่า Main Rotor Glades หรือใบพัด รูปร่างและมุมของ Rotor Blades ที่เคลื่อนที่ผ่านอากาศ จะเป็นตัวกำหนดว่าจะเกิดแรงยกเท่าไหร่ หลังจากที่เฮลิคอปเตอร์ยกตัวขึ้นพ้นภาคพื้นดิน นักบินสามารถเอียงใบพัดและทำให้เฮลิคอปเตอร์เอียงตาม ทิศทางของ Main Rotor Blade ที่สามารถเอียงไปด้านข้างหน้าหรือด้านข้างหรือด้านหลังได้

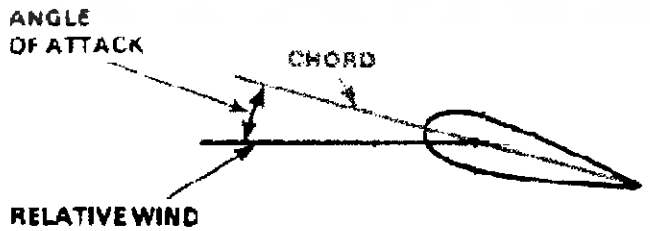
หลักการของ Bernoulli: กล่าวไว้ว่าถ้าความเร็วลมเพิ่มขึ้น แรงกดอากาศ จะลดลง และตรงกันข้ามถ้าความเร็วลดลง แรงกดจะเพิ่มขึ้น

Air Foil: เป็นคำอธิบายทางด้านเทคนิค หมายถึง ลักษณะรูปร่าง เช่น Aileron, Elevator, Wing, Main Rotor Blade, Tail Rotor Blade ออกแบบมาเพื่อให้เกิดแรงปฏิกิริยาจากอากาศที่มันเคลื่อนที่ผ่านไป



รูปที่ 2.14 ลักษณะของใบพัด

Angle of Attack: เป็นมุมแหลมที่วัดระหว่าง Chord ของ Airfoil และ Relative Wind (ดูภาพเพื่อประกอบ)



รูปที่ 2.15 มุมในการรับลม

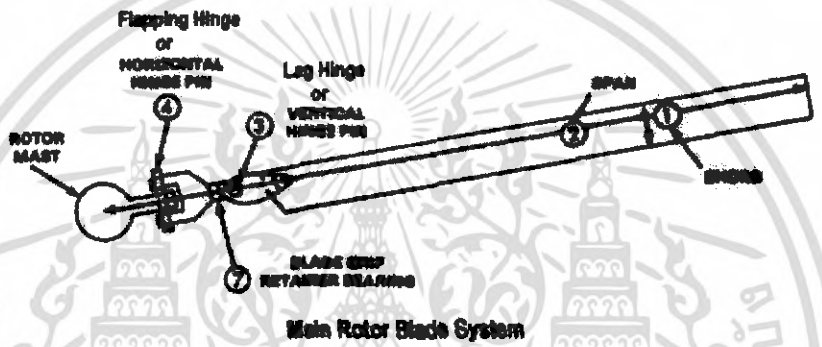
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Angle of Incidence: เป็นมุมแหลมระหว่าง Chord Line ของปีกและแกน Longitudinal Axis ของตัวเครื่องบิน

Blades: ใบพัดของเฮลิคอปเตอร์ก็เป็น Air Foils ที่มี Aspect Ratio สูง (Span หารด้วย Chord)

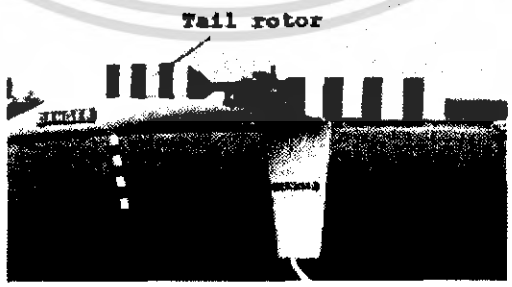
Angle of Incident: ของเฮลิคอปเตอร์สามารถปรับแต่งได้ตามนักบินเอง

Main Rotor: ของเฮลิคอปเตอร์อาจจะมี สอง, สาม, สี่, ห้า หรือหก ใบก็ได้แล้วแต่การออกแบบ



รูปที่ 2.16 ระบบการทำงานของใบพัดของมอเตอร์หลัก

Tail Rotor: ใบพัดหางเป็นใบพัดขนาดเล็กอาจจะมีสองหรือ สี่ใบก็ได้ ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ส่วนหางของเฮลิคอปเตอร์ โดยจะอยู่ในตำแหน่งแนวตั้งมุมนี้จะสามารถเปลี่ยนไปเพื่อให้มีเฮลิคอปเตอร์หันไปตามทิศที่ต้องการ



รูปที่ 2.17 ใบพัดรอง

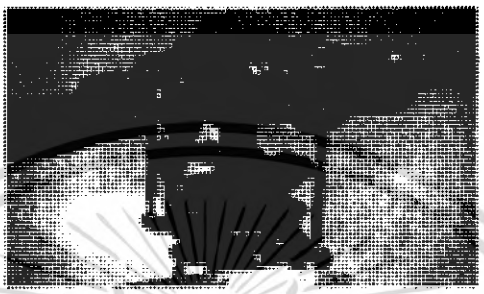
Blade Root: ปลายด้านในหรือ โค่นใบพัด Blades ซึ่งยึดติดกับใบพัด Blade Grips

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Blade Grips: ที่ยึดใบพัดติดกับดุมจุดศูนย์กลาง

Rotor Hop: อยู่บนยอดของ Shaft (เสากระโดง) และต่อกับใบพัดทั้งหมดโดย Control Tubes

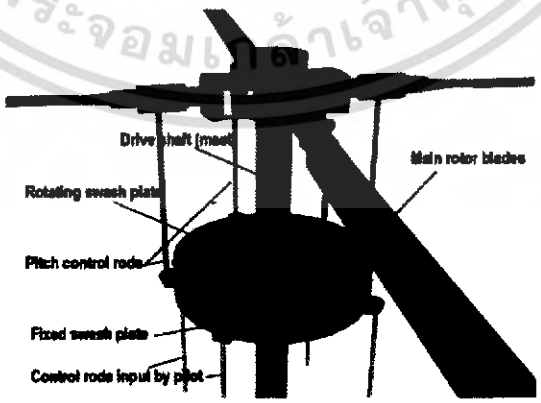
Main Rotor Mast: Shaft ที่หมุนต่อจาก Transmission และ ต่อชุดใบพัด Blade Grips



รูปที่ 2.18 ระบบยึดติดกับใบพัด

Pitch Change Horn: เพื่อเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวของ Control Tube ไปเปลี่ยนมุมของใบพัด Control Tube เป็นท่อใช้ดึงและ ดันเป็นการเปลี่ยนระยะทางและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมุมของใบพัดโดยผ่าน Pitch Changing Horn ที่โคนใบพัด

Swash Plate Assembly: ชุด Swash Plate Assembly จะประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วน ส่วนที่หนึ่ง เป็นแผ่นวงกลมต่ออยู่กับคันบังคับ Cycle Pith Control แผ่นกลมนี้สามารถเอียงได้ทุกตำแหน่ง แต่จะไม่หมุนตามใบพัดใหญ่ Main Rotor แผ่นกลมที่ไม่หมุนนี้เราจะเรียกว่า Stationary Star และติดกับแผ่นกลมอีกแผ่น โดยจะมี Bearing Surface อยู่ตรงกลางและ แผ่นกลมอันที่สองนี้เรียกว่า Rotating Star แผ่นนี้จะหมุนตาม Rotor และ ต่อกับ Pitch Change Horns



รูปที่ 2.19 ระบบถ่ายทอด พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transmission System: ระบบถ่ายทอดพลังงานเป็นระบบทดรอบโดยใช้ฟันเฟือง Gears เป็นหลักทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานหรือกำลังงานจากเครื่องยนต์ไปยังไปพัดหลัก Main Rotor ใบพัดที่หาง Tail Rotor เครื่องยนต์ทำงานที่รอบความเร็วสูงแต่รอบความเร็วของใบพัดหลัก Main Rotor จะทำงานที่รอบต่ำ ความเร็วรอบที่ลดลงก็ด้วยเกียร์ที่ทดรอบ ที่ Transmission System

Lift Force: แรงยกที่เกิดจากการสร้าง Lower Pressure ที่พื้นที่ผิวด้านบนของปีกเครื่องบิน เมื่อเปรียบเทียบกับ High Pressure ที่พื้นผิวด้านล่างของปีกเครื่องบิน จนเป็นเหตุให้ปีกเครื่องบินถูกยกขึ้น รูปร่างลักษณะพิเศษของปีก Airfoil ที่ถูกออกแบบมาให้อากาศที่พื้นผิวด้านบนมีระยะทางที่มากกว่า ทำให้โมเลกุลของอากาศต้องเดินทางเร็วกว่า พื้นที่ด้านล่าง จึงทำให้ด้านบนเกิดเป็น Lower Pressure ที่มีแรงกดต่ำกว่า ดั้งนั้นจึงเกิดแรงยกตัว แรงยกที่เกิดขึ้นจะตรงข้ามกับแรงดึงดูดของโลก หรือ น้ำหนัก

รูปที่ 2.20 การยกตัวของใบพัด

แรงยกจะขึ้นอยู่กับ 1.รูปร่างลักษณะของ Air Foil 2. มุมของปีกที่กระทำกับลม Relative Wind 3.บริเวณพื้นผิวหรือ ลมพัดผ่าน 4. กำลังสองของความเร็วลม นั้นคือ ความเร็วลมนั่นเอง 5. ความหนาแน่นอากาศ

สมการของ แรงยกของปีก

จะได้

$$L = Cl \times d \times \frac{v^2}{2} \times A \qquad (2.30)$$

L = Lift

d = Density of Air

Cl = Lift Coefficient

V = Velocity of Air

A = Wing Area

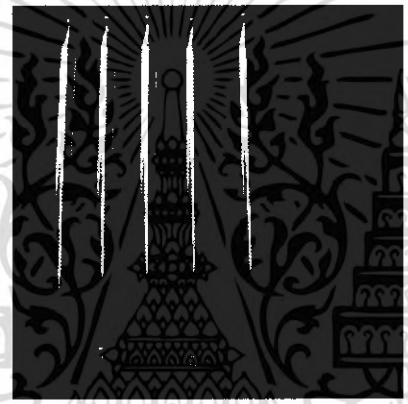
Relative Wind: เป็นทิศทางลมที่กระทำต่อปีกเครื่องบินหรือ Foil หรือ ใบพัดของเฮลิคอปเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pitch Angle: มุมของใบพัดจะเป็นมุมแหลม ที่กระทำระหว่าง Chord Line ของใบพัดกับแนวระนาบการหมุนของใบพัด มุม Pitch Angle สามารถปรับเปลี่ยนได้

2.5.2 หลักพื้นฐานการบินของเฮลิคอปเตอร์

แรงยกของเฮลิคอปเตอร์ ได้มาจากการหมุนใบพัดหนึ่งชุดหรือมากกว่าในแนวระนาบกับพื้น ใบพัดนี้เรียกว่า Main Rotor เมื่อ Main Rotor ของเฮลิคอปเตอร์หมุนมันจะเกิดแรงยก หรือ Lift และในเวลาเดียวกันจะเกิด Reaction Torque หรือแรงหมุนที่ลำตัวของเฮลิคอปเตอร์เราจะใช้ใบพัดที่เรียกว่า Tail Rotor เพื่อใช้ต้านแรงที่เรียกว่า Reaction Torque สำหรับเฮลิคอปเตอร์ที่มีใบพัดชุดใหญ่ Main Rotor นี้สามารถหมุนสวนทางกันเพื่อให้ค่า Reaction Torque หักลบกันหมดไป

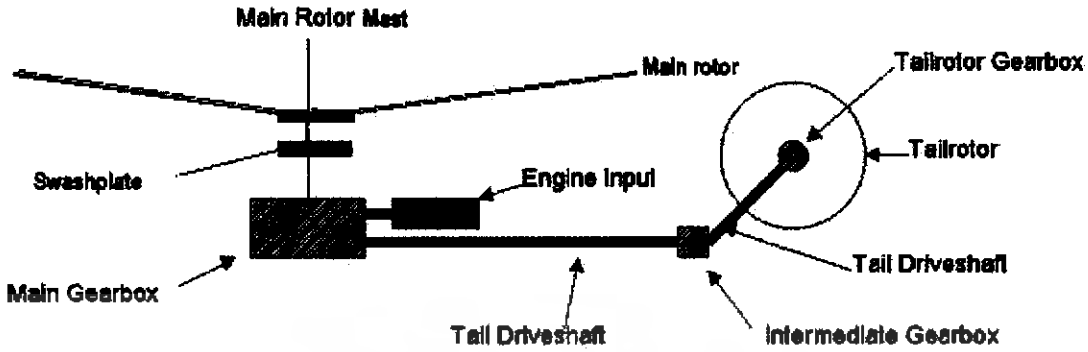


รูปที่ 2.21 อุปกรณ์การรับสัญญาณ

2.5.2.1 โรเตอร์หลัก แรงยกที่เกิดจากการหมุนของ Main Rotor ขณะที่มันหมุนอยู่ในอากาศและสร้างแรงยกขึ้นมา ใบพัดแต่ละใบจะสร้างแรงยกเท่าๆกัน น้ำหนักของเฮลิคอปเตอร์จะถูกแบ่งออกเป็นเท่าๆกันด้วยถ้าลำตัวเฮลิคอปเตอร์มีน้ำหนักทั้งหมด 4000 ปอนด์ และเฮลิคอปเตอร์มีระบบสองใบพัด ใบพัดแต่ล่ะใบจะรับน้ำหนัก 2000 ปอนด์ นอกจากน้ำหนักเฮลิคอปเตอร์ที่เรียกว่า Static Load ใบพัดแต่ละใบยังต้องรับ Dynamic Load ด้วย ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ เช่นถ้าเฮลิคอปเตอร์ยกตัวขึ้นด้วยอัตราเร่ง ทำให้เกิดแรงที่เท่ากับ 1.5g (1.5เท่าของแรงดึงดูดโลก) ดังนั้นน้ำหนักที่มีผลจริงๆ ก็ต้องเท่ากับ 1.5 เท่าของน้ำหนักของเฮลิคอปเตอร์ที่จอดอยู่เฉยๆหรือ เท่ากับ 6000 ปอนด์แทนที่จะ 4000 ปอนด์ ทั้งนี้ก็เนื่องจากแรงดึงขึ้นของเฮลิคอปเตอร์

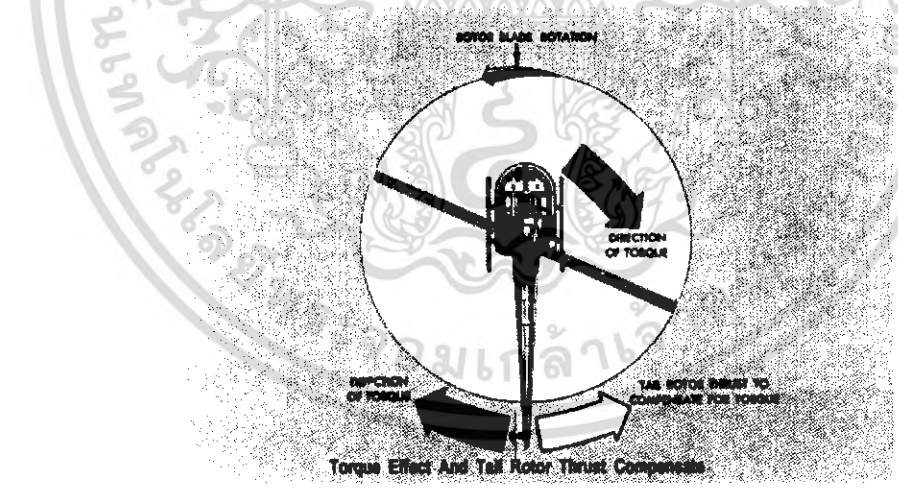
2.5.2.2 โรเตอร์รอง ใบพัดที่หาง Tail Rotor มีความสำคัญมาก ถ้าหากหมุนใบพัดหลัก Main Rotor ด้วยเครื่องยนต์ Main Rotor ก็จะหมุนแต่ลำตัวของเฮลิคอปเตอร์ตรงกันข้ามของการหมุนของ Main Rotor เราจะใช้ใบพัดที่หาง นี้เพื่อต้านแรงหมุนที่ว่านี้โดย จะตั้งใหม่ทิศทางที่ต้านกันเพื่อให้เฮลิคอปเตอร์เดินทางเป็นแนวตรงได้อย่างที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 การส่งแรงไปยังระบบขับเคลื่อนใบพัดหลัง

Tail Rotor โดยปกติทั่วไปแล้ว จะต่อเชื่อม มาจาก Transmission Gear Box โดยผ่านระบบ Dive Shaft and Gear Box นั่นหมายถึงว่าถ้า Main Rotor หมุน Tail Rotor ก็จะหมุนตามไปด้วย โดยทั่วไปอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 3:1 ถึง 6:1 ซึ่งหมายถึงว่าถ้า Main Rotor หมุน 1 รอบ Tail Rotor ก็จะหมุน 3 รอบ ส่วน 6:1 จะเป็น 6 รอบทันที แกน Shaft เครื่องยนต์ของเฮลิคอปเตอร์ จะต่อเข้ากับ Input Quill ที่ Transmission gear จาก Transmission Gear ออกไปข้างบนเป็น Main Rotor Mast (Shaft ที่ไปหมุน Main Rotor) และ Shaft ที่ออกไปทางด้านหางจะไปหมุน Tail Rotor



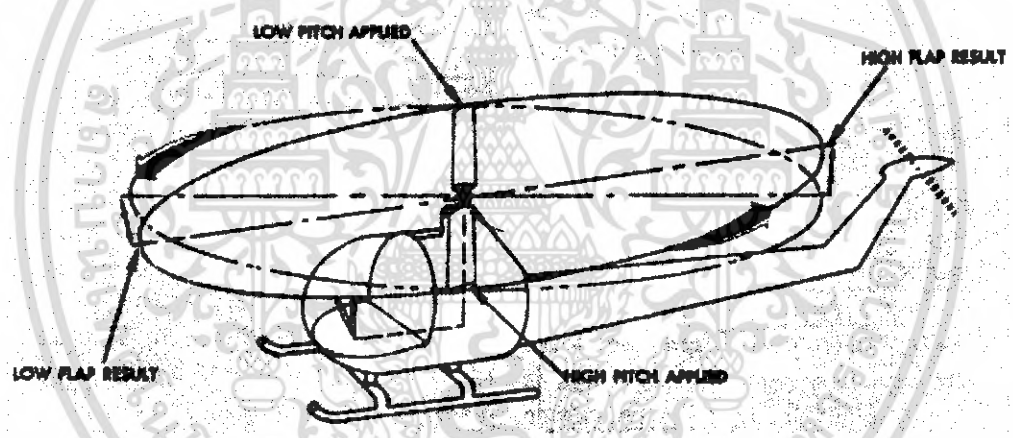
รูปที่ 2.23 แรงบิดของใบพัดหลักและแรงพยุงของใบพัดรอง

2.5.2.3 แรงยกที่มีลักษณะกลับ (Dissymmetry of Lift) โดยปกติระบบของ Main Rotor ทุกชนิดจะสร้างแรงยกไม่สมดุลทุกตำแหน่งที่มันหมุน Dissymmetry of Lift ขณะ ที่ตัวมันเองเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแต่ ถ้าบินอยู่กับที่แรงยก Lift จะมีค่าเท่ากันทั้งหมดตลอดระนาบการหมุนของ Main Rotor เมื่อเฮลิคอปเตอร์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าใบพัดที่หมุนและ มีทิศทางไปด้านหน้าก็จะมีแรงยกมากกว่าเพราะความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลม (Relative Wind) ที่เพิ่มขึ้นและใบพัดใบที่กำลังหมุนไปข้างหลังหรือไปข้างท้ายก็จะมีแรงยกน้อยลงผลที่กระทบก็คือเฮลิคอปเตอร์จะมีอาการม้วนข้างหรือ roll (ตัวอย่างเช่นถ้าเฮลิคอปเตอร์มีความเร็วของใบพัด = 400 กม/ชม เฮลิคอปเตอร์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็ว 100 กม/ชม ใบพัดที่หมุนไปด้านหน้าก็จะมีความเร็ว จริง 500 กม/ชม)

2.5.2.4 การสะบัดของใบพัด (Blade Flapping) แรงยก Lift ที่ไม่สมดุลแก้ไขโดยวิธี Blade Flapping.เพราะว่าการที่ความเร็วลมเพิ่มขึ้นและแรงยก Lift ที่เกิดขึ้นกับใบพัดที่หมุนไปข้างหน้าจะทำให้ใบพัดนั้นกระดกขึ้นและเวลาเดียวกัน ก็จะลดมุม Angle of Attack เป็นเหตุให้แรงยก Lift ลดลง สำหรับใบพัดที่หมุนไปทางหางเครื่อง ที่มีค่า แรงยก Lift น้อยก็จะลู่ลงและในเวลาเดียวกันมุม Angle of Attack ก็จะเพิ่มขึ้นเป็นเหตุให้แรงยก Lift เพิ่มขึ้นจากเหตุการณ์ที่ผสมผสานกันทั้งสองอย่างนี้จึงทำให้แรงยก Lift สมดุลกัน ทั้งสองครึ่งของระนาบการหมุน ของ Main Rotor โดยผ่าน ระบบ Blade Flapping Action.



รูปที่ 2.24 การพยุงของใบพัดและการหมุนเลื่อนของใบพัด

2.5.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง แผ่นโลหะชัด และการควบคุม

1. Swash Plate Assembly: Swash Plate Assembly ประกอบด้วย ส่วนประกอบที่สำคัญ สองส่วน ซึ่ง Rotor mast ร้อยผ่านส่วนที่หนึ่งเป็นแผ่น Disc ต่อเชื่อมกับ Cyclic Pitch Control แผ่น Disc นี้สามารถเอียงไปได้ทุกทิศทางแต่จะไม่หมุนตาม Rotor จะอยู่กับที่ Disc ที่ไม่หมุนตาม Rotor นี้เรามักจะกล่าวถึงในชื่อ Stationary Star จะประกอบติดกับแผ่น Disc แผ่นที่สอง Bearing คั่นกลางและ Disc แผ่นที่สองนี้เราเรียกว่า Rotating Star แผ่นที่สองนี้จะหมุนไปพร้อมๆ กับ rotor และต่อเชื่อมกับ Rotor Blades Pitch Horns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Collective Control: เมื่อนักบินยกคันบังคับ Collective Control หรือ ดึงคันบังคับ Collective Control ขึ้น คันบังคับ Collective Control ก็จะยก Swash Plate Assembly ทั้งชุดนี่จะทำให้ใบพัดทั้งหมดเปลี่ยนมุมและ ก็จะอยู่ในตำแหน่งนั้นมุมที่เปลี่ยนคือเพิ่มมุมของใบพัดเป็นเหตุให้มีค่าแรงยก Lift เพิ่มขึ้น
3. Cyclic Control: Cyclic Control จะผลักด้านใดด้านหนึ่งของชุด Swash Plate Assembly ขึ้นหรือ ลงนี่มีผลต่อระบบของ Rotor Head เพราะว่าคันบังคับ Cyclic Control ไปควบคุมมุมของ Rotor Head ทำให้มันเอียงใบพัดซึ่งติดอยู่กับ Rotor Head ก็เอียงไปด้วยทำให้ระนาบของการหมุนของใบพัดเอียงไปด้วยจึงทำให้เฮลิคอปเตอร์ทั้งลำเคลื่อนไปตามทิศทางที่ Main Rotor เอียงคือไปทางข้างหน้า, หลัง ,หรือ ด้านข้าง
4. Anti Torque Pedals: แรงที่เกิดจาก Tail Rotor ควบคุมโดยตำแหน่งของคันเหยียบที่เรียกว่า Anti Torque Pedals ไม่ใช่ Rudder Redials, ถึงแม้ว่าตำแหน่งของ Pedals จะอยู่ที่เดียวกันกับ Rudder Pedals ในเครื่องบิน Anti Toques Pedals ต่อเชื่อมกับ อุปกรณ์ที่ปรับมุมของ Tail Rotor Blades เพื่อให้นักบินสามารถที่จะเพิ่มหรือ ลดมุมของ Tail Rotor Blades จุดมุ่งหมายหลักของ Tail Rotor ก็เพื่อทำหน้าที่ต่อต้านแรง Torque ที่เกิดจาก Main Rotor

2.6 กล้องวีดิโอ

2.6.1 ประวัติของกล้อง

นับตั้งแต่ที่มีการคิดค้นการถ่ายภาพจนปรากฏภาพถ่ายแรกของโลกที่เรารู้จักและมีหลักฐานมาถึงวันนี้ในปี ค.ศ. 1825 หรือเกือบ 200 ปีมาแล้วกล้องถ่ายภาพมีวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงมาอย่างช้าๆ เริ่มจากกล้องสำหรับผู้ใช้ทั่วๆไปตัวแรกของโลก คือ Daguerrotype ในปี ค.ศ. 1839 จำหน่ายในราคาประมาณ 50 ดอลล่าร์สหรัฐ กระทั่งปี 1900 หรือประมาณหนึ่งร้อยปีที่ผ่านมา โกดักก็เปิดตัวกล้องถ่ายภาพรุ่น Brownie สามารถโหลดฟิล์มได้ และมีช่องมองภาพเป็นอุปกรณ์เสริมใส่ไว้ทางด้านบน ราคากล้องรุ่นนี้เพียง 1 ดอลล่าร์สหรัฐได้รับความนิยมอย่างมาก แต่ก็เป็นกล้องที่หายากมากในปัจจุบันการ

ตั้งแต่ปี 2000 เป็นต้นมาถึงปัจจุบัน กล้องดิจิตอลมีการพัฒนาอย่างมาก ในแต่ละปีมีกล้องรุ่นใหม่ๆ จากหลายสิบยี่ห้อนับร้อยรุ่น ตั้งแต่กล้องคอมแพคตัวเล็กๆ จนถึงกล้องรุ่นใหญ่สำหรับมืออาชีพ ความละเอียดเพิ่มมากขึ้นจาก 2, 3, 4 เป็น 5 ล้านพิกเซล กล้องคอมแพคบางรุ่นในวันนี้เช่น Sony DSC-F828 มีความละเอียดสูงถึง 8 ล้านพิกเซล ส่วนดิจิตอล SLR ก็ขึ้นไปถึง 14 ล้านพิกเซลใน Kodak DSC-Pro14n กล้องรูปทรงแปลกๆ ใหม่ๆ ถูกผลิตออกมามากมาย บางรุ่นบางเฉียบเหมือนบัตรเครดิต บางรุ่นหน้าตาแทบไม่ต่างกับกล้องใช้ฟิล์ม แต่ที่น่าสนใจมากคือในขณะที่คุณภาพดีมากขึ้น ราคากลับลดลงอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะกล้องดิจิตอล SLR ระดับ 6 ล้านพิกเซล จากราคานับล้านบาทเมื่อสี่ปีก่อน เหลือไม่ถึงห้าหมื่นบาทในปีนี้ รวมไปถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเช่น การ์ด CF 128 MB ที่มีราคาประมาณ 20,000 บาท ในปี 2000 ถึงปีนี้ลดเหลือเพียงพันกว่าบาทเท่านั้นส่งผลให้ตลาดกล้องดิจิตอลมีการเติบโตแบบก้าวกระโดดจากเดิมในปี 1996 มียอดขายกล้องดิจิตอลทั่วโลกประมาณ 1 ล้านตัว แต่ในปี 2002 ที่ผ่านมามียอดขายมากกว่า 30 ล้านตัว ส่วนในเมืองไทยของเราก็มียอดขายนับแสนตัวและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน

2.6.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบกล้องวีดิโอ

โดยปกติของอุปกรณ์ระบบกล้องวีดิทัศน์ (Vedio TV Camera) นั้นจะแบ่งอุปกรณ์ออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ 3 กลุ่มดังตารางดังต่อไปนี้

การส่งสัญญาณ	การเชื่อมต่อสัญญาณ	การรับสัญญาณ
1. กล้องรับภาพ (Camera) 2. เลนส์ (Lens) 3. ขายึดกล้อง (Bracket) 4. ชุดหุ้มกล้อง (Housing) 5. หัวก้มและส่าย (Pan/Tilt) 6. หัวส่าย (Scanner) 7. อุปกรณ์ส่งสัญญาณจากกล้องโดยตรง	1. เครื่องสลับภาพ (Switcher) 2. เครื่องแบ่งสัญญาณภาพควอต (Quad) 3. เครื่องแบ่งสัญญาณภาพมัลติเพล็กเซอร์ (Multiplexer) 4. อุปกรณ์ควบคุม (Control) 5. อุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหว 6. อุปกรณ์กระจายและขยายสัญญาณภาพ 7. อุปกรณ์รับสัญญาณจากตัวส่งโดยตรง	1. เครื่องบันทึกภาพ (Recorder) 2. จอภาพมอนิเตอร์ (Monitor) 3. จอโทรทัศน์ (Television)

ตารางที่ 2.1 แสดงการแบ่งกลุ่มสัญญาณของกล้อง

2.6.2.1 การส่งสัญญาณ สามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1. กล้องรับภาพ (Camera) โดยทั่วไปแล้วจะถูกแบ่งง่ายๆ ออกเป็นสองชนิดคือ กล้องสี และกล้องขาวดำซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้และสถานที่ในการติดตั้งซึ่งต้องประกอบไปด้วยลักษณะของการใช้งานจริงยกตัวอย่าง เช่น กล้องสีควรใช้งานกับสถานที่ที่มีแสงสม่ำเสมอ เช่น ซูปเปอร์มาร์เก็ต, มินิมาร์ท, ร้านทอง ฯลฯ เป็นต้น จากกลุ่มที่ยกตัวอย่างให้เห็นนั้นมีความเหมาะสมกล่าว คือ กล้องสีสามารถแยกแยะรายละเอียดหรือสีของสิ่งของได้ดี และในสถานที่ที่ยกตัวอย่างดังกล่าวก็มีการใช้แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สว่างค่อนข้างมาก และสม่ำเสมอภาพที่มาปรากฏบนหน้าจอมอนิเตอร์ก็จะมีความชัดเจน กล้องขาวดำกล้องชนิดนี้เป็นกล้องที่ใช้แสงในการรับภาพต่ำมาก (Lux) เหมาะอย่างยิ่งที่จะใช้งานในด้านการรักษาความปลอดภัยเนื่องจากสามารถดูในเวลากลางคืนได้ดีกว่ากล้องสี เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ในอาคาร, คลังสินค้า, โรงงาน, กระบวนการผลิต, พื้นที่อันตราย, ที่เก็บเงิน, ลานจอดรถ, ปั๊มน้ำมัน หรือสถานที่ที่ใช้อุปกรณ์ดูแลรักษาความปลอดภัย

หมายเหตุ: ปัจจุบันกล้องโทรทัศน์วงจรปิดจะใช้แผงรับภาพแบบ CCD (Charge Couple Device) ซึ่งเป็นอุปกรณ์เซมิคอนดัคเตอร์ประเภทหนึ่งในกล้องราคาถูกจะไม่มีหน่วยประมวลผลภาพ และหน่วยความจำซึ่งเรียกว่าส่วนประมวลผลภาพดิจิตอล (DSP: Digital Image Signal Processing) ซึ่งจะทำให้กล้องที่ไม่มีหน่วยประมวลผล DSP อยู่จะซีดจาง และความคมชัดลดลง เมื่อใช้งานผ่านไปช่วงหนึ่ง

2. เลนซ์ (Lens) โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 4 ชนิดดังนี้ เลนซ์แบบ No Iris เป็นเลนซ์ชนิดที่มีความสามารถในการใช้งานได้เพียงการปรับความคมชัด (Focus) ได้อย่างเดียว เลนซ์แบบ Manual Iris เป็นเลนซ์ที่สามารถปรับได้ทั้งความคมชัด และปรับแต่งความมืด, สว่างของภาพได้ ตัวอย่างเช่น ในสถานที่ที่ต้องการติดตั้งกล้องแต่ในสถานที่ดังกล่าวมีแสงค่อนข้างมาก แต่มีการเปลี่ยนแปลงความสว่างของแสงไม่มากและต้องการความคมชัดทั้งภาพก็สามารถใช้เลนส์ชนิดนี้เป็นตัวช่วยได้ เลนซ์แบบ Auto Iris เป็นเลนซ์ชนิดที่ปรับสามารถปรับได้ทั้งความคมชัด และในส่วนของการปรับแสงเป็นการปรับโดยอัตโนมัติโดยทำงานร่วมกับวงจรคอนโทรลภายในตัวกล้องซึ่งจะปรับหน้าเลนซ์ไปตามสภาวะของแสงในสถานที่ที่ทำการติดตั้งกล้อง เลนส์แบบ Zoom เป็นเลนซ์ที่มีความสามารถดึงภาพในระยะไกลซึ่งเป็นการคอนโทรลการดึงภาพ, ความคมชัดได้จากอุปกรณ์ควบคุมโดยการเดินสายจากตัวอุปกรณ์มายังตัวคอนโทรลซึ่งก็มีขนาดให้เลือกใช้ตามระยะที่ต้องการใช้จริง

หมายเหตุ: ปัจจุบันกล้องบางชนิดสามารถปรับการรับและแสดงผล ขาวดำ/สีตามสภาพ ความเข้มแสงที่ได้รับในกรณีที่บริเวณ จุดติดตั้งมีสภาพแสงคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยสามารถ ใช้เลนซ์ แบบ No Iris หรือ Manual Iris ควบคู่กับระบบ Electronic Shutter ก็จะให้ผลได้ดี ใกล้เคียงกับการใช้เลนซ์แบบ Auto Iris

3. ขายึดกล้อง (Bracket) อุปกรณ์ชนิดนี้เป็นอุปกรณ์ที่จะต้องเลือกจัดหลังสุดหลังจากเมื่อจัดแล้วว่าใช้กล้อง, เลนซ์, ชุดหุ้มกล้อง, อุปกรณ์สายหมุนชนิดใดขนาดเท่าใดมีน้ำหนักเท่าไหร่เพราะในการจัดอุปกรณ์ชนิดนี้จะต้องให้เหมาะสมกับน้ำหนักที่จะต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับจากตัวอุปกรณ์ต่างๆซึ่งก็มีขนาดของการรับน้ำหนักและ คุณลักษณะในการติดตั้งหลายแบบไม่ว่าจะเป็นการใช้ติดผนัง (Wall Mount) ติดเพดาน (Ceiling Mount)

4. ชุดหุ้มกล้อง (Housing) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันตัวกล้องและตัวเลนซ์ให้พ้นจากแสงแดดและน้ำแม้กระทั้งไอหมอก ซึ่งจะส่งผลในการยืดอายุการใช้งานของตัวกล้องและเลนซ์ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและ มีประสิทธิภาพ ซึ่งก็ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้ (กล้องและเลนซ์) และ สถานที่ที่ใช้เพราะมีอุปกรณ์ที่สามารถใช้ได้ทั้งภายใน (Indoor) และภายนอก (Out Door) และมี Accessories ให้เลือกใช้มากมายไม่ว่าจะเป็นใบปัดหน้า, ชุดครอบ, อุปกรณ์หล่อเย็น ในกรณีที่ทำการติดตั้งในที่ที่มีอุณหภูมิสูง หรือจะเป็นชุดอุปกรณ์ที่สามารถป้องกันแรงกระแทกได้ ซึ่งเหมาะสมกับสถานที่ที่มีการกระแทกสูงๆ เช่น เหมืองแร่ต่างๆ
5. หัวก้มและส่าย (Pan/Tilt) เป็นอุปกรณ์เสริม ซึ่งมีหน้าที่ของตัวอุปกรณ์คือเป็นตัวส่าย หมุน ก้มเงยซึ่งนิยมนำไปใช้ร่วมกับการใช้เลนซ์ Zoom ก็จะได้ประสิทธิภาพสูงสุดมีให้เลือกใช้ทั้งภายใน (In Door) ภายนอก (Out Door) ซึ่งจะต้องใช้ควบคู่กับชุดควบคุมหรือชุดคอนโทรลเสมอโดยการเดินสาย จากตัวอุปกรณ์มายังชุดควบคุม
6. หัวส่าย (Scanner) เป็นอุปกรณ์เสริมมีหน้าที่ของตัวอุปกรณ์คือ เป็นตัวส่ายซ้ายขวา อุปกรณ์ชนิดนี้ไม่ค่อยนิยมใช้มากนักเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ที่ใช้ภายนอก (Out Door) และอุปกรณ์ที่มีใช้ภายใน (In Door) โดยส่วนใหญ่ก็ไม่สามารถรับหนักได้มากนัก ยกเว้นอุปกรณ์ที่มาจากทางอเมริกาซึ่งก็มีราคาแพงจึงไม่ค่อยได้รับความนิยมเท่าที่ควร

2.6.2.2 การเชื่อมต่อสัญญาณ สามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1. เครื่องสลับภาพ (Switcher) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับสัญญาณจากตัวกล้องแล้วส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์รับภาพ โดยจะทำหน้าที่สลับภาพให้ภาพจากตัวกล้องมาปรากฏบนหน้าจอทีละภาพตามลำดับเวลาที่ สามารถกำหนดได้โดยทั่วไปตั้งแต่ 1-35 วินาที และมีขนาดให้เลือกใช้หลายขนาด คือจะมี 4,6,8,12,16 ช่องรับสัญญาณ ซึ่งสามารถเลือกใช้ตามจำนวนของกล้องที่จะใช้จริง
2. เครื่องแบ่งสัญญาณภาพควอร์ต (Quad) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางเหมือนกับเครื่องสลับภาพแต่จะทำหน้าที่ต่างกันในขาออกคือภาพที่ ได้จะปรากฏอยู่บนจอพร้อมกัน 4 ภาพ (หมายถึง Quad 4 CH) ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่า Quad จะทำหน้าที่แบ่งสัญญาณบนหน้าจอภาพ ซึ่งข้อดีของอุปกรณ์ตัวนี้คือจะไม่เกิดช่องว่างของเวลาในการสลับภาพเหมือนเครื่องสลับภาพและ ในขณะเดียวกันถ้ามีการต่อพ่วงเข้ากับเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกภาพก็จะได้ภาพทั้งหมดพร้อมกันในการบันทึกภาพ ซึ่งก็จะมี 2 ขนาดในการใช้คือ Quad 4 CH, Quad 8 CH (Dual Page) ซึ่งจะแสดงความแตกต่างในการใช้งาน Diagram แนบท้าย

3. เครื่องแบ่งสัญญาณภาพมัลติเพลกเซอร์ (Multiplexer) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับสัญญาณเหมือนกับเครื่องสลับภาพ และเครื่องแบ่งสัญญาณภาพควอร์ต แต่มีประสิทธิภาพมากกว่าคือสามารถแบ่งสัญญาณภาพบนจอได้ถึง 9 ส่วน หรือ 16 ส่วน นั้นหมายถึงรับสัญญาณจากกล้องได้ถึง 9 ตัว หรือ 16 ตัวนั้นเองโดยหน้าที่พิเศษของตัวเครื่องแบ่งสัญญาณภาพมัลติเพลกเซอร์นี้ก็คือในกรณีที่ทำการบันทึกภาพลงบนเนื้อเทป (ม้วน VDO) แล้วนั้นซึ่งในการบันทึกก็จะบันทึกภาพทั้ง 16 กล้องลงไปพร้อมๆ กัน ซึ่งโดยปกติจากการบันทึกเทป เมื่อบันทึกลงเป็น 16 ส่วน ก็จะได้ภาพเป็น 16 ส่วนในกรณีที่มีการ Play Back แต่ประสิทธิภาพของ Multiplexer สามารถที่จะดึงภาพใดภาพหนึ่งใน 16 ภาพขึ้นมาเป็นภาพใหญ่เต็มจอ (Full Screen) ได้จากเนื้อเทปที่ทำการบันทึกไว้แล้วความสามารถพิเศษของอุปกรณ์ตัวนี้อีกอย่าง คือในเวลาที่มีการเข้าระบบบันทึกภาพและมีการคอนโทรลที่หน้าจอภาพโดยควบคุมให้ภาพในขณะนั้นเป็นภาพจากกล้องใดกล้องหนึ่งแต่ในการบันทึกภาพก็จะได้ภาพทั้ง 16 กล้อง เช่นเดิม ซึ่งประโยชน์ก็คือก็จะได้ภาพทั้ง 16 กล้องโดยไม่ขาดตอนในการบันทึก แม้หน้าจอภาพจะถูกควบคุมไปแบบใดก็ตาม

2.6.2.3 การรับสัญญาณ สามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1. จอภาพมอนิเตอร์ (Monitor) ทำหน้าที่รับสัญญาณเพียงอย่างเดียว ซึ่งตัวแปรต่างๆ ของระบบจะขึ้นอยู่กับการเลือกใช้อุปกรณ์ต่อเชื่อมสัญญาณว่าจะใช้อุปกรณ์ใดจอภาพมอนิเตอร์ก็จะปรากฏภาพดังนั้น ซึ่งโดยทั่วไปก็จะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ จอภาพสี และ จอภาพขาวดำโดยมีขนาดให้เลือกหลาย ขนาดตามจุดประสงค์
2. เครื่องบันทึกภาพ (Recorder) ทำหน้าที่รับสัญญาณภาพขาออกจากอุปกรณ์ต่อเชื่อมสัญญาณ และทำการบันทึกภาพ โดยทั่วไปที่ใช้กัน จะใช้อยู่ 2 ระบบ คือ ระบบ Digital และ ระบบ Analog
3. จอโทรทัศน์ (Television) เป็นอุปกรณ์ที่แสดงภาพผ่านทางพอร์ต AV ของทาง ทีวี ซึ่งทำการฉายภาพได้อย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง การทำงาน

3.1 กล่าวนำ

การประยุกต์และออกแบบการสร้างชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายเพื่อการศึกษา โดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย และใบคู่มือ โดยในส่วนของชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายจะประกอบไปด้วย คือ รีโมทควบคุมการทำงาน ตัวเฮลิคอปเตอร์เองจะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ หลายๆอย่าง

วงจรขับมอเตอร์รอบสูง วงจรขับเซอร์โวมอเตอร์ และวงจรภาครับสัญญาณคลื่นวิทยุ เป็นต้น โดยการทำงานนั้นตัวรีโมทควบคุมการทำงานนั้นจะส่งคลื่นสัญญาณวิทยุมาเป็นสัญญาณเพื่อกระตุ้นให้ตัวอุปกรณ์ในแต่ล่ะ ตัวของตัวเฮลิคอปเตอร์เองทำงานเพื่อประโยชน์การทำงานที่เป็นไปตามเป้าหมาย ในส่วนของคู่มือจะแบ่งเป็นคือ 1.ส่วนประกอบ 2.โครงสร้าง 3.วิธีการบังคับรีโมทควบคุม ซึ่งเนื้อหาของปริญญานิพนธ์นี้ในบทนี้จะกล่าวในส่วนเฉพาะ ตัวเฮลิคอปเตอร์และรีโมทควบคุมการทำงาน โดยประกอบไปด้วยหลักการการออกแบบโครงสร้างเฮลิคอปเตอร์ ขั้นตอนการออกแบบชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย ขั้นตอนการออกแบบรีโมท ขั้นตอนการประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน และส่วนประกอบ อื่นๆที่สำคัญในงานออกแบบ

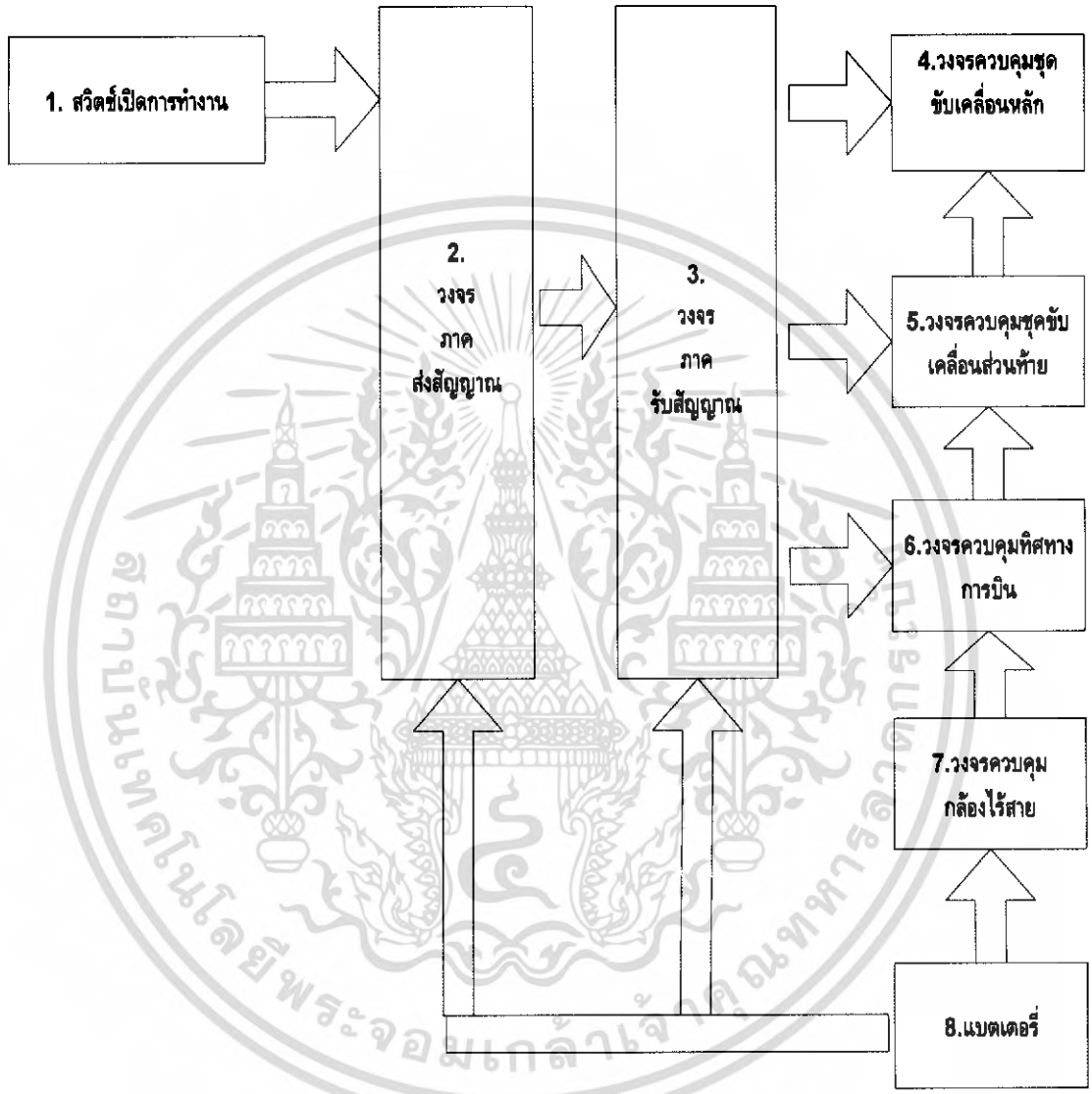
3.2 การออกแบบและการสร้างเฮลิคอปเตอร์

การออกแบบและสร้างเฮลิคอปเตอร์ นั้นได้คำนึงถึงความสะดวกในการใช้งานหลักๆ 5 ประการด้วยกันคือ

1. เพื่อให้เฮลิคอปเตอร์ติดต่อสื่อสารกันผ่านคลื่นวิทยุได้โดยการควบคุมผ่านรีโมทควบคุม
2. เพื่อให้การถอดประกอบและซ่อมแซมเป็นไปได้เพราะจะแยกเป็นสัดส่วนอย่างชัดเจน
3. เพื่อเป็นการสามารถนำอุปกรณ์อื่นเข้ามาร่วมด้วยเพื่อให้เกิดการประยุกต์เกิดขึ้นได้
4. เพื่อเป็นการศึกษาในการเล่นอย่างถูกต้องโดยผ่านทางคู่มือการทำงาน
5. เพื่อทำให้นักเรียนสามารถปฏิบัติตามใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 แผนผังการทำงานของชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย

จากรูปที่ 3.1 เป็นแผนผังการทำงานของชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย โดยประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. สวิตช์ปิด/เปิด เป็นสวิตช์แบบเลื่อนใช้สำหรับปิดเปิดการทำงานของเครื่องชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย ตัวเครื่องจะหยุดทำงานด้วยสวิตช์อันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ภาคส่งสัญญาณภาพ ทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณภาพไปให้ ส่วนรับสัญญาณภาพและแสดงผลต่อไปในอีกขั้นตอนต่อไป แต่ความถี่ที่ได้ต้องไม่ตรงกับความถี่ที่ควบคุมการทำงานของตัวเครื่อง
3. ภาครับสัญญาณส่วนควบคุม ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณการสั่งให้ทำงานของรีโมทที่ส่งมาในความถี่และส่งต่อไปยังวงจรขับมอเตอร์และวงจรขับเซอร์โวมอเตอร์แต่จะเป็นความถี่คนล่ะย่านกับความถี่สัญญาณภาพ เพื่อป้องกันการรับคำสั่งที่ซ้ำซ้อนกันจนเกิดการทำงานที่ผิดพลาดและไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้
4. วงจรขับมอเตอร์หลัก ทำหน้าที่ในการขับกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการขับวงจรมอเตอร์รอบสูงที่ใช้เป็นตัวต้นกำลังในการยกตัวของตัวเฮลิคอปเตอร์และในส่วนของวงจรขับเซอร์โวมอเตอร์
5. วงจรขับเซอร์โวมอเตอร์ ทำหน้าที่ในการขับกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการขับวงจรมอเตอร์รอบสูงที่ใช้เป็นตัวต้นกำลังในการยกตัวของตัวเฮลิคอปเตอร์และในส่วนของวงจรขับเซอร์โวมอเตอร์
6. รีโมททำงาน/ภาคส่งสัญญาณควบคุมทำงาน ทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์ ต้นกำลังและควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ต่างๆ ในการขยับองศาปีก ใบพัดสำหรับเดินหน้าหรือว่าถอยหลังโดย จะมีวงจรสำเร็จรูปมาให้
7. วงจรกล้องทำงาน ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณภาพ เพื่อนำไปส่งให้กับภาครับสัญญาณของโทรทัศน์ อีกครั้งหนึ่งเพื่อแสดงทัศนะวิสัยของการบินในแต่ล่ะครั้ง
8. แบตเตอร์รี่ ใช้ในการเป็นพลังงานที่จ่ายให้กับทางด้านของตัวเฮลิคอปเตอร์ และยังเป็นตัวขับเคลื่อนให้กับกล้องได้ทำงานอีกด้วย โดยที่ ตัวเฮลิคอปเตอร์ ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลท์ ส่วนตัวกล้องวีดิโอ ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 9 โวลท์

3.4 การกำหนดระยะการบิน

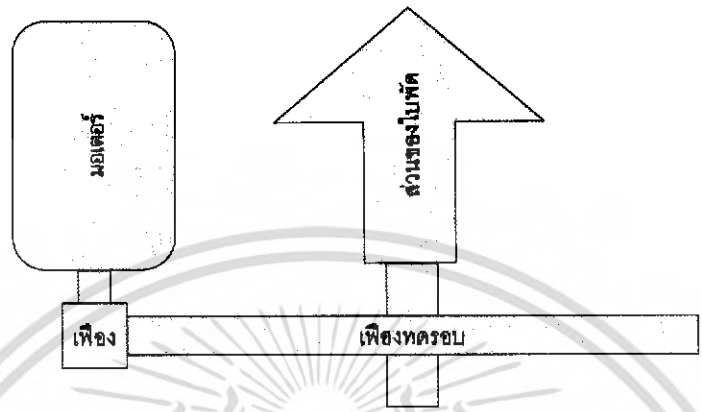
ในการทำงานของชุดเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย จะมีการทำงานแบบต่อเนื่องไม่ได้ต้องจึงต้องกำหนดระยะการบินให้เป็นจุดๆ แล้วกลับมาเหตุที่ต้องกำหนดระยะเพราะว่าพลังงานของแบตเตอรี่ไม่เพียงพอต่อการบินอย่างฟุ่มเฟือยเพราะว่าเป็นเครื่องต้นแบบ

การทำงานเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายโดยจะกำหนดระยะการทำงาน โดยแต่ละจุดที่ลงจอดเพื่อตรวจสอบแบตเตอรี่จะมีระยะห่างระหว่างจุดเป็นระยะทาง 50 เมตรต่อการจอด 1 ครั้งหยุดเป็นจุด

การบินแต่ล่ะครั้งพื้นที่ควรเป็นพื้นที่โล่ง เพื่อที่การบังคับควบคุมได้ง่ายและเวลาที่เฮลิคอปเตอร์แกว่งหรือถูกลมพัด จะได้ไม่ไปชนกับสิ่งกีดขวางจนเกิดการเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ชุดขับเคลื่อนหลัก



รูปที่ 3.2 ชุดขับเคลื่อน

3.5.1 การออกแบบ

การออกแบบชุดขับเคลื่อน ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวต้นกำลัง ตัวมอเตอร์จะยึดติดกับโครงสร้างพลาสติก โดยแกนของมอเตอร์ จะต่ออยู่กับเฟืองเพื่อส่งกำลังไปให้เฟืองทดรอบ โดยที่เฟืองทดรอบจะต่อกับใบพัดหลักโดยผ่านไปยังชุดบังคับเลี้ยวก่อนที่จะไปขับใบพัดโดยตรง ดังรูปที่ 3.3

สาเหตุที่เลือกพลาสติกมาเป็นวัสดุโครงสร้างและใบพัดนั้น เพราะเนื่องจากวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง ทนแรงกระแทกดีแตกหักยาก และราคาถูก ซึ่งจะหาซื้อง่ายตามท้องตลาด

ส่วนชุดกลไกควบคุมการบินในการเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เดินหน้าและถอยหลัง ได้ใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการควบคุม

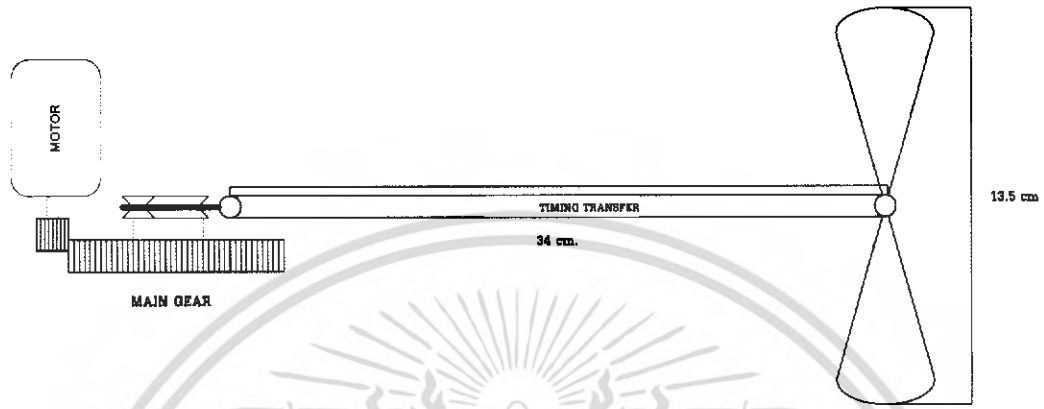
3.5.2 การทำงาน

การทำงานของชุดขับเคลื่อนหลักนั้น เมื่อวงจรภาครับสัญญาณได้รับสัญญาณที่ความถี่ 72 MHz จากภาคส่งสัญญาณควบคุมแล้ว ภาครับสัญญาณจะส่งสัญญาณไปขับกระแสให้มอเตอร์หลักทำงานทันทีโดยจะมีปุ่มเร่งความเร็วของมอเตอร์หลักตรงรีโมทที่สามารถเพิ่มความเร็วและลดความเร็วได้ด้วย

โดยที่มอเตอร์หลักจะต่ออยู่เฟืองขับที่มีขนาด 10 ฟัน ซึ่งขับอยู่กับเฟืองทดรอบหลัก ที่เป็นตัวขับใบพัดหลักโดยตรงที่มีขนาด 120 ฟันเพื่อให้รอบการทำงานของมอเตอร์นั้นเบาการรับภาระลงเนื่องจากอัตราทดสูงมากจึงทำให้เบาแรงของมอเตอร์แล้ว ยังเป็นการประหยัดแบตเตอรี่ในตัวเองอีกด้วย ผ่านจากเฟืองทกรอบแล้วนั้นจะมีเพลาต่อไปยังชุดบังคับเลี้ยวก่อนที่จะผ่านไปยังใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ชุดขับเคลื่อนส่วนท้าย



รูปที่ 3.3 ชุดขับเคลื่อนส่วนท้าย

3.6.1 การออกแบบ

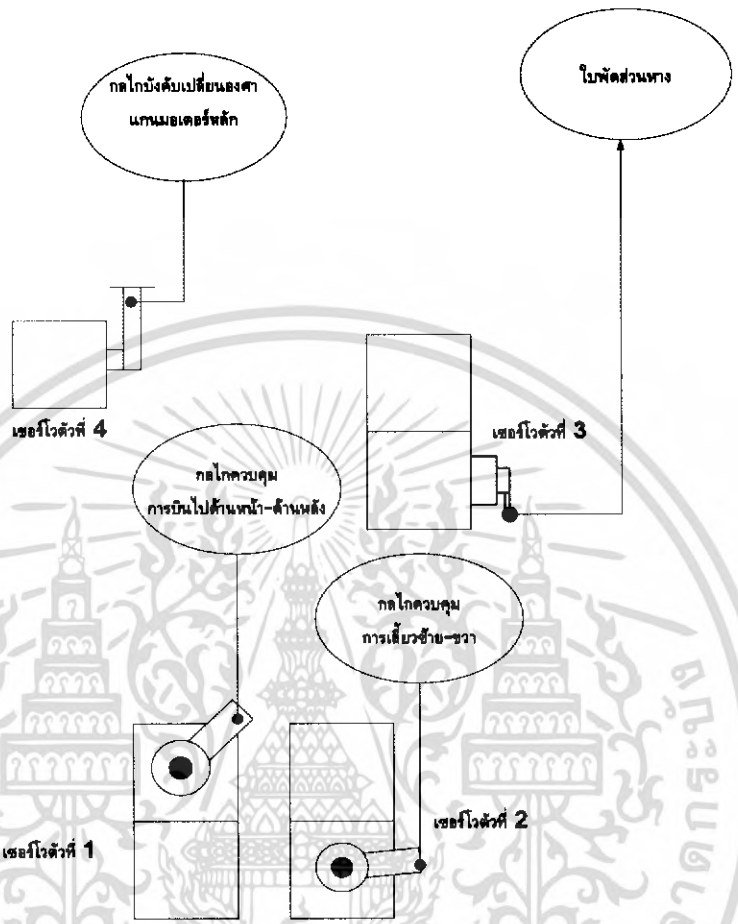
การออกแบบชุดขับเคลื่อนส่วนท้ายนั้น ใช้ตัวต้นกำลังเดียวกันกับมอเตอร์หลัก คือเฟืองบนมีปลายของมอเตอร์หลักซึ่งมีคุณสมบัติคือ มีจานขับสายพานอยู่ด้านบนที่ยึดติดกับเฟืองหลักอยู่แล้วที่จะแบ่งกำลังไปขับเคลื่อนใบพัดส่วนท้ายโดยจะมีสายพานที่จะเป็นตัวส่งกำลังโดยตรงจนทำให้น้ำหนักเบาและลดเสียงลงได้ ส่วนสานพานจะถูกร้อยเข้าไปในท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1.4 เซนติเมตรและจะมีที่รัดสายพานให้ตึงอยู่เสมอของเพราะสายพานใช้ไปนานๆอาจหย่อนได้ โดยสายพานนี้จะขับใบพัดท้ายได้โดยตรงซึ่งตรงปลายท่อจะมีส่วนควบคุมองศาใบพัดก่อนที่จะขับใบพัดโดยที่ชุดควบคุมนี้จะควบคุมโดยเซอร์โวมอเตอร์ ดังจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

3.6.2 การทำงาน

การทำงานของชุดขับเคลื่อนส่วนท้าย จะได้รับพลังงานการขับเคลื่อนมาจากมอเตอร์กำลังชุดเดียวกันกับ ชุดขับเคลื่อนหลัก โดยจะมีเฟืองทดรอบหลักซึ่งมีจานสายพานด้านบนเฟืองโดยจะมีสายพานที่รัดอยู่บนจานสายพานเพื่อส่งกำลังมายังชุดการเปลี่ยนมุมใบพัดก่อนโดยใน (ชุดส่วนนี้จะถูกควบคุมโดยเซอร์โวมอเตอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ชุดควบคุมทิศทางการบิน



รูปที่ 3.4 การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

3.7.1 การออกแบบ

ชุดควบคุมทิศทางการบิน ออกแบบโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ ในการควบคุมการทำงานโดยมีทั้งหมด 4 ตัวด้วยกัน โดยที่ปลายของเซอร์โวมอเตอร์จะมีแขนที่ทำจากพลาสติกที่เจาะรูไว้สำหรับยึดกับโลหะเส้นที่ใช้ส่งผ่านกำลังในการโยกซ้ายและโยกขวาและปรับระดับการดึงของเซอร์โวมอเตอร์และยังช่วยผ่อนแรงของตัวเซอร์โวมอเตอร์เองได้อีกด้วยตามกฎของคานและใช้โลหะเส้นที่มีขนาดความหนา ขนาด 1 มิลลิเมตรเพื่อการเกิดผลที่น้ำหนักที่เบาและเคลือบสารหล่อลื่นเพื่อช่วยในการเคลื่อนไหวที่สะดวกและคล่องแคล้วและที่สำคัญน้ำหนักเบามากจนทำให้เฮลิคอปเตอร์นั้นลอยตัวได้ง่าย โดยไม่ทำให้หนักจนเกินไป ดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 การทำงาน

การทำงานของชุดควบคุมทิศทางการบินจะมีเซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวควบคุมในตัวที่ 1 จะเป็นการควบคุมทิศทางในการเดินหน้าและถอยหลัง โดยการดึงและผลักซึ่งจะทำให้ใบพัดปรับองศาขึ้น ในการบินไปด้านหน้าใบพัดจะอยู่ในลักษณะเฉียงไปด้านหน้า และในการบินไปข้างหลังใบพัดจะเฉียงไปด้านหลัง

เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 จะควบคุมในทิศทางการบินเลี้ยวซ้ายเลี้ยวขวาโดยเซอร์โวมอเตอร์จะดึงและผลักกันเช่นกัน ในการเลี้ยวซ้ายใบพัดจะเฉียงไปทางซ้าย และเลี้ยวขวาใบพัดจะเฉียงไปทางขวาโดยจะผ่านกลไกที่มีแขนส่งกำลังเอาไว้

เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 จะควบคุมรักษาสมดุลของเฮลิคอปเตอร์เพื่อเปลี่ยนองศาการกินลมของใบพัดที่หางของเฮลิคอปเตอร์เพื่อให้เกิดแรงต้านกับใบพัดหลักที่กระทำกับตัวเฮลิคอปเตอร์เองเพื่อไม่ให้ลำตัวของเฮลิคอปเตอร์หมุนนั้นเองเวลาบินขึ้นไปบนอากาศ เพื่อการบังคับและควบคุมได้ง่ายขึ้น

เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 4 จะควบคุมการทำงานโดยจะต่ออยู่กับเซนเซอร์การเคลื่อนไหวที่ส่งสัญญาณให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงานเพื่อเปลี่ยนองศาของใบพัดอัตโนมัติ ซึ่งจะทำการหน้าที่รักษาระดับไม่ให้ลำตัวของเฮลิคอปเตอร์ส่ายเวลาออกบิน เนื่องจากกระแสลมภายนอกที่ทำการบินแปรปรวน

3.8 ชุดกล้องไร้สาย

รูปที่ 3.5 กล้องส่งสัญญาณภาพไร้สาย

3.8.1 การออกแบบ

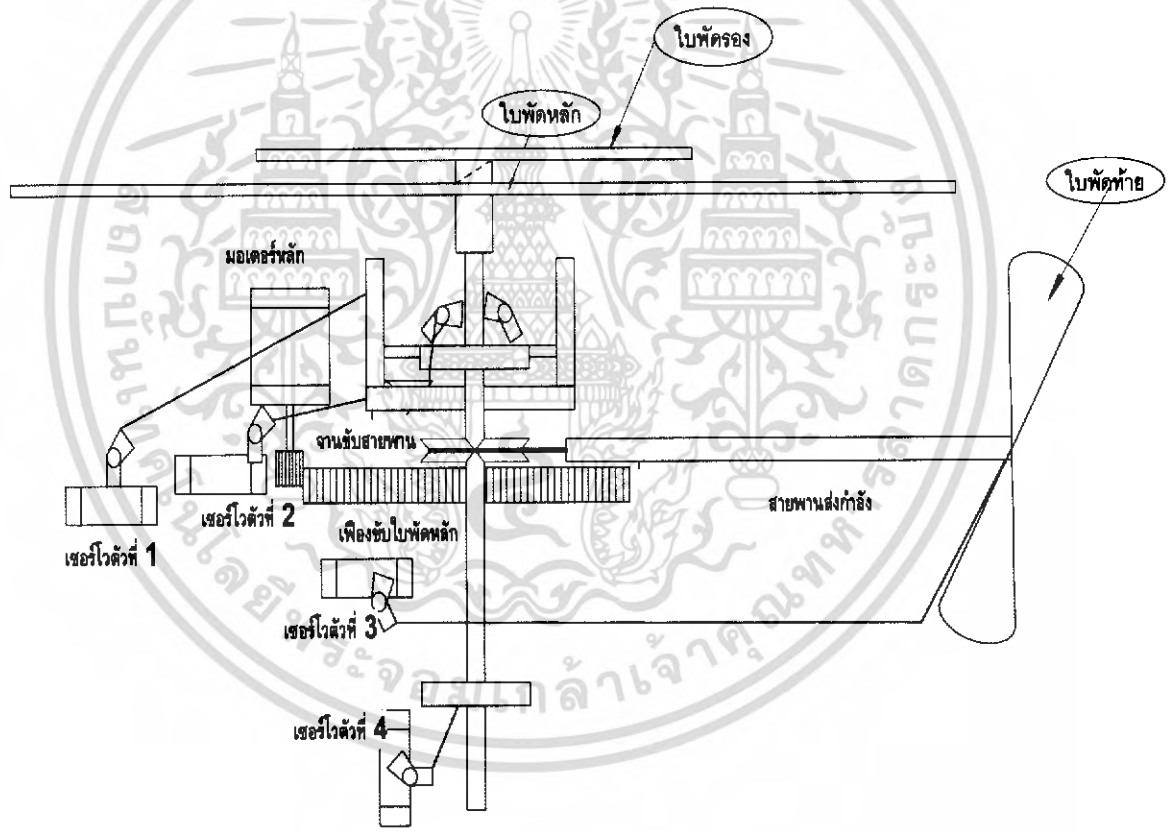
ชุดกล้องส่งไร้สาย จะอาศัยหลักการส่งสัญญาณโดยผ่านการมอดูเลตสัญญาณภาพส่งมาตามคลื่นวิทยุมายังตัวรับ โดยวงจรจะเป็นชุดอุปกรณ์อีเล็กรอนิกส์สำเร็จรูป ในโครงงานจะเป็นการออกแบบฐานที่ยึดติดกับลำกล้องและการวางมุมของกล้องเพื่อให้มีทัศนะวิสัยดีที่สุดและตัวที่เป็นเลนส์ใสครอบกล้องเพื่อป้องกันการตกแตก และละอองน้ำที่จะมาโดนตัววงจรภายในของตัวกล้องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.2 การทำงาน

การทำงานของตัวกล้องจะทำงานโดยทันทีเมื่อมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 9 V ต่อเข้ากับตัวกล้องในตัวกล้องเองจะมีเลนส์และวงจรมอดูเลตสัญญาณภาพมีกำลังส่งขนาด 50 mW ออกมาในรูปแบบคลื่นวิทยุFM ที่มีค่าความถี่ที่ย่าน 950 MHz ถึง 1200 MHz ซึ่งต่างกับความถี่ที่ควบคุมของตัวเฮลิคอปเตอร์ที่มีในย่าน 72 MHz อย่างสิ้นเชิงส่วนตัวรับจะอยู่ภาคพื้นดินจึงไม่มีปัญหาใดๆตามมา จึงทำให้การส่งสัญญาณภาพนั้นออกมาได้ดีมีประสิทธิภาพ

3.9 โครงสร้างโดยรวมของเฮลิคอปเตอร์ไร้สาย



รูปที่ 3.6 โครงสร้างโดยรวมของเฮลิคอปเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ในบทนี้ จะกล่าวถึงผลการทดลองต่างๆ เช่น การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ การบินขึ้นลงแต่ละครั้ง การใช้กล้องในการบิน

4.2 การทดลองการทำงานของมอเตอร์

4.2.1 การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

4.2.1.1 จุดประสงค์

1. เพื่อหาระยะเวลาที่เซอร์โวมอเตอร์ตอบสนองการทำงาน
2. เพื่อหาแรงดึงสูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์

4.2.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการเตรียมแหล่งจ่าย และสวิตช์ และเซอร์โวมอเตอร์
2. นำตุ้มน้ำหนักขนาดต่างๆกันมาต่อที่ปลายเซอร์โวมอเตอร์
3. ต่อวงจรแหล่งจ่ายผ่านสวิตช์เข้ากับเซอร์โวมอเตอร์
4. เปิดสวิตช์พร้อมกับจับเวลาการทำงานพร้อมสังเกตการณ์ดึงของเซอร์โวมอเตอร์
5. ปิดสวิตช์พร้อมกับหยุดเวลา แล้วบันทึกค่าเวลา ที่เซอร์โวมอเตอร์ดึงได้ลงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดสอบเวลาการทำงานและแรงดึงสูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์

การทดลองครั้งที่	น้ำหนักที่ดึงได้ (กรัม)	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	10	1
2	20	1.5
3	30	2
4	40	2.5
5	50	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าเซอร์โวมอเตอร์จะทำงานได้ค่าเวลาที่เปลี่ยนไปตามตุ้มน้ำหนักที่มีน้ำหนักต่างกันไปต่างกันออกไป แต่อย่างไรก็ตามเซอรโวมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้มีประสิทธิภาพดีพอที่จะควบคุมการขึ้นบินและลงจอดได้อย่างปลอดภัยได้ดีทีเดียว

4.2.2 การทำงานของมอเตอร์หลัก

4.2.2.1 จุดประสงค์

1. เพื่อหาแรงลมสูงสุดของมอเตอร์หลัก

4.2.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการเตรียมแหล่งจ่าย และสวิตช์ และมอเตอร์หลักพร้อมใบพัด
2. นำใบพัดขนาดเท่ากันมาต่อที่ปลายมอเตอร์หลัก
3. ต่อวงจรแหล่งจ่ายผ่านสวิตช์เข้ากับมอเตอร์หลัก
4. เปิดสวิตช์พร้อมกับจับเวลาการทำงานพร้อมสังเกตการณ์แรงลมของมอเตอร์หลัก
5. ปิดสวิตช์พร้อม
6. บันทึกค่าที่มอเตอร์หลักสร้างแรงลมได้ลงในตาราง

ตารางที่ 4.2 การทดสอบเวลาการทำงานและแรงลมสูงสุดของมอเตอร์หลัก

การทดลองครั้งที่	แรงลมที่สร้างได้
1	แรงมาก
2	แรง
3	ปานกลาง

4.2.2.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง ตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าแรงลมที่ทำได้นั้นจะเริ่มลดลงเรื่อยๆ เพราะว่ากำลังของแบตเตอรี่ เริ่มอ่อนนั้นเองแต่ อย่างไรกำลังลมที่ได้เป็นผลเป็นที่น่าพอใจ เพราะแรงลมขนาดนี้สามารถพยุงน้ำหนักของเฮลิคอปเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบประสิทธิภาพของกล้อง

4.3.1 การทดสอบความคมชัดของกล้องบนพื้นดิน

4.3.1.1 จุดประสงค์

1. เพื่อหาประสิทธิภาพความคมชัดของภาพตอนอยู่ที่พื้นดิน

4.3.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการเตรียมแหล่งจ่าย กล้อง จอภาพรับสัญญาณ
2. เตรียมห้องที่มีแสงปกติและห้องที่มีแสงน้อยๆ ที่โล่งแจ้ง
3. ทำการต่อวงจรกล้องพร้อมกับสลับห้องเพื่อเปรียบเทียบความคมชัด
4. บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 การทดสอบประสิทธิภาพของกล้องบนพื้นดิน

การทดลองครั้งที่	ห้องแสงสว่างปกติ	ห้องแสงสว่างน้อย	ที่โล่งแจ้ง
1	ชัดเจน	ไม่ค่อยชัดเจน	ชัดเจนมาก
2	ชัดเจน	ไม่ค่อยชัดเจน	ชัดเจน
3	ปกติ	ไม่ชัดเจน	ชัดเจน

4.3.1.3 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง ตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า กล้องที่นำมาใช้ร่วมกับโครงงานมีประสิทธิภาพที่ดีพอสมควรแต่ในห้องที่มีแสงสว่างน้อยมากๆจะทำให้ภาพที่ได้ออกมานั้นมัวๆ ในที่มีแสงปกติ และที่โล่งแจ้งนั้นไม่มีปัญหาใดๆ สามารถทำงานได้ดีในภาคพื้นดิน

4.3.2 การทดสอบความคมชัดของกล้องบนพื้นอากาศเมื่อประกอบเข้ากับเฮลิคอปเตอร์ไร้สาย

4.3.2.1 จุดประสงค์

1. เพื่อหาประสิทธิภาพของตัวกล้องตอนประกอบเข้ากับเฮลิคอปเตอร์ไร้สาย
2. เพื่อหาองศาที่ทำมุมของตัวกล้องกับภาคพื้นตอนที่กล้องอยู่บนอากาศ

4.3.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมเฮลิคอปเตอร์ให้พร้อมและตัวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ประกอบกล้องเข้ากับตัวเฮลิคอปเตอร์

3. ตรวจสอบแบตเตอรี่ของตัวต้นกำลังและรีโมทคอนโทรลเลอร์

4. เปิดสวิตช์การทำงาน นำเฮลิคอปเตอร์ออกบิน

5. สังเกตการณ์ทำงานของกล้องเมื่ออยู่บนที่สูงและสังเกตการณ์ทำมุมของตัวกล้อง

6. นำเฮลิคอปเตอร์ลงจอด

7. บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของกล้องเมื่ออยู่บนพื้นอากาศ

การทดลองครั้งที่	องศาที่ทำมุมกับพื้นดิน	ระดับความชัดเจน
1	45°	ดีมาก
2	65°	ดี
3	85°	ไม่ดี

4.3.2.3. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง ตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า การทำมุมที่ 45 องศา นั้นจะได้ภาพที่ดูในส่วนของพื้นดินได้ดีและทั่วถึงกว่า แบบองศาอื่นๆ ระดับความชัดเจนถือว่าใช้ได้เมื่อเทียบกับความคุ้มค่าของราคาแต่จะมีบางช่วงที่ภาพสั่นๆ เนื่องจากการหมุนของมอเตอร์สร้างความถี่ขึ้นมาก่อกวนแต่ก็ยังมีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้

4.4 การทดลองการบินขึ้น-ลงในแต่ละครั้ง

4.4.1 การบินขึ้นลงแบบเป็นจังหวะ

4.4.1.1 จุดประสงค์

1. เพื่อหาระยะทางในการเคลื่อนที่ของตัวเฮลิคอปเตอร์ที่ปลอดภัย

2. เพื่อทดสอบการทำงานของชุดควบคุมและขับเคลื่อน

4.4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำเฮลิคอปเตอร์ออกมาวางไว้ในที่โล่งแจ้ง

2. ทำการตรวจสอบเฮลิคอปเตอร์และรีโมทคอนโทรลว่ามีแบตเตอรี่เพียงพอหรือไม่

3. วัดระยะการทดลองเป็นระยะทาง 50 เมตร

4. เปิดสวิตช์กดปุ่มเริ่มทำงานแล้วเริ่มทำการจับเวลาและหยุดเมื่อเฮลิคอปเตอร์ถึงจุดที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 การทดลองการบินขึ้น-ลงในแต่ละครั้งแบบเป็นจังหวะ

การทดลองครั้งที่	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	4
2	5
3	6
4	7
5	8

4.4.1.3 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง ตารางที่ 4.5 จะสามารถสังเกตได้ว่าระยะทางที่เฮลิคอปเตอร์เลื่อนที่ไปนั้นเป็นระยะทางช่วงล่ะประมาณ 50 เมตร จะเกิดการขับเคลื่อนของตัวมอเตอร์ที่เป็นต้นกำลังช้าลงจนกระทั่งเร่งไม่ขึ้นนั้นมากจากแบตเตอรี่ลดลง จนทำให้เวลาบินในครั้งหลังๆจะนานเป็นพิเศษ ประสิทธิภาพโดยรวมๆของมอเตอร์ต้นกำลังตัวนี้ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

4.4.2 การบินแบบต่อเนื่อง

4.2.1.1 จุดประสงค์

1. เพื่อทดสอบหาระยะทางที่เดินทางได้ไกลที่สุด
2. เพื่อทดสอบการทำงานของชุดขับเคลื่อนและชุดส่งสัญญาณและรับสัญญาณ

4.2.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำเฮลิคอปเตอร์ออกมาวางไว้ในที่โล่งแจ้ง
2. ทำการตรวจสอบเฮลิคอปเตอร์และรีโมทคอนโทรลว่ามีแบตเตอรี่เพียงพอหรือไม่
3. ไม่กำหนดระยะทางที่ตายตัวแต่จะวัดที่จุดลงจอดที่ไกลที่สุด
4. เปิดสวิตช์ควบคุมเริ่มการทำงาน
5. เริ่มทำการจับเวลาและหยุดเมื่อเฮลิคอปเตอร์ถึงจุดที่คิดว่าไกลสุดพร้อมสังเกตข้อแตกต่าง
6. บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การทดสอบการขับเคลื่อนแบบต่อเนื่อง

การทดลองครั้งที่	ระยะทาง(เมตร)
1	80
2	75
3	63
4	60
5	58

4.2.1.3 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.6 จะสามารถสังเกตได้ว่าระยะทางที่บินได้ไกลที่สุดนั้นบินได้อย่างปลอดภัยได้ระยะทาง 80 เมตร แล้วสังเกตระยะทางที่ลดลงตามจำนวนครั้งที่ทดสอบ เพราะพลังงานในแบตเตอร์รี่เริ่มลดลงและไม่เพียงพอต่อแบตเตอร์รี่ของรีโมทและแบตเตอรี่ของตัวเฮลิคอปเตอร์เอง สิ่งที่สำคัญต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของตัวชิ้นงานเอง เพราะถ้าปล่อยให้ไกลเกินไป จะทำให้เฮลิคอปเตอร์ไร้สายตกลงเพราะสัญญาณส่งไม่เพียงพอหรือด้วยเหตุอื่นๆ ก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. รูปแบบการทำงานของโครงงานนี้ ยังมีการทำงานที่ยังไม่ละเอียดเพียงพอในโครงสร้างเพราะยังซับซ้อนพอสมควรจนต้องจำกัดอายุผู้เล่น
2. อุปกรณ์ที่นำมาประยุกต์ในโครงงานนี้มีเพียงกล้องเท่านั้นในอนาคตอาจจะมีการติดตั้งบอกพิกัดและอุปกรณ์อื่นๆ
3. ในอนาคตจะสามารถบินได้ไกลและเร็วขึ้นโดยการเพิ่มขนาดมอเตอร์และรีโมทกำลังส่งสูง
4. สามารถดัดแปลงให้มีความสวยงามโดยอุปกรณ์แต่ที่มีขายตามท้องตลาด
5. สามารถพัฒนาให้มีระบบตัดสัญญาณรบกวนจากภายนอกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ เป็นเครื่องที่สามารถใช้งานได้ง่ายไม่ยุ่งยากและสามารถทำงานได้ดี จึงเหมาะสมสำหรับนักศึกษาหรือเด็กอายุ 15 ปี ขึ้นไปและผู้ที่คิดจะศึกษาหรือลองเล่น ซึ่งจะทำให้พัฒนาทักษะการเล่นเฮลิคอปเตอร์ได้ดียิ่งขึ้นพร้อมทั้งอาจมีการนำมาประยุกต์ใช้งานเพิ่มเติมได้ เช่นการติดกล้องวีดิโอ เพื่อช่วยในการเพิ่มทักษะอีกด้วย แล้วยังใช้ในการสำรวจด้วย แต่จะต้องคำนึงถึงขนาดของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุว่าจะมีการแบกรับน้ำหนักในการบรรทุกหรือไม่เพราะอาจจะทำให้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุเกิดการเสียหายได้ จึงควรที่จะศึกษาคู่มือให้ละเอียดก่อนด้วย

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปปัญหาได้ดังนี้

1. สัญญาณควบคุมที่ส่งออกมาไม่แรงพอที่จะบังคับในระยะทางที่ไกลๆ
   วิธีการแก้ไขปัญหา ทดลองเปลี่ยนเสาส่งสัญญาณที่ตัวรีโมทให้มีความสูงขึ้น
2. น้ำหนักรวมของตัวเฮลิคอปเตอร์ค่อนข้างเบาเวลาโดนลมที่กรรโชกแรงทำให้ล่ายได้
   วิธีการแก้ไขปัญหา เพิ่มน้ำหนักโดยใช้ตะกั่วถ่วง เพื่อเพิ่มน้ำหนัก
3. ระยะเวลาในการบินค่อนข้างจำกัด
   วิธีการแก้ไขปัญหา ใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดความจุมากขึ้นกว่าเดิม
4. มอเตอร์ขับเคลื่อนหมุนรอบน้อยเกินไปทำให้แบกน้ำหนักไม่ได้มาก
   วิธีการแก้ไขปัญหา พันมอเตอร์ใหม่เพื่อเพิ่มรอบการทำงานให้สูงขึ้น และแบกกน้ำหนักได้มากขึ้น
5. ใบพัดหลักของมอเตอร์สร้างแรงลมไม่เพียงพอต่อการบิน
   วิธีการแก้ไขปัญหา เปลี่ยนขนาดใบพัดให้ใหญ่และยาวขึ้น
6. เริ่มแรกในการหัดบินอาจทำให้ตัวเครื่องเสียหายได้
   วิธีการแก้ไขปัญหา ใช้อุปกรณ์ลดแรงกระแทกเพื่อให้ใบพัดไม่ได้รับความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

มงคล ทองสงคราม. 2538. **เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง.** กรุงเทพฯ : รามาการพิมพ์.

ธวัชชัย อัตถวิบูลย์กุล. 2544. **เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง.** กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ.

กิตติพงษ์ แซ่ตั้ง. 2547. **การสื่อสารไร้สายยุค 3 G.** สมุทรปราการ : วุฒิการพิมพ์.

ประวิทย์ พงษ์อนันต์. 2539. **AIRCRAFTS and HELICOPTERS.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ไทยเทคนิคโกลเบอร์เซอร์วิส จำกัด.

วัชรินทร์ เคารพ. 2546 **"คู่มือการใช้งาน SERVO MOTOR".** กรุงเทพฯ : บริษัท อีทีที จำกัด.

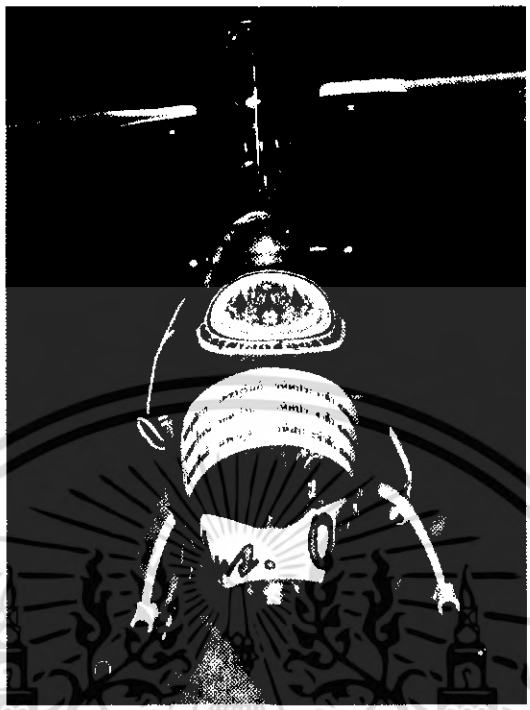
ภัทร สุทธิเชษฐ์, สองเมือง นันทขว้าง. 2545. ระบบควบคุมเฮลิคอปเตอร์จำลองชนิดอิสระ 2 มิติ. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เฉลิมชาติ ชลไพรพิมลรัตน์, อำนาจ อัจฉริยสีทอง. 2543. เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุสำหรับฉีดพ่นสารเคมี. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

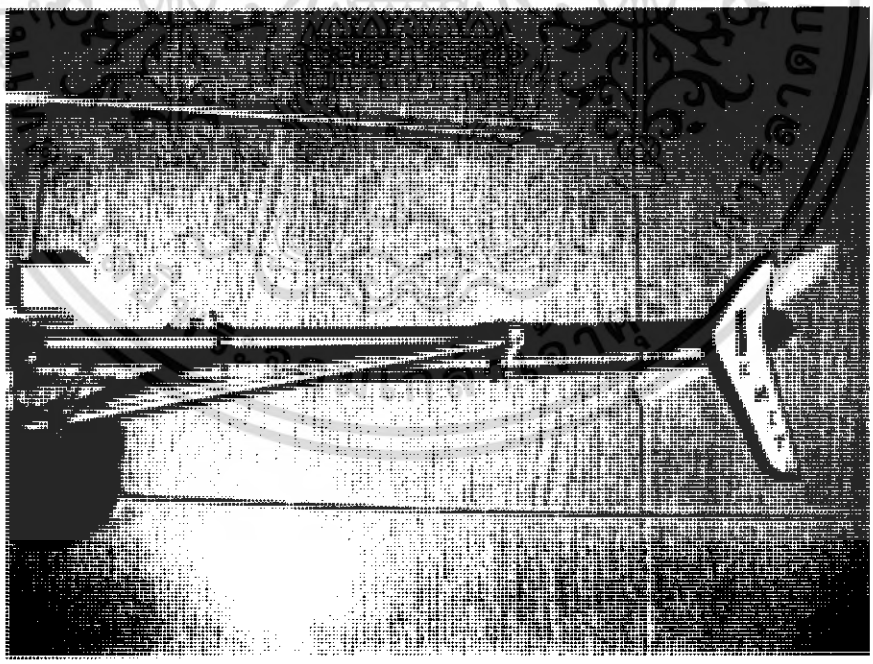
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

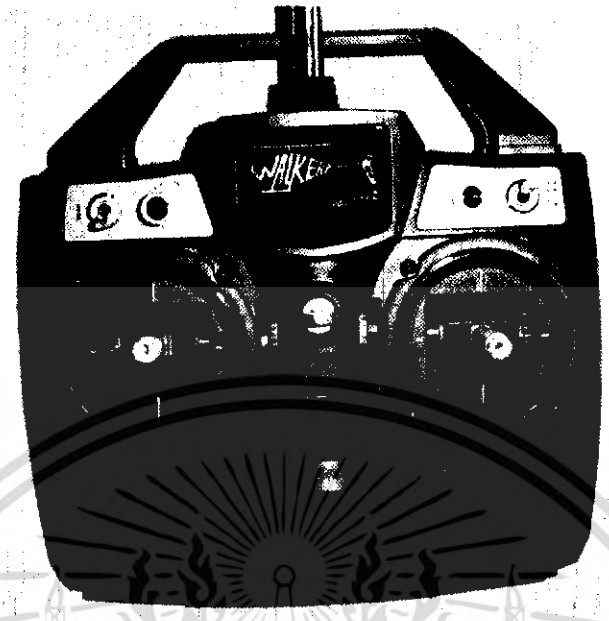


รูปที่ ก.1 ส่วนหน้าตรงของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย

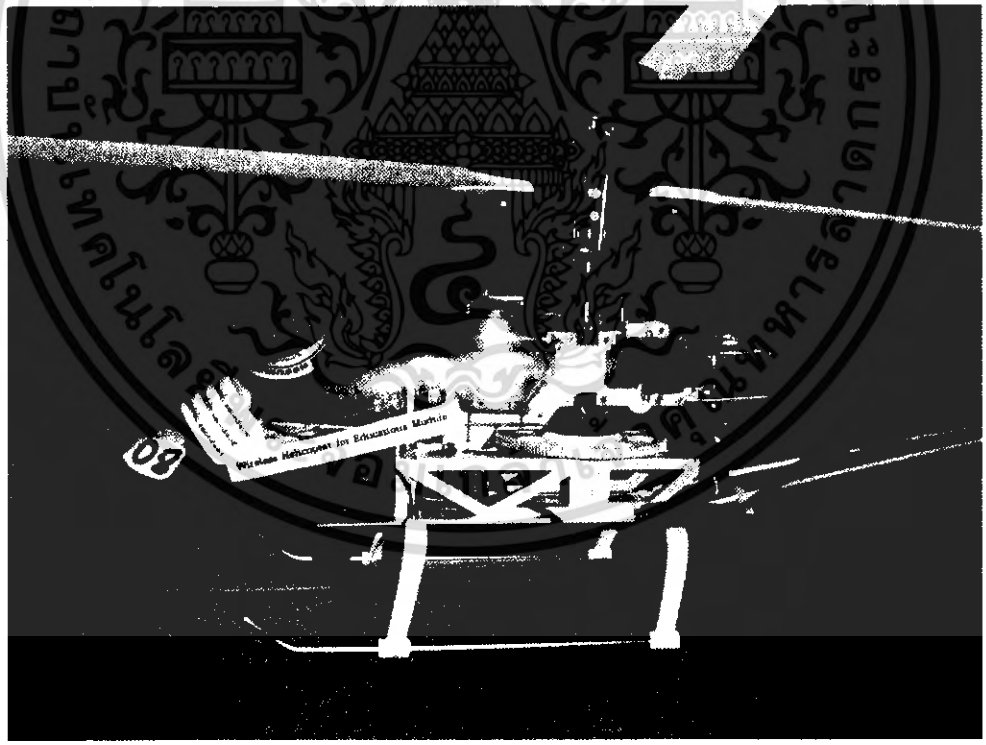


รูปที่ ก.2 ส่วนท้ายของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

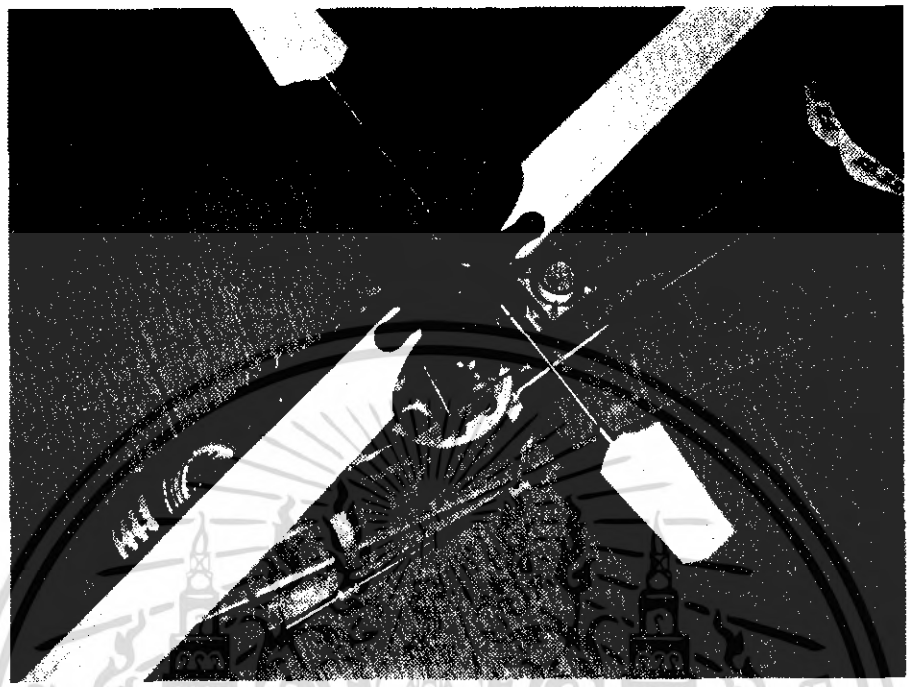


รูปที่ ก.3 แผงปุ่มบังคับของรีโมทคอนโทรลเลอร์

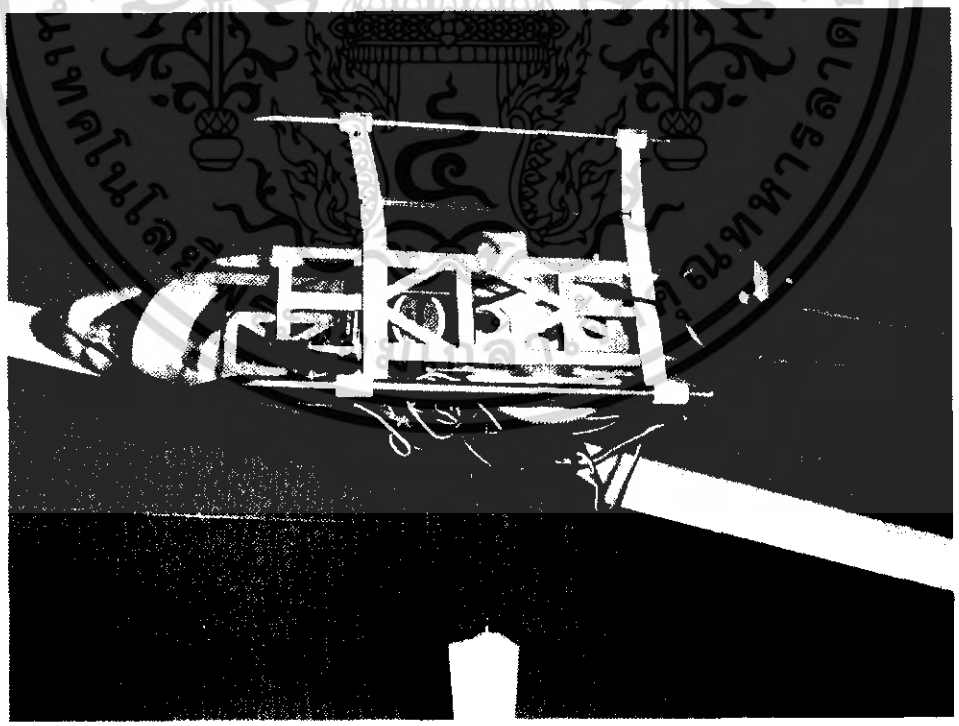


รูปที่ ก.4 ด้านข้างของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

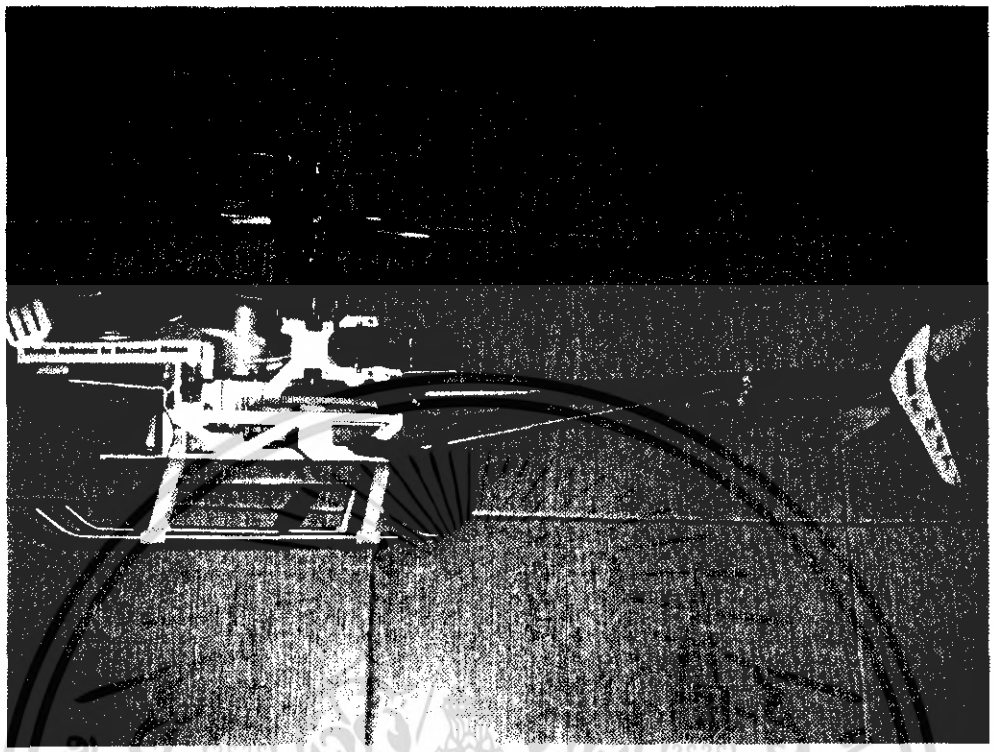


รูปที่ ก.5 ด้านบนของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย



รูปที่ ก.6 ด้านล่างของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 รูปของเฮลิคอปเตอร์บังคับไร้สายทั้งเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรรีโมทคอนโทรลเลอร์ (ตัวส่งสัญญาณ)

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	CD4051BE	1 ตัว
IC2	2105	1 ตัว
IC3	78L05	1 ตัว
IC4	C2314	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	220µF 16V	1 ตัว
C2	110µF 16V	1 ตัว
C3	4.7 µF 16V	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
DIP1	ชนิด 10 ช่อง	1 ตัว

ตารางที่ ข.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรตัวควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (ตัวรับสัญญาณ)

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	MC 3361BP	1 ตัว
IC2	ATTINY26L	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	CDBM C28	1 ตัว
FET1	CEB8030L	1 ตัว
	78T05A	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 รายการอุปกรณ์ของชุดขับเคลื่อนเฮลิคอปเตอร์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์อื่นๆ		
M1	DC Motor	1 ตัว
M2-M5	Servo Motor	4 ตัว
G1	Gyro Sensor	1 ตัว
B1	Battery 12V 650mA	1 ตัว
L1	สายพาน	1 เส้น
CA1	ชุดกล้องวีดีโอไร้สาย	1 ชุด
Sp1	ชุดเร่งความเร็วมอเตอร์	1 ชุด
B2	Battery 1.5V	8 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
รายการละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Datasheet IC เบอร์ ATtiny26L

Features

- High-performance, Low-power *AVR*® 8-bit Microcontroller
- RISC Architecture
  - 118 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
- Data and Non-volatile Program Memory
  - 2K Bytes of In-System Programmable Program Memory Flash
    Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
  - 128 Bytes of In-System Programmable EEPROM
    Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 128 Bytes Internal SRAM
  - Programming Lock for Flash Program and EEPROM Data Security
- Peripheral Features
  - 8-bit Timer/Counter with Separate Prescaler
  - 8-bit High-speed Timer with Separate Prescaler
    2 High Frequency PWM Outputs with Separate Output Compare Registers
    Non-overlapping Inverted PWM Output Pins
  - Universal Serial Interface with Start Condition Detector
  - 10-bit ADC
    11 Single Ended Channels
    8 Differential ADC Channels
    7 Differential ADC Channel Pairs with Programmable Gain (1x, 20x)
  - On-chip Analog Comparator
  - External Interrupt
  - Pin Change Interrupt on 11 Pins
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
- Special Microcontroller Features
  - Low Power Idle, Noise Reduction, and Power-down Modes
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - External and Internal Interrupt Sources
  - In-System Programmable via SPI Port
  - Internal Calibrated RC Oscillator
- I/O and Packages
  - 20-lead PDIP/SOIC: 16 Programmable I/O Lines
  - 32-lead MLF: 16 programmable I/O Lines
- Operating Voltages
  - 2.7V - 5.5V for ATtiny26L
  - 4.5V - 5.5V for ATtiny26
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz for ATtiny26L
  - 0 - 16 MHz for ATtiny26
- Power Consumption at 1 MHz, 3V and 25°C for ATtiny26L
  - Active 16 MHz, 5V and 25°C: Typ 16 mA
  - Active 1 MHz, 3V and 25°C: 0.70 mA
  - Idle Mode 1 MHz, 3V and 25°C: 0.18 mA
  - Power-down Mode: < 1 µA

8-bit *AVR*® Microcontroller with 2K Bytes Flash

ATtiny26
ATtiny26L

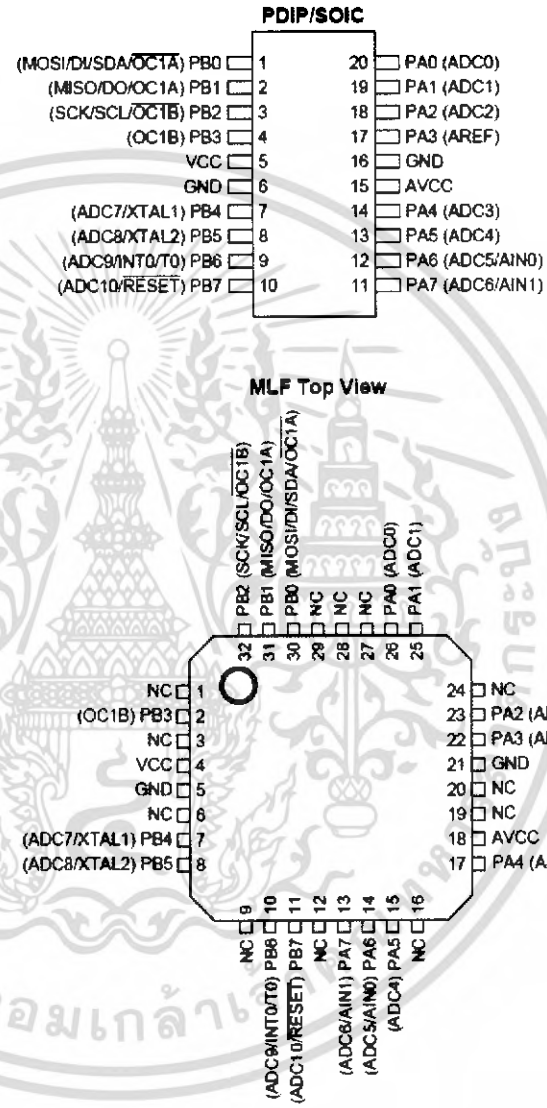
Summary

Rev. 1477ES–AVR–12/03

Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at www.atmel.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configuration



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Description

The ATtiny26(L) is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the *AVR* enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATtiny26(L) achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers. The ATtiny26(L) has a high precision ADC with up to 11 single ended channels and 8 differential channels. Seven differential channels have an optional gain of 20x. Four out of the seven differential channels, which have the optional gain, can be used at the same time. The ATtiny26(L) also has a high frequency 8-bit PWM module with two independent outputs. Two of the PWM outputs have inverted non-overlapping output pins ideal for synchronous rectification. The Universal Serial Interface of the ATtiny26(L) allows efficient software implementation of TWI (Two-wire Serial Interface) or SM-bus interface. These features allow for highly integrated battery charger and lighting ballast applications, low-end thermostats, and firedetectors, among other applications.

The ATtiny26(L) provides 2K bytes of Flash, 128 bytes EEPROM, 128 bytes SRAM, up to 16 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, two 8-bit Timer/Counters, one with PWM outputs, internal and external Oscillators, internal and external interrupts, programmable Watchdog Timer, 11-channel, 10-bit Analog to Digital Converter with two differential voltage input gain stages, and four software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the Timer/Counters and interrupt system to continue functioning. The ATtiny26(L) also has a dedicated ADC Noise Reduction mode for reducing the noise in ADC conversion. In this sleep mode, only the ADC is functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the oscillators, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset. The Standby mode is the same as the Power-down mode, but external oscillators are enabled. The wakeup or interrupt on pin change features enable the ATtiny26(L) to be highly responsive to external events, still featuring the lowest power consumption while in the Power-down mode.

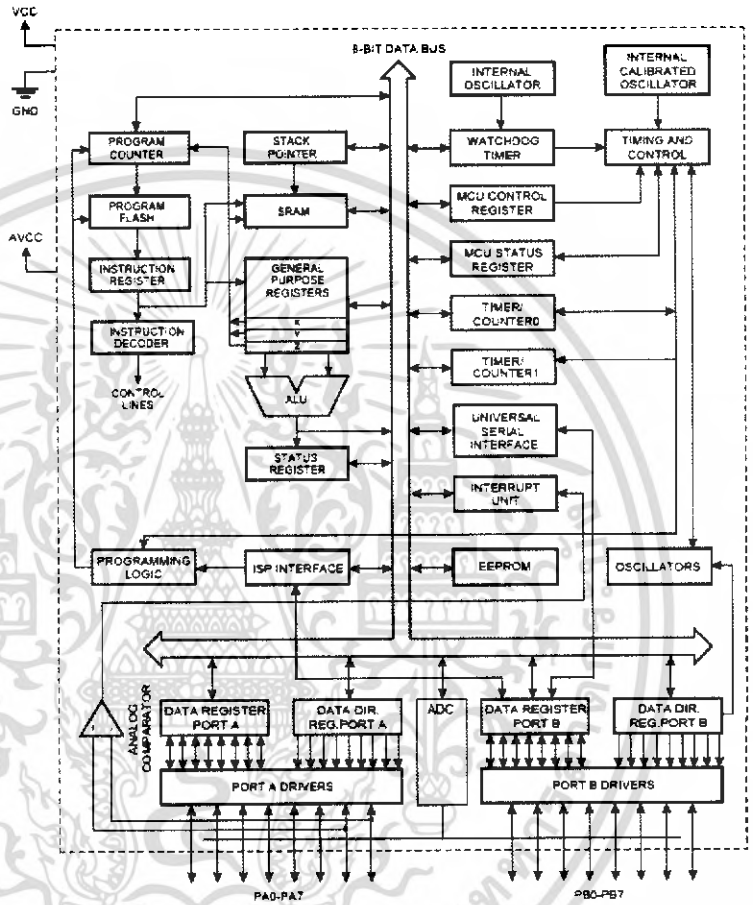
The device is manufactured using Atmel's high density non-volatile memory technology. By combining an enhanced RISC 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the ATtiny26(L) is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATtiny26(L) AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: Macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram

Figure 1. The ATtiny26(L) Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Descriptions

VCC Digital supply voltage pin.

GND Digital ground pin.

AVCC AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter (ADC). It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. See page 77 for details on operating of the ADC.

Port A (PA7..PA0) Port A is an 8-bit general purpose I/O port. PA7..PA0 are all I/O pins that can provide internal pull-ups (selected for each bit). Port A has alternate functions as analog inputs for the ADC and analog comparator and pin change interrupt as described in "Alternate Port Functions" on page 95.

Port B (PB7..PB0) Port B is an 8-bit general purpose I/O port. PB6..0 are all I/O pins that can provide internal pull-ups (selected for each bit). PB7 is an I/O pin if not used as the reset. To use pin PB7 as an I/O pin, instead of RESET pin, program ("0") RSTDISBL Fuse. Port B has alternate functions for the ADC, clocking, timer counters, USI, SPI programming, and pin change interrupt as described in "Alternate Port Functions" on page 95.

An External Reset is generated by a low level on the PB7/RESET pin. Reset pulses longer than 50 ns will generate a reset, even if the clock is not running. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

XTAL1 Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2 Output from the inverting oscillator amplifier.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
$3F ($5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	18
$3E ($5E)	Reserved									
$3D ($5D)	SP	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	19
$3C ($5C)	Reserved									
$3B ($5B)	GIMSK	-	INT0	PCIE1	PCIE0	-	-	-	-	34
$3A ($5A)	GIFR	-	INTF0	PCIF	-	-	-	-	-	35
$39 ($59)	TIMSK	-	OCIE1A	OCIE1B	-	-	TOIE1	TOIE0	-	36
$38 ($58)	TIFR	-	OCF1A	OCF1B	-	-	TOV1	TOV0	-	37
$37 ($57)	Reserved									
$36 ($56)	Reserved									
$35 ($55)	MCUCR	-	PUD	SE	SM1	SM0	-	ISC01	ISC00	39
$34 ($54)	MCUSR	-	-	-	-	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	33
$33 ($53)	TCCR0	-	-	-	-	PSR0	CS02	CS01	CS00	46
$32 ($52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8-Bit)								47
$31 ($51)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								31
$30 ($50)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	PWM1A	PWM1B	50
$2F ($4F)	TCCR1B	CTC1	PSR1	-	-	CS13	CS12	CS11	CS10	51
$2E ($4E)	TCNT1	Timer/Counter1 (8-Bit)								52
$2D ($4D)	OCR1A	Timer/Counter1 Output Compare Register A (8-Bit)								52
$2C ($4C)	OCR1B	Timer/Counter1 Output Compare Register B (8-Bit)								53
$2B ($4B)	OCR1C	Timer/Counter1 Output Compare Register C (8-Bit)								53
$2A ($4A)	Reserved									
$29 ($49)	PLLCSR	-	-	-	-	-	PCKE	PLLE	PLOCK	
$28 ($48)	Reserved									
$27 ($47)	Reserved									
$26 ($46)	Reserved									
$25 ($45)	Reserved									
$24 ($44)	Reserved									
$23 ($43)	Reserved									
$22 ($42)	Reserved									
$21 ($41)	WDTCR	-	-	-	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	58
$20 ($40)	Reserved									
$1F ($3F)	Reserved									
$1E ($3E)	EEAR	-	EEAR6	EEAR5	EEAR4	EEAR3	EEAR2	EEAR1	EEAR0	60
$1D ($3D)	EEDR	EEPROM Data Register (8-Bit)								60
$1C ($3C)	EECR	-	-	-	-	EERIE	EEMWE	EEWE	EERE	60
$1B ($3B)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	
$1A ($3A)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	
$19 ($39)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	
$18 ($38)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	
$17 ($37)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	
$16 ($36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	
$15 ($35)	Reserved									
$14 ($34)	Reserved									
$13 ($33)	Reserved									
$12 ($32)	Reserved									
$11 ($31)	Reserved									
$10 ($30)	Reserved									
$0F ($2F)	USIDR	Universal Serial Interface Data Register (8-Bit)								64
$0E ($2E)	USISR	USISIF	USIOIF	USIPF	USIDC	USICNT3	USICNT2	USICNT1	USICNT0	64
$0D ($2D)	USICR	USISIE	USIOIE	USIWM1	USIWM0	USICS1	USICS0	USICLK	USITC	65
$0C ($2C)	Reserved									
$0B ($2B)	Reserved									
$0A ($2A)	Reserved									
$09 ($29)	Reserved									
$08 ($28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACME	ACIS1	ACIS0	74
$07 ($27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	84
$06 ($26)	ADCSR	ADEN	ADSC	ADFR	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	86
$05 ($25)	ADCH	ADC Data Register High Byte								87
$04 ($24)	ADCL	ADC Data Register Low Byte								87
-	Reserved									
$00 ($20)	Reserved									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instruction Set Summary

Mnemonic	Operands	Description	Operation	Flags	# Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add Two Registers	Rd ← Rd + Rr	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry Two Registers	Rd ← Rd + Rr + C	Z,C,N,V,H	1
ADIW	Rdl, K	Add Immediate to Word	Rdh:Rdl ← Rdh:Rdl + K	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract Two Registers	Rd ← Rd - Rr	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	Rd ← Rd - K	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry Two Registers	Rd ← Rd - Rr - C	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, k	Subtract with Carry Constant from Reg.	Rd ← Rd - K - C	Z,C,N,V,H	1
SBIW	Rdl, K	Subtract Immediate from Word	Rdh:Rdl ← Rdh:Rdl - K	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	Rd ← Rd • Rr	Z,N,V	1
ANDI	Rd, k	Logical AND Register and Constant	Rd ← Rd • K	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	Rd ← Rd v Rr	Z,N,V	1
ORI	Rd, k	Logical OR Register and Constant	Rd ← Rd v K	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	Rd ← Rd ⊕ Rr	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	Rd ← $FF - Rd	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	Rd ← $00 - Rd	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd, K	Set Bit(s) in Register	Rd ← Rd v K	Z,N,V	1
CBR	Rd, K	Clear Bit(s) in Register	Rd ← Rd • ($FF - K)	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	Rd ← Rd + 1	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	Rd ← Rd - 1	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	Rd ← Rd • Rd	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	Rd ← Rd ⊕ Rd	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	Rd ← $FF	None	1
BRANCH INSTRUCTIONS					
RJMP	k	Relative Jump	PC ← PC + k + 1	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	PC ← Z	None	2
RCALL	k	Relative Subroutine Call	PC ← PC + k + 1	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	PC ← Z	None	3
RET		Subroutine Return	PC ← STACK	None	4
RETI		Interrupt Return	PC ← STACK	I	4
CPSE	Rd, Rr	Compare, Skip if Equal	if (Rd = Rr) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
CP	Rd, Rr	Compare	Rd - Rr	Z,N,V,C,H	1
CPC	Rd, Rr	Compare with Carry	Rd - Rr - C	Z,N,V,C,H	1
CPI	Rd, K	Compare Register with Immediate	Rd - K	Z,N,V,C,H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if (Rr(b) = 0) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if (Rr(b) = 1) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if (P(b) = 0) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if (P(b) = 1) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if (SREG(s) = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if (SREG(s) = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BREQ	k	Branch if Equal	if (Z = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if (Z = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if (C = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if (C = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if (C = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRLO	k	Branch if Lower	if (C = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRMI	k	Branch if Minus	if (N = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRPL	k	Branch if Plus	if (N = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if (N ⊕ V = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRLT	k	Branch if Less than Zero, Signed	if (N ⊕ V = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRHS	k	Branch if Half-carry Flag Set	if (H = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRHC	k	Branch if Half-carry Flag Cleared	if (H = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRTS	k	Branch if T-flag Set	if (T = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRTC	k	Branch if T-flag Cleared	if (T = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if (V = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if (V = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					
MOV	Rd, Rr	Move between Registers	Rd ← Rr	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	Rd ← K	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (X), X ← X + 1	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-dec.	X ← X - 1, Rd ← (X)	None	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instruction Set Summary (Continued)

Mnemonic	Operands	Description	Operation	Flags	# Clocks
LD	Rd, Y	Load Indirect	Rd ← (Y)	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Y), Y ← Y + 1	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-dec	Y ← Y - 1, Rd ← (Y)	None	2
LDD	Rd,Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Y + q)	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	Rd ← (Z)	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z + 1	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-dec	Z ← Z - 1, Rd ← (Z)	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Z + q)	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd ← (k)	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	(X) ← Rr	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(X) ← Rr, X ← X + 1	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-dec	X ← X - 1, (X) ← Rr	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	(Y) ← Rr	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Y) ← Rr, Y ← Y + 1	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-dec	Y ← Y - 1, (Y) ← Rr	None	2
STD	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) ← Rr	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	(Z) ← Rr	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Z) ← Rr, Z ← Z + 1	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-dec	Z ← Z - 1, (Z) ← Rr	None	2
STD	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) ← Rr	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) ← Rr	None	2
LPM		Load Program Memory	R0 ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	Rd ← (Z)	None	3
IN	Rd, P	In Port	Rd ← P	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	P ← Rr	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	STACK ← Rr	None	2
POP	Rd	Pop Register from Stack	Rd ← STACK	None	2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P, b	Set Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 1	None	2
CBI	P, b	Clear Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 0	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	Rd(n+1) ← Rd(n), Rd(0) ← 0	Z,C,N,V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), Rd(7) ← 0	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left through Carry	Rd(0) ← C, Rd(n+1) ← Rd(n), C ← Rd(7)	Z,C,N,V	1
ROR	Rd	Rotate Right through Carry	Rd(7) ← C, Rd(n) ← Rd(n+1), C ← Rd(0)	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), n = 0..6	Z,C,N,V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3..0) ← Rd(7..4), Rd(7..4) ← Rd(3..0)	None	1
BSET	s	Flag Set	SREG(s) ← 1	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	SREG(s) ← 0	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	T ← Rr(b)	T	1
BLD	Rd, b	Bit Load from T to Register	Rd(b) ← T	None	1
SEC		Set Carry	C ← 1	C	1
CLC		Clear Carry	C ← 0	C	1
SEN		Set Negative Flag	N ← 1	N	1
CLN		Clear Negative Flag	N ← 0	N	1
SEZ		Set Zero Flag	Z ← 1	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	Z ← 0	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	I ← 1	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	I ← 0	I	1
SES		Set Signed Test Flag	S ← 1	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	S ← 0	S	1
SEV		Set Two's Complement Overflow	V ← 1	V	1
CLV		Clear Two's Complement Overflow	V ← 0	V	1
SET		Set T in SREG	T ← 1	T	1
CLT		Clear T in SREG	T ← 0	T	1
SEH		Set Half-carry Flag in SREG	H ← 1	H	1
CLH		Clear Half-carry Flag in SREG	H ← 0	H	1
NOP		No Operation		None	1
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/timer)	None	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information[1]

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
8	2.7 - 5.5V	ATtiny26L-8PC ATtiny26L-8SC ATtiny26L-8MC	20P3 20S 32M1-A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATtiny26L-8PI ATtiny26L-8SI ATtiny26L-8MI	20P3 20S 32M1-A	Industrial (-40°C to 85°C)
16	4.5 - 5.5V	ATtiny26-16PC ATtiny26-16SC ATtiny26-16MC	20P3 20S 32M1-A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATtiny26-16PI ATtiny26-16SI ATtiny26-16MI	20P3 20S 32M1-A	Industrial (-40°C to 85°C)

Note: 1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.

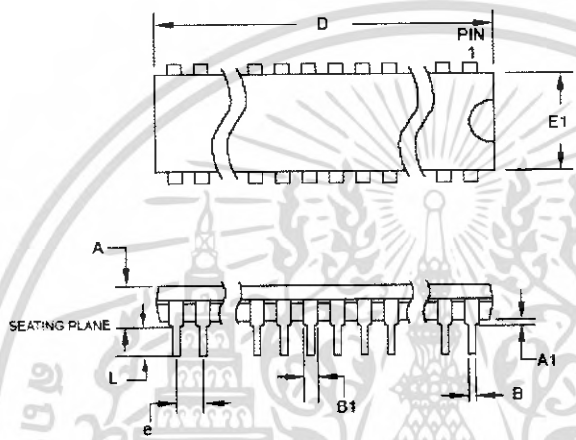
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Type	
20P3	20-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
20S	20-lead, 0.300" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (SOIC)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Micro Lead Frame Package (MLF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Packaging Information

20P3



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	–	–	5.334	
A1	0.381	–	–	
D	25.984	–	25.493	Note 2
E	7.620	–	8.255	
E1	6.096	–	7.112	Note 2
B	0.356	–	0.559	
B1	1.270	–	1.561	
L	2.921	–	3.810	
C	0.203	–	0.356	
eB	–	–	10.922	
eC	0.000	–	1.524	
e	2.540 TYP			

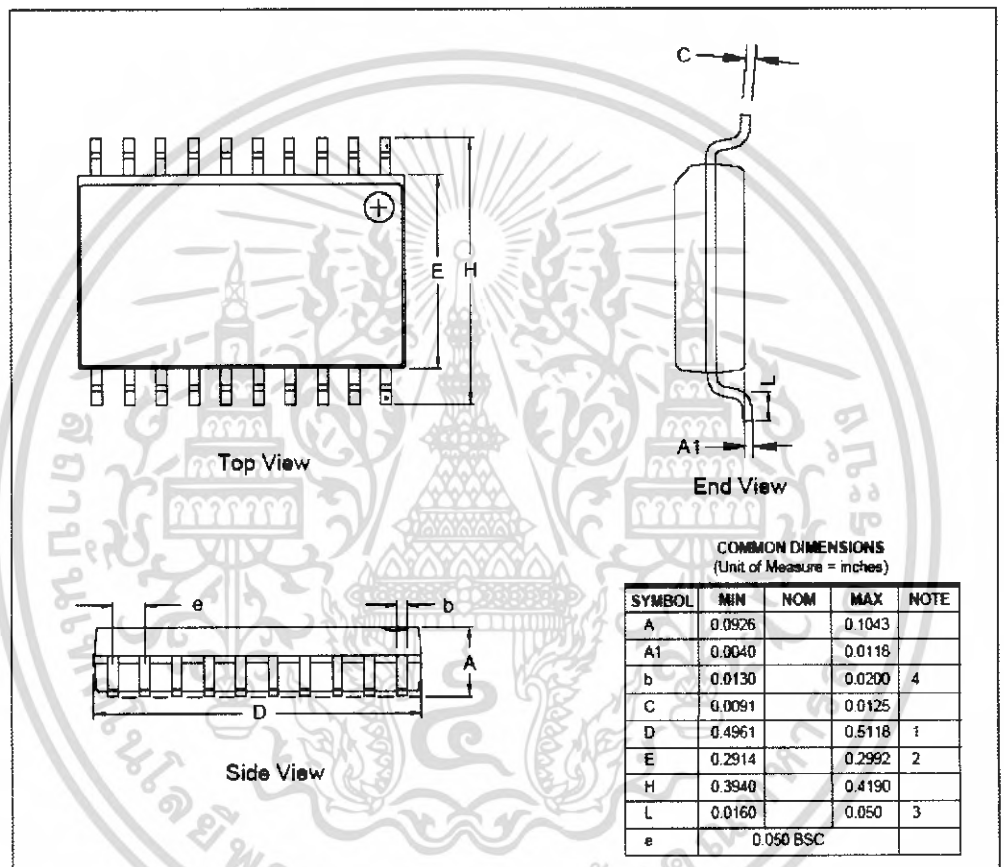
Notes: 1. This package conforms to JEDEC reference MS-001, Variation AD.
2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion. Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

09/28/01

	TITLE	DRAWING NO.	REV.
2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	**20P3**, 20-lead (0.300"/7.62 mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)	20P3	B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20S



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = inches)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	0.0926		0.1043	
A1	0.0040		0.0118	
b	0.0130		0.0200	4
C	0.0091		0.0125	
D	0.4961		0.5118	1
E	0.2914		0.2992	2
H	0.3940		0.4190	
L	0.0160		0.050	3
e	0.050 BSC			

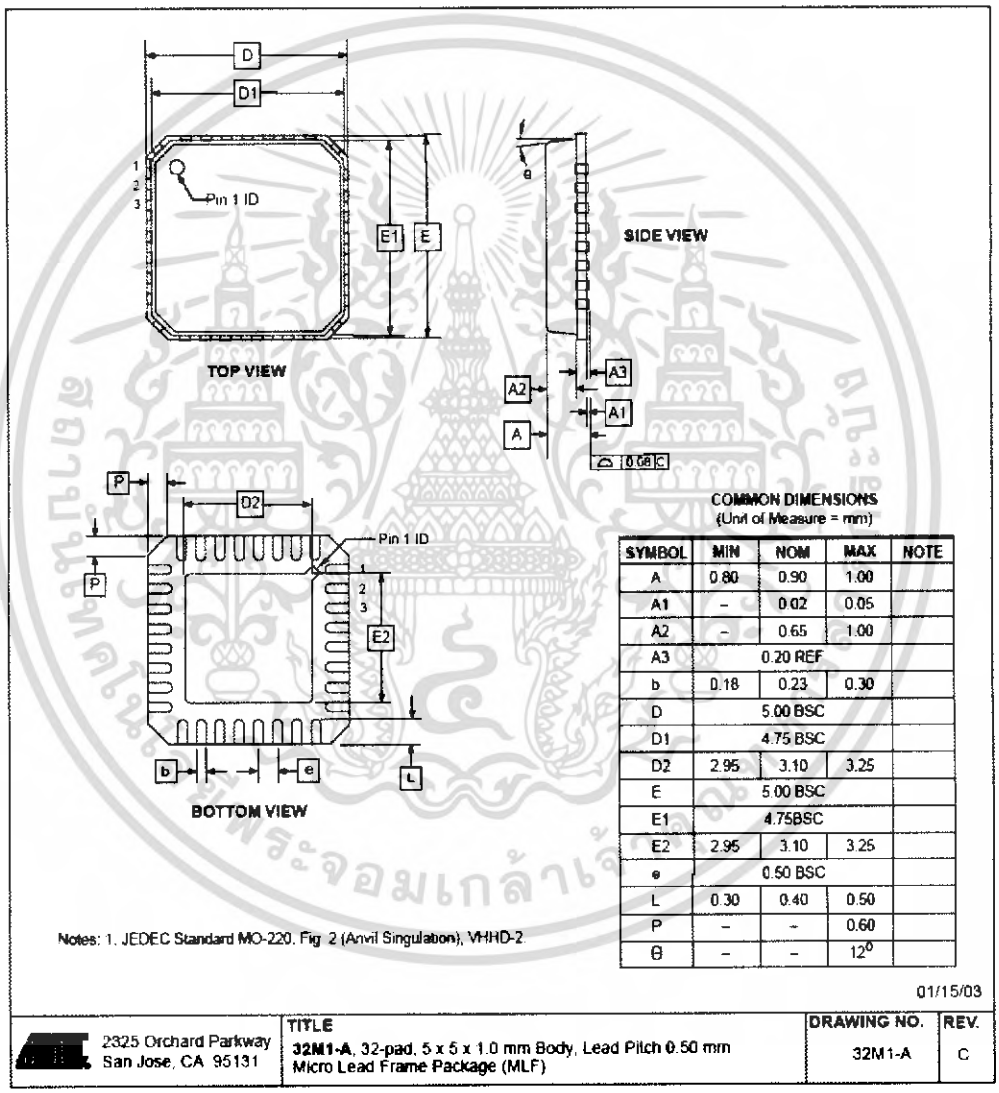
Notes
1. This drawing is for general information only, refer to JEDEC Drawing MS-013, Variation AC for additional information.
2. Dimension "D" does not include mold Flash, protrusions or gate burrs. Mold Flash, protrusions and gate burrs shall not exceed 0.15 mm (0.006") per side.
3. Dimension "E" does not include inter-lead Flash or protrusion. Inter-lead Flash and protrusions shall not exceed 0.25 mm (0.010") per side.
4. "L" is the length of the terminal for soldering to a substrate.
5. The lead width "b", as measured 0.36 mm (0.014") or greater above the seating plane, shall not exceed a maximum value of 0.61 mm (0.024") per side.

1/9/02

	TITLE	DRAWING NO.	REV.
2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	**20S2**, 20-lead, 0.300" Wide Body, Plastic Gull Wing Small Outline Package (SOIC)	20S2	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32M1-A



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	0.80	0.90	1.00	
A1	–	0.02	0.05	
A2	–	0.65	1.00	
A3		0.20 REF		
b	0.18	0.23	0.30	
D		5.00 BSC		
D1		4.75 BSC		
D2	2.95	3.10	3.25	
E		5.00 BSC		
E1		4.75BSC		
E2	2.95	3.10	3.25	
e		0.50 BSC		
L	0.30	0.40	0.50	
P	–	–	0.60	
θ	–	–	12^0	

Notes: 1. JEDEC Standard MO-220, Fig. 2 (Anvil Singulation), VHHD-2

01/15/03

	TITLE	DRAWING NO.	REV.
2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	**32M1-A**, 32-pad, 5 x 5 x 1.0 mm Body, Lead Pitch 0.50 mm Micro Lead Frame Package (MLF)	32M1-A	C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Datasheet Change Log for ATtiny26

Please note that the referring page numbers in this section are referred to this document. The referring revision in this section are referring to the document revision.

Changes from Rev. 1477D-05/03 to Rev. 1477E-10/03

1. Removed Preliminary references.
2. Updated "Features" on page 1.
3. Removed SSOP package reference from "Pin Configuration" on page 2.
4. Updated V_{RST} and t_{RST} in Table 3 on page 22.
5. Updated "Calibrated Internal RC Oscillator" on page 31.
6. Updated DC Charcteristics for V_{OL}, I_{IL}, I_{IH}, I_{CC} Power Down and V_{ACIO} in "Electrical Characteristics" on page 125.
7. Updated V_{INT}, INL and Gain Error in "ADC Characteristics" on page 128 and page 129. Fixed typo in "Absolute Accuracy" on page 129.
8. Added Figure 106 in "Pin Driver Strength" on page 145, Figure 120, Figure 121 and Figure 122 in "BOD Thresholds and Analog Comparator Offset" on page 154. Updated Figure 117 and Figure 118.
9. Removed LPM Rd, Z+ from "Instruction Set Summary" on page 7. This instruction is not supported in ATtiny26.

Changes from Rev. 1477C-09/02 to Rev. 1477D-05/03

1. Updated "Packaging Information" on page 11.
2. Removed ADHSM from "ADC Characteristics" on page 128.
3. Added section "EEPROM Write During Power-down Sleep Mode" on page 62.
4. Added section "Default Clock Source" on page 28.
5. Corrected PLL Lock value in the "Bit 0 – PLOCK: PLL Lock Detector" on page 54.
6. Added information about conversion time when selecting differential channels on page 80.
7. Corrected {DDxn, PORTxn} value on page 92.
8. Added section "Unconnected Pins" on page 95.
9. Added note for RSTDISBL Fuse in Table 49 on page 107.
10. Corrected DATA value in Figure 61 on page 115.
11. Added WD_FUSE period in Table 59 on page 122.
12. Updated "ADC Characteristics" on page 128 and added Table 64, "ADC Characteristics, Differential Channels, TA = -40×C to 85×C," on page 129.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Updated "ATtiny26 Typical Characteristics" on page 130.

14. Added LPM Rd, Z and LPM Rd, Z+ in "Instruction Set Summary" on page 7.

Changes from Rev. 1477B-04/02 to Rev. 1477C-09/02

1. Changed the Endurance on the Flash to 10,000 Write/Erase Cycles.

Changes from Rev. 1477A-03/02 to Rev. 1477B-04/02

1. Removed all references to Power Save sleep mode in the section "System Clock and Clock Options" on page 25.
2. Updated the section "Analog to Digital Converter" on page 77 with more details on how to read the conversion result for both differential and single-ended conversion.
3. Updated "Ordering Information[1]" on page 9 and added MLF package information.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Datasheet Enhancement Mode FET เบอร์ CEB8030L

CEB8030L/CEP8030L CET

PRELIMINARY

4

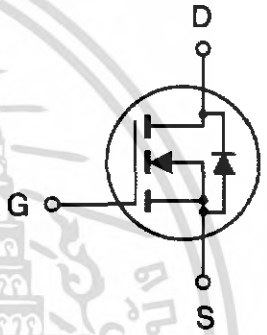
N-Channel Logic Level Enhancement Mode Field Effect Transistor

FEATURES

- 30V , 75A , $R_{DS(ON)}$=6mΩ @V_{GS}=10V.
  $R_{DS(ON)}$=9mΩ @V_{GS}=4.5V.
- Super high dense cell design for extremely low $R_{DS(ON)}$.
- High power and current handling capability.
- TO-220 & TO-263 package.

CEB SERIES
TO-263(DD-PAK)

CEP SERIES
TO-220



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Tc=25°C unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Limit	Unit
Drain-Source Voltage	V_{DS}	30	V
Gate-Source Voltage	V_{GS}	±16	V
Drain Current-Continuous	I_D	75	A
-Pulsed	I_{DM}	156	A
Drain-Source Diode Forward Current	I_S	75	A
Maximum Power Dissipation @Tc=25°C	P_D	50	W
Derate above 25°C		0.4	W/°C
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-65 to 175	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	2.5	°C/W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	62.5	°C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Tc=25°C unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS						
Drain-Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	V_{GS}=0V, I_D=250μA	30			V
Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	V_{DS}=24V, V_{GS} =0V			10	μA
Gate-Body Leakage	I_{GSS}	V_{GS}=±16V, V_{DS}=0V			±100	nA
ON CHARACTERISTICS[a]						
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(th)}$	V_{DS}=V_{GS}, I_D=250μA	1		3	V
Drain-Source On-State Resistance	$R_{DS(ON)}$	V_{GS}= 10V, I_D= 37.5A			6	mΩ
		V_{GS}= 4.5V, I_D= 30A			9	mΩ
On-State Drain Current	$I_{D(ON)}$	V_{GS}= 10V, V_{DS}= 10V	75			A
Forward Transconductance	g_{FS}	V_{DS}= 10V, I_D=26A		32		S
DYNAMIC CHARACTERISTICS[b]						
Input Capacitance	C_{ISS}	V_{DS}=15V, V_{GS}= 0V f=1.0MHz		3898	5100	pF
Output Capacitance	C_{OSS}			1876	2500	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{RSS}			270	350	pF
SWITCHING CHARACTERISTICS[b]						
Turn-On Delay Time	$t_{D(ON)}$	V_{DD} = 15V, I_D = 52A, V_{GS}= 10V R_{GEN} = 24Ω		10	16	ns
Rise Time	t_r			200	250	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{D(OFF)}$			50	90	ns
Fall Time	t_f			140	200	ns
Total Gate Charge	Q_g	V_{DS} =10V, I_D = 52A, V_{GS} =10V		44	60	nC
Gate-Source Charge	Q_{gs}			6		nC
Gate-Drain Charge	Q_{gd}			14		nC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_C=25°C unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
DRAIN-SOURCE DIODE CHARACTERISTICS [a]						
Diode Forward Voltage	V_{SD}	V_{GS} = 0V, I_S =37.5A		0.9	1.3	V

Notes

a.Pulse Test:Pulse Width ≤300 μs, Duty Cycle ≤ 2%.

b.Guaranteed by design, not subject to production testing.

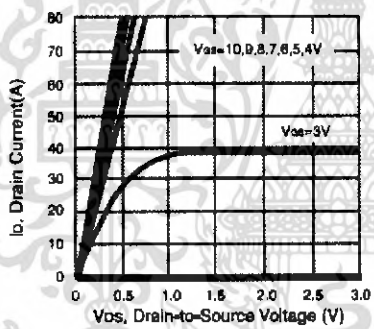


Figure 1. Output Characteristics

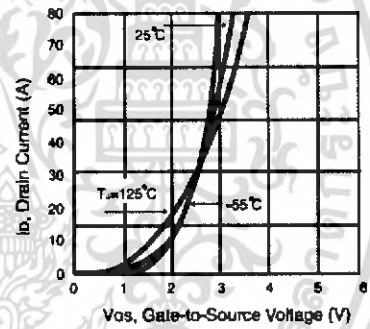


Figure 2. Transfer Characteristics

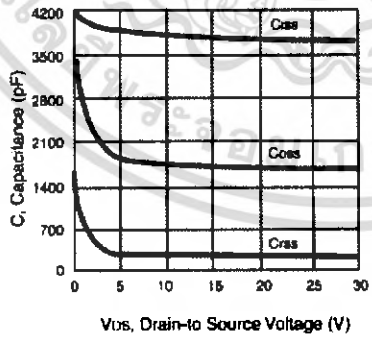


Figure 3. Capacitance

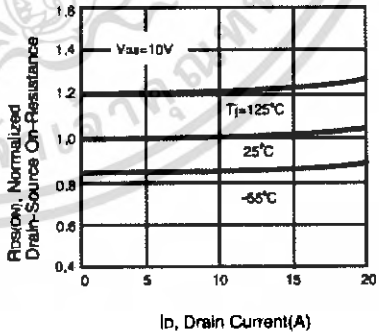


Figure 4. On-Resistance Variation with Drain Current and Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

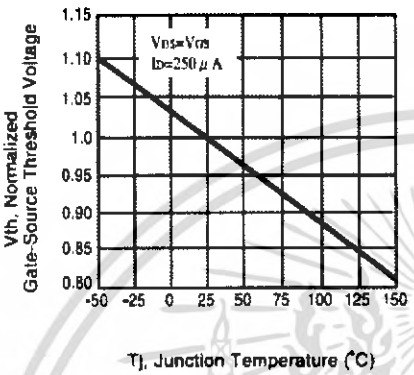


Figure 5. Gate Threshold Variation with Temperature

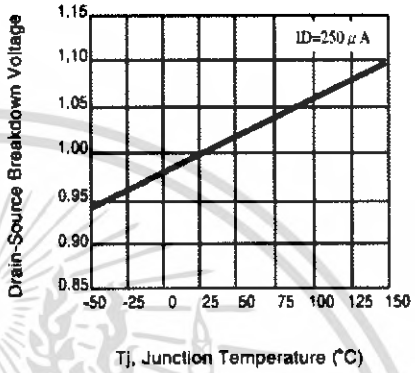


Figure 6. Breakdown Voltage Variation with Temperature

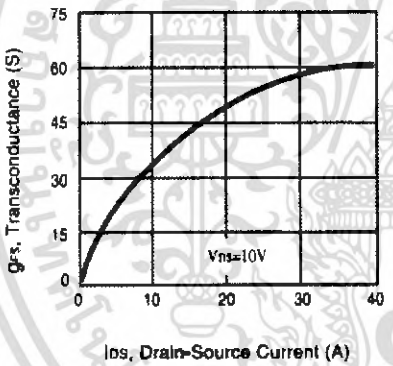


Figure 7. Transconductance Variation with Drain Current

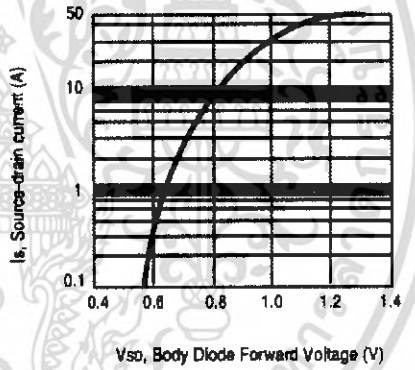


Figure 8. Body Diode Forward Voltage Variation with Source Current

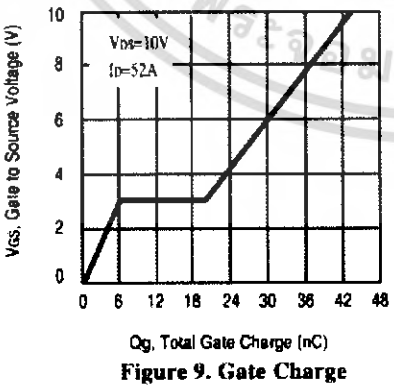


Figure 9. Gate Charge

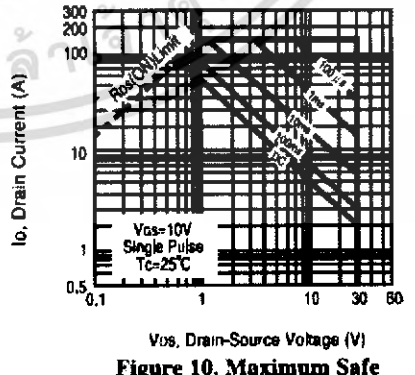


Figure 10. Maximum Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4

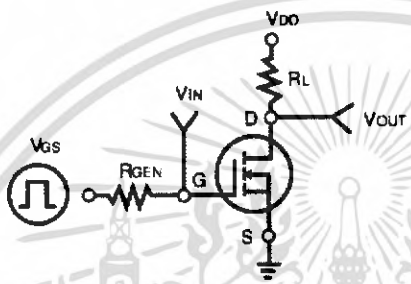


Figure 11. Switching Test Circuit

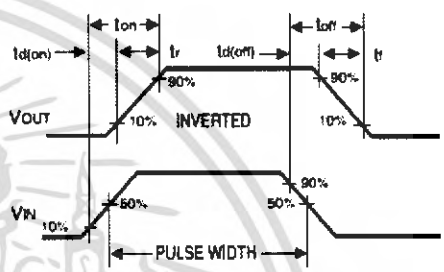


Figure 12. Switching Waveforms

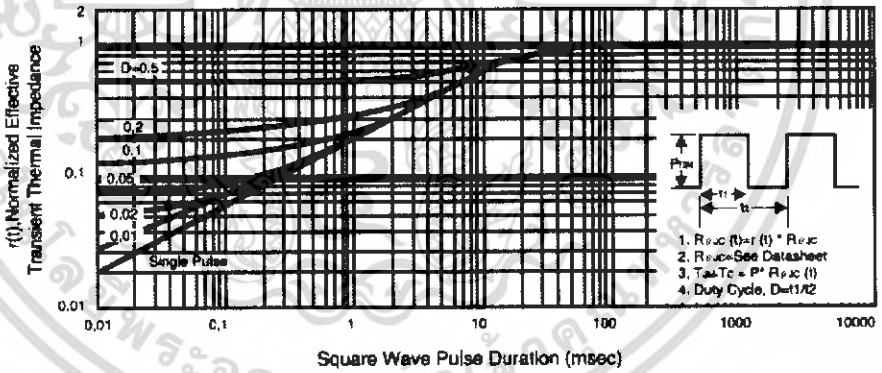


Figure 13. Normalized Thermal Transient Impedance Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Datasheet IC เบอร์ MC3361B

Order this document by MC3361B/D

MOTOROLA

Low Power Narrowband FM IF

MC3361B

LOW POWER NARROWBAND FM IF

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

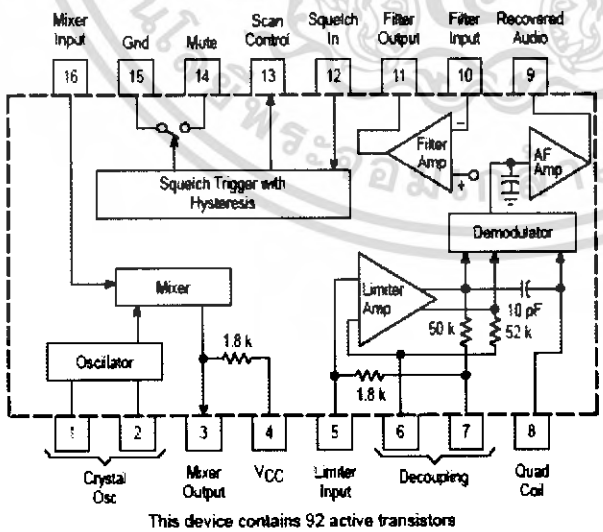
The MC3361B includes an Oscillator, Mixer, Limiting Amplifier, Quadrature Discriminator, Active Filter, Squelch, Scan Control and Mute Switch. This device is designed for use in FM dual conversion communications equipment.

- Operates from 2.0 to 8.0 V Supply
- Low Drain Current 3.9 mA Typical @ V_{CC} = 4.0 Vdc
- Excellent Sensitivity: Input Limiting Voltage –3.0 dB = 2.6 µV Typical
- Low Number of External Parts Required
- Operating Frequency Up to 60 MHz

P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 648
Not Recommended for New Design

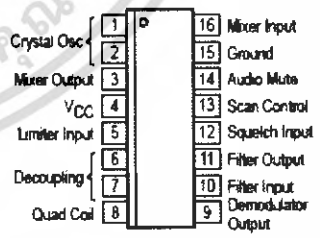
D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751B
(SO–16)

Representative Block Diagram



This device contains 92 active transistors

PIN CONNECTIONS



(Top View)

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
MC3361BD	T_A = –30 to 70°C	SO–16
MC3361BP		Plastic DIP

© Motorola, Inc. 1999

Rev 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC3361B

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Rating	Pin	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	4	$V_{CC(max)}$	10	Vdc
Operating Supply Voltage Range	4	V_{CC}	2.0 to 8.0	Vdc
Detector Input Voltage	8	–	1.0	V_{pp}
Input Voltage (V_{CC} ≥ 4.0 V)	16	V_{16}	1.0	V_{rms}
Mute Function	14	V_{14}	–0.5 to 5.0	V_{pk}
Junction Temperature	–	T_J	150	°C
Operating Ambient Temperature Range	–	T_A	–30 to 70	°C
Storage Temperature Range	–	T_{stg}	–65 to 150	°C

NOTES: 1. Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation should be restricted to the limits in the Electrical Characteristics tables or Pin Descriptions section.
2. ESD data available upon request.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 4.0 Vdc, f_o = 10.7 MHz, Δf = ±3.0 kHz, f_{mod} = 1.0 kHz, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristic	Pin	Min	Typ	Max	Unit
Drain Current (No Signal)	4				mA
Squelch "Off"		2.9	3.9	4.9	
Squelch "On"		4.4	5.4	6.4	
Recovered Audio Output Voltage (V_{in} = 10 mVrms)	9	130	160	200	mVrms
Input Limiting Voltage (–3.0 dB Limiting)	16	–	2.6	6.0	µV
Total Harmonic Distortion	9	–	0.86	–	%
Recovered Output Voltage (No Input Signal)	9	60	120	250	mVrms
Drop Voltage AF Gain Loss	9	–3.0	–0.6	–	dB
Detector Output Impedance	–	–	450	–	Ω
Filter Gain (10 kHz) (V_{in} = 0.3 mVrms)	–	40	50	–	dB
Filter Output Voltage	11	1.0	1.3	1.6	Vdc
Mute Function Low	14	–	30	50	Ω
Mute Function High	14	1.0	11	–	MΩ
Scan Function Low (Mute "Off") (V_{12} = 1.0 Vdc)	13	–	0	0.4	Vdc
Scan Function High (Mute "On") (V_{12} = Gnd)	13	3.0	3.5	–	Vdc
Trigger Hysteresis	–	–	45	100	mV
Mixer Conversion Gain	3	–	28	–	dB
Mixer Input Resistance	16	–	3.3	–	kΩ
Mixer Input Capacitance	16	–	2.2	–	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC3361B

Figure 1. Test Circuit

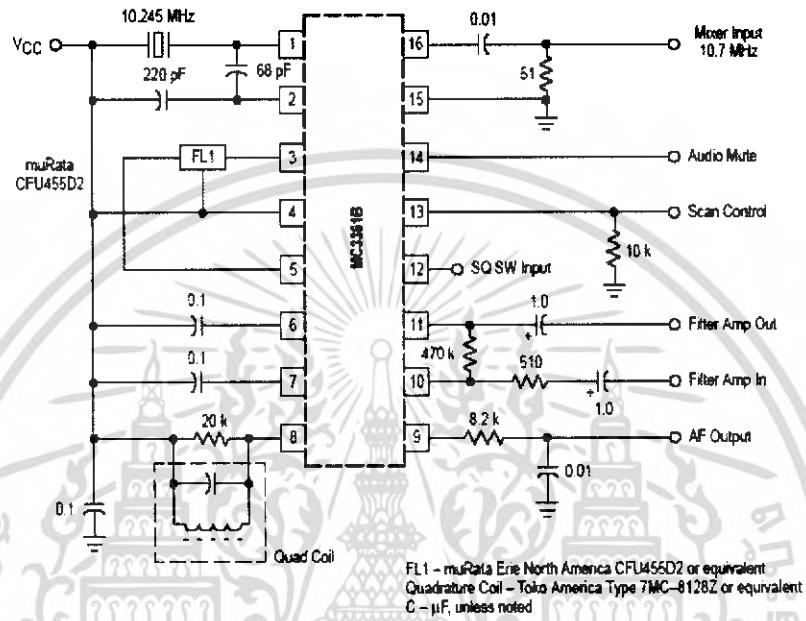


Figure 2. Audio Output, Distortion versus Supply Voltage

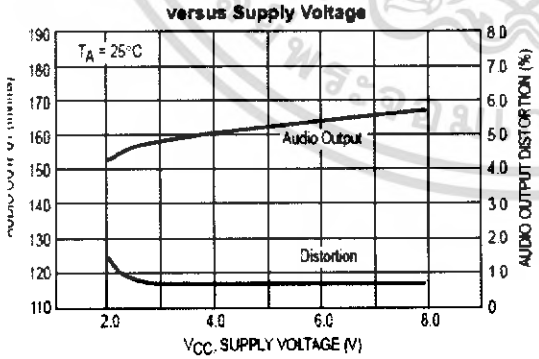
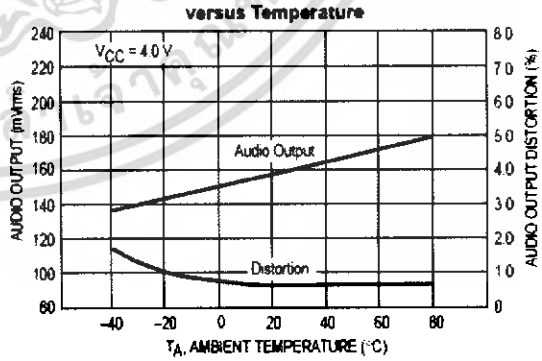


Figure 3. Audio Output, Distortion versus Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

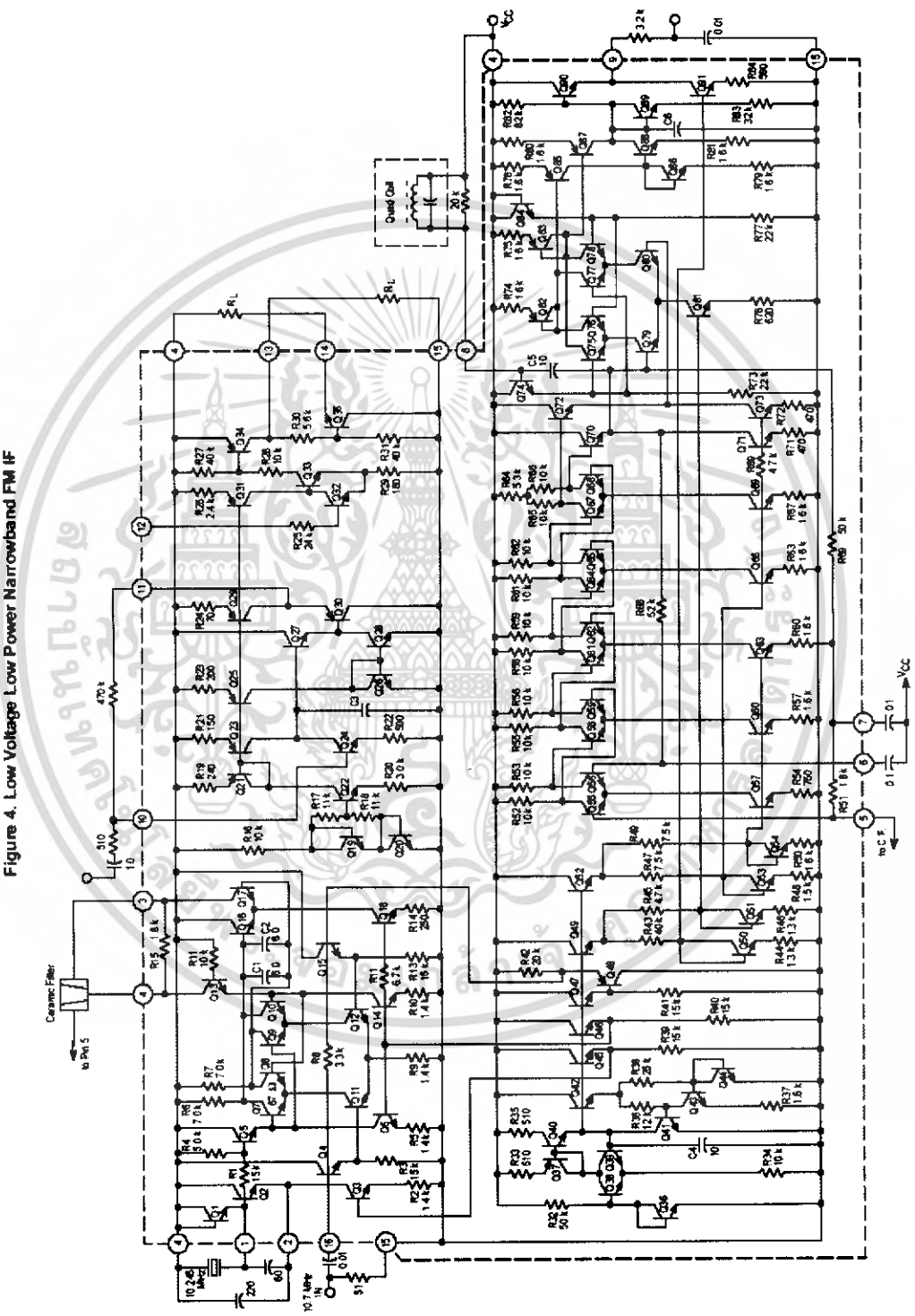


Figure 4. Low Voltage Low Power Narrowband FM IF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5. Input Limiting Voltage

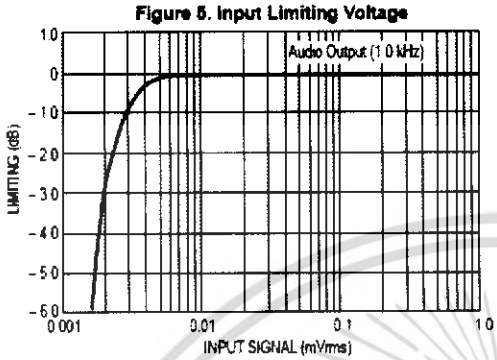


Figure 6. Overall Gain, Noise and AM Rejection

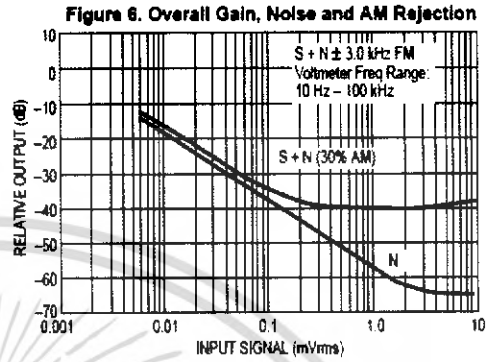


Figure 7. Filter Amp Response

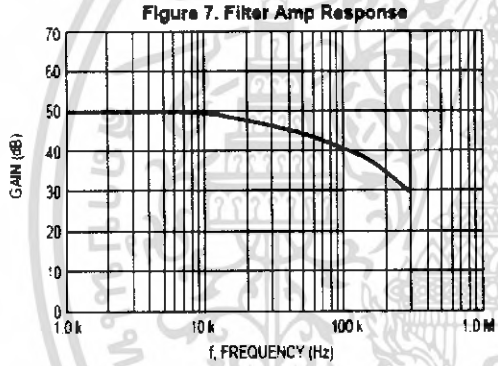


Figure 8. Filter Amp Gain

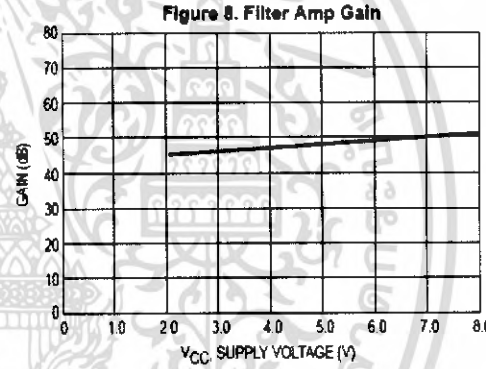
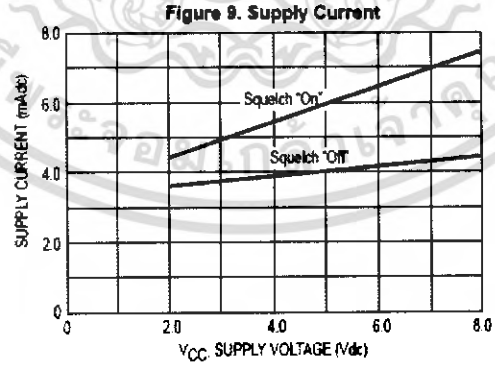
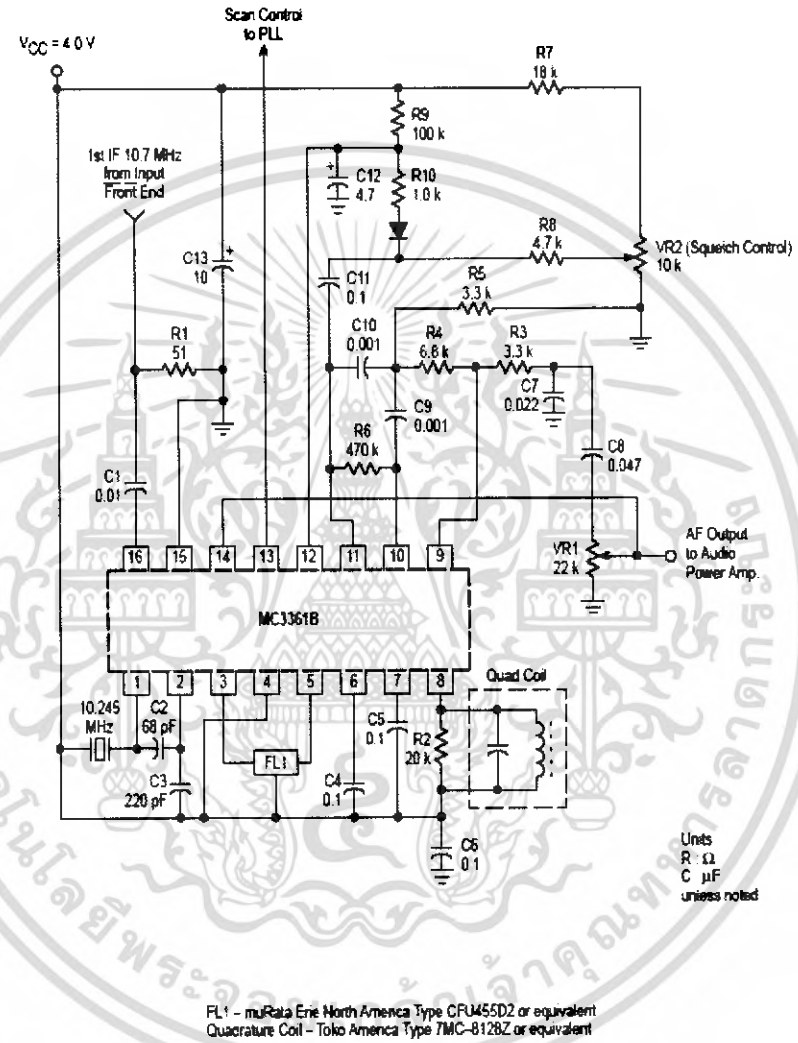


Figure 9. Supply Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 10. Simplified Application



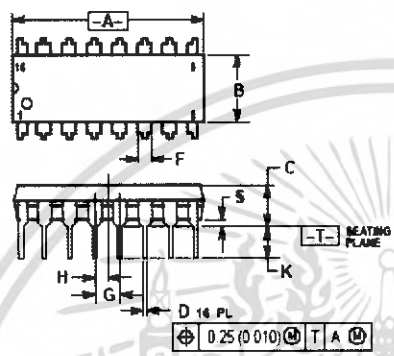
FL1 – muRata Erie North America Type CFU455D2 or equivalent
Quadrature Coil – Toko America Type 7MC–8128Z or equivalent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC3361B

OUTLINE DIMENSIONS

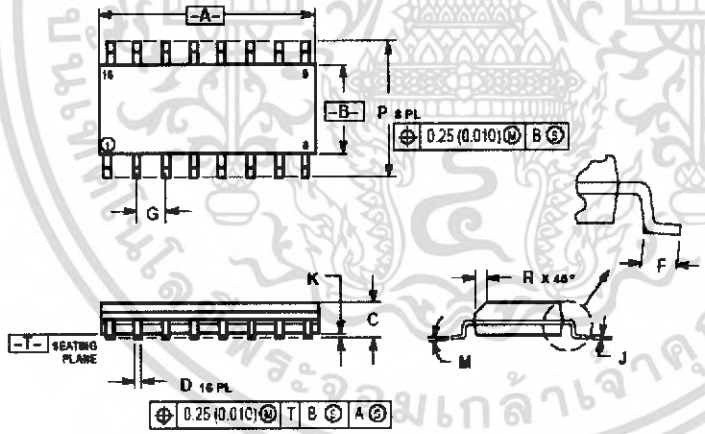
P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 648–08
ISSUE R



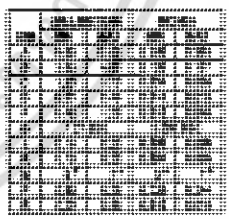
NOTES
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.740	0.770	18.80	19.55
B	0.250	0.270	6.35	6.85
C	0.145	0.175	3.69	4.44
D	0.015	0.021	0.39	0.53
F	0.040	0.70	1.02	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.050 BSC		1.27 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.130	2.80	3.30
L	0.295	0.305	7.50	7.74
M	0°	10°	0°	10°
S	0.020	0.040	0.51	1.01

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751B–05
(SO–16)
ISSUE J



NOTES
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Datasheet IC เบอร์ MV2105

MMBV2101LT1 Series, MV2105, MV2101, MV2109, LV2205, LV2209

Silicon Tuning Diodes

6.8–100 pF, 30 Volts
Voltage Variable Capacitance Diodes

ON Semiconductor™

http://onsemi.com

These devices are designed in popular plastic packages for the high volume requirements of FM Radio and TV tuning and AFC, general frequency control and tuning applications. They provide solid–state reliability in replacement of mechanical tuning methods. Also available in a Surface Mount Package up to 33 pF.

- High Q
- Controlled and Uniform Tuning Ratio
- Standard Capacitance Tolerance – 10%
- Complete Typical Design Curves

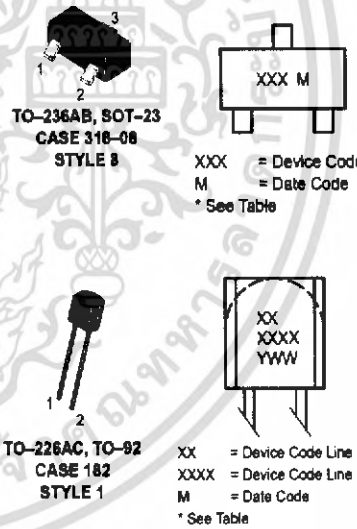
MAXIMUM RATINGS

Rating		Symbol	Value	Unit
Reverse Voltage		V_R	30	Vdc
Forward Current		I_F	200	mAdc
Forward Power Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C @ T_A = 25°C Derate above 25°C	MMBV21xx MV21xx LV22xx	P_D	 225 1.8 280 2.8	mW mW/°C
Junction Temperature		T_J	+150	°C
Storage Temperature Range		T_{stg}	–55 to +150	°C

DEVICE MARKING

MMBV2101LT1 = M4G	MMBV2108LT1 = 4X	MV2109 = MV2109
MMBV2103LT1 = 4H	MMBV2109LT1 = 4J	LV2205 = LV2205
MMBV2105LT1 = 4U	MV2101 = MV2101	LV2209 = LV2209
MMBV2107LT1 = 4W	MV2105 = MV2105	

MARKING DIAGRAM



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Reverse Breakdown Voltage (I_R = 10 μAdc) MMBV21xx, MV21xx LV22xx	$V_{(BR)R}$	 30 25	 – –	 – –	Vdc
Reverse Voltage Leakage Current (V_R = 25 Vdc, T_A = 25°C)	I_R	–	–	0.1	μAdc
Diode Capacitance Temperature Coefficient (V_R = 4.0 Vdc, f = 1.0 MHz)	TC_C	–	280	–	ppm/°C

Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Device	C_T, Diode Capacitance V_R = 4.0 Vdc, f = 1.0 MHz pF			Q, Figure of Merit V_R = 4.0 Vdc, f = 50 MHz	TR, Tuning Ratio C_2/C_{30} f = 1.0 MHz		
	Min	Nom	Max	Typ	Min	Typ	Max
MMBV2101LT1/MV2101	6.1	6.8	7.5	450	2.5	2.7	3.2
MMBV2103LT1	9.0	10	11	400	2.5	2.9	3.2
LV2205/MMBV2105LT1/MV2105	13.5	15	16.5	400	2.5	2.9	3.2
MMBV2107LT1	19.8	22	24.2	350	2.5	2.9	3.2
MMBV2108LT1	24.3	27	29.7	300	2.5	3.0	3.2
LV2209MMBV2109LT1/MV2109	29.7	33	36.3	200	2.5	3.0	3.2

MMBV2101LT1, MMBV2103LT1, MMBV2105LT1, MMBV2107LT1 thru MMBV2109LT1, are also available in bulk. Use the device title and drop the "T1" suffix when ordering any of these devices in bulk.

PARAMETER TEST METHODS

1. C_T, DIODE CAPACITANCE

($C_T = C_C + C_J$). C_T is measured at 1.0 MHz using a capacitance bridge (Boonton Electronics Model 75A or equivalent).

2. TR, TUNING RATIO

TR is the ratio of C_T measured at 2.0 Vdc divided by C_T measured at 30 Vdc.

3. Q, FIGURE OF MERIT

Q is calculated by taking the G and C readings of an admittance bridge at the specified frequency and substituting in the following equations:

$$Q = \frac{2\pi fC}{G}$$

(Boonton Electronics Model 33AS8 or equivalent). Use Lead Length ≈ 1/16".

4. TC_C, DIODE CAPACITANCE TEMPERATURE COEFFICIENT

TC_C is guaranteed by comparing C_T at V_R = 4.0 Vdc, f = 1.0 MHz, T_A = −65°C with C_T at V_R = 4.0 Vdc, f = 1.0 MHz, T_A = +85°C in the following equation, which defines TC_C:

$$TC_C = \frac{|C_T(+85°C) - C_T(-65°C)|}{85 + 65} \cdot \frac{10^6}{C_T(25°C)}$$

Accuracy limited by measurement of C_T to ±0.1 pF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MMBV2101LT1 Series, MV2105, MV2101, MV2109, LV2205, LV2209

TYPICAL DEVICE CHARACTERISTICS

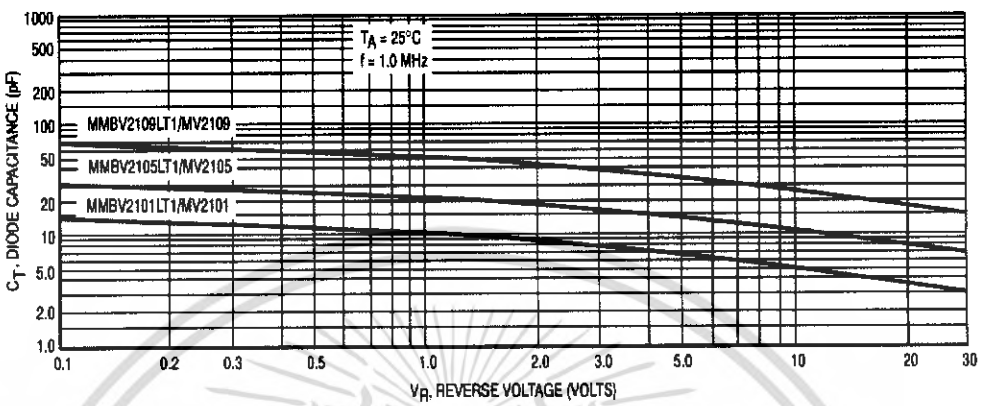


Figure 1. Diode Capacitance versus Reverse Voltage

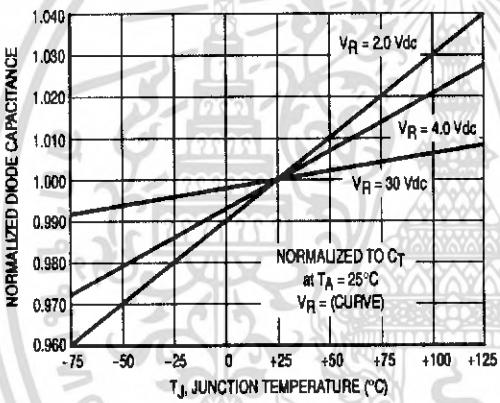


Figure 2. Normalized Diode Capacitance versus Junction Temperature

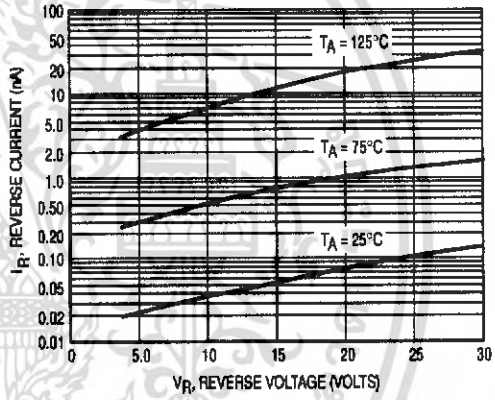


Figure 3. Reverse Current versus Reverse Bias Voltage

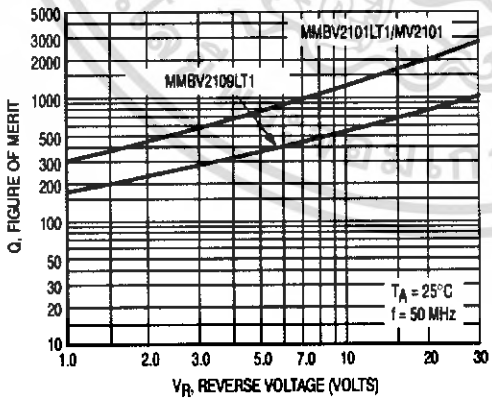


Figure 4. Figure of Merit versus Reverse Voltage

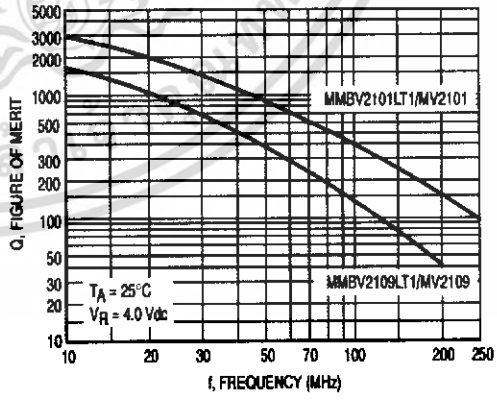


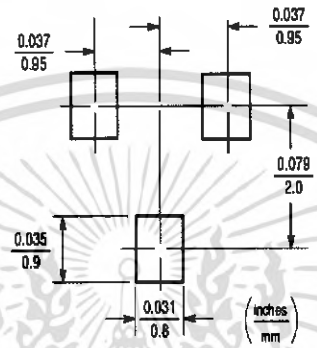
Figure 5. Figure of Merit versus Frequency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INFORMATION FOR USING THE SOT–23 SURFACE MOUNT PACKAGE

MINIMUM RECOMMENDED FOOTPRINT FOR SURFACE MOUNTED APPLICATIONS

Surface mount board layout is a critical portion of the total design. The footprint for the semiconductor packages must be the correct size to insure proper solder connection interface between the board and the package. With the correct pad geometry, the packages will self align when subjected to a solder reflow process.



SOT–23

SOT–23 POWER DISSIPATION

The power dissipation of the SOT–23 is a function of the pad size. This can vary from the minimum pad size for soldering to a pad size given for maximum power dissipation. Power dissipation for a surface mount device is determined by $T_{J(max)}$, the maximum rated junction temperature of the die, $R_{\theta JA}$, the thermal resistance from the device junction to ambient, and the operating temperature, T_A. Using the values provided on the data sheet for the SOT–23 package, P_D can be calculated as follows:

$$P_D = \frac{T_{J(max)} - T_A}{R_{\theta JA}}$$

The values for the equation are found in the maximum ratings table on the data sheet. Substituting these values into the equation for an ambient temperature T_A of 25°C, one can calculate the power dissipation of the device which in this case is 225 milliwatts.

$$P_D = \frac{150°C - 25°C}{556°C/W} = 225 \text{ milliwatts}$$

The 556°C/W for the SOT–23 package assumes the use of the recommended footprint on a glass epoxy printed circuit board to achieve a power dissipation of 225 milliwatts. There are other alternatives to achieving higher power dissipation from the SOT–23 package. Another alternative would be to use a ceramic substrate or an aluminum core board such as Thermal Clad™. Using a board material such as Thermal Clad, an aluminum core board, the power dissipation can be doubled using the same footprint.

SOLDERING PRECAUTIONS

The melting temperature of solder is higher than the rated temperature of the device. When the entire device is heated to a high temperature, failure to complete soldering within a short time could result in device failure. Therefore, the following items should always be observed in order to minimize the thermal stress to which the devices are subjected.

- Always preheat the device.
- The delta temperature between the preheat and soldering should be 100°C or less.*
- When preheating and soldering, the temperature of the leads and tbe case must not exceed the maximum temperature ratings as shown on the data sheet. When using infrared heating with the reflow soldering method, the difference shall be a maximum of 10°C.
- The soldering temperature and time shall not exceed 260°C for more than 10 seconds.
- When shifting from preheating to soldering, the maximum temperature gradient shall be 5°C or less.
- After soldering has been completed, the device should be allowed to cool naturally for at least three minutes. Gradual cooling should be used as the use of forced cooling will increase the temperature gradient and result in latent failure due to mechanical stress.
- Mecbanical stress or shock should not be applied during cooling.

* Soldering a device without preheating can cause excessive thermal shock and stress which can result in damage to the device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOLDER STENCIL GUIDELINES

Prior to placing surface mount components onto a printed circuit board, solder paste must be applied to the pads. A solder stencil is required to screen the optimum amount of solder paste onto the footprint. The stencil is made of brass or stainless steel with a typical thickness of 0.008 inches.

The stencil opening size for the surface mounted package should be the same as the pad size on the printed circuit board, i.e., a 1:1 registration.

TYPICAL SOLDER HEATING PROFILE

For any given circuit board, there will be a group of control settings that will give the desired heat pattern. The operator must set temperatures for several heating zones, and a figure for belt speed. Taken together, these control settings make up a heating "profile" for that particular circuit board. On machines controlled by a computer, the computer remembers these profiles from one operating session to the next. Figure 7 shows a typical heating profile for use when soldering a surface mount device to a printed circuit board. This profile will vary among soldering systems but it is a good starting point. Factors that can affect the profile include the type of soldering system in use, density and types of components on the board, type of solder used, and the type of board or substrate material being used. This profile shows temperature versus time.

The line on the graph shows the actual temperature that might be experienced on the surface of a test board at or near a central solder joint. The two profiles are based on a high density and a low density board. The Vitronics SMD310 convection/infrared reflow soldering system was used to generate this profile. The type of solder used was 62/36/2 Tin Lead Silver with a melting point between 177–189°C. When this type of furnace is used for solder reflow work, the circuit boards and solder joints tend to heat first. The components on the board are then heated by conduction. The circuit board, because it has a large surface area, absorbs the thermal energy more efficiently, then distributes this energy to the components. Because of this effect, the main body of a component may be up to 30 degrees cooler than the adjacent solder joints.

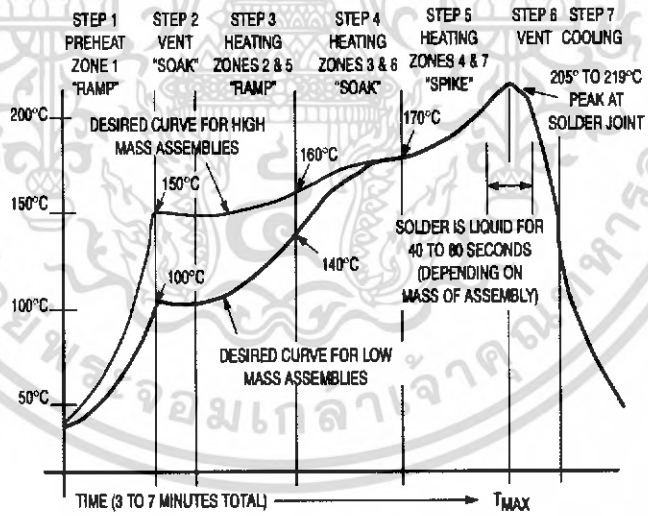
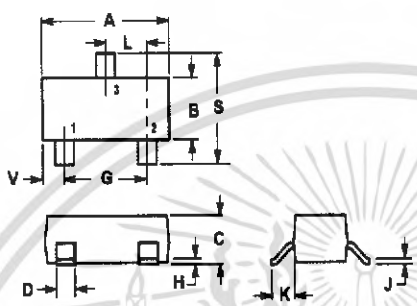


Figure 6. Typical Solder Heating Profile

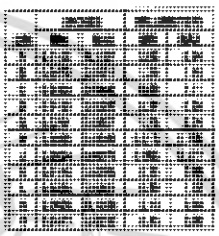
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

SOT–23 (TO–236AB)
CASE 318–08
ISSUE AF



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. MAXIMUM LEAD THICKNESS INCLUDES LEAD FINISH THICKNESS. MINIMUM LEAD THICKNESS IS THE MINIMUM THICKNESS OF BASE MATERIAL.

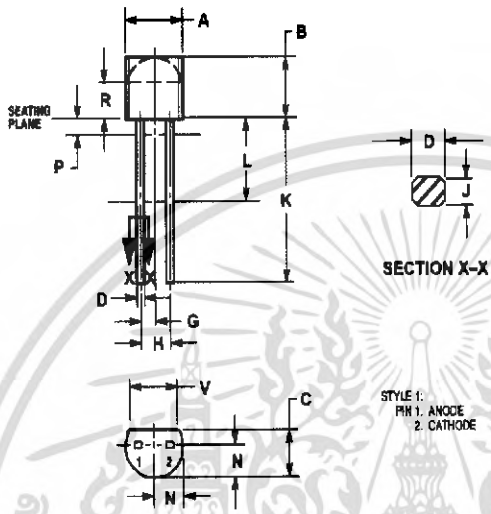


STYLE 8:
PIN 1. ANODE
2. NO CONNECTION
3. CATHODE

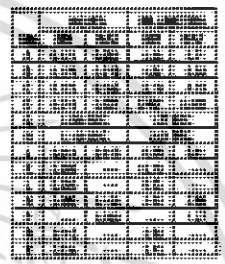
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

TO–92 (TO–226AC)
CASE 182–06
ISSUE L



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND ZONE R IS UNCONTROLLED.
4. LEAD DIMENSION IS UNCONTROLLED IN P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Datasheet SMD Schottky Barrier Rectifier เบอร์ CDBM220

SMD Schottky Barrier Rectifier

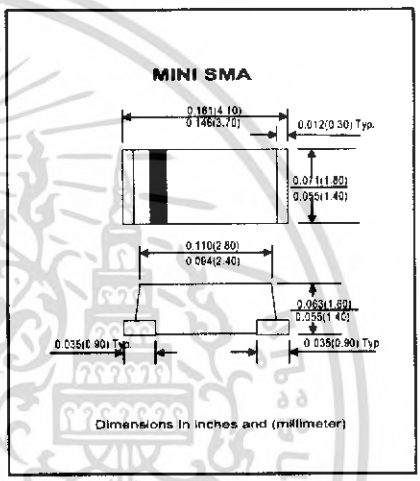
COMCHIP
www.comchip.com.tw

CDBM220 Thru CDBM2100

Reverse Voltage: 20 - 100 Volts
Forward Current: 2.0 Amp

Features

- Ideal for surface mount applications
- Easy pick and place
- Plastic package has Underwriters Lab. flammability classification 94V-0
- Exceeds environmental standard MIL-S-19500/228
- Low leakage current



Mechanical data

- Case: Mini SMA/SOD-123 molded plastic
- Terminals: solderable per MIL-STD-750, method 2026
- Polarity: Color band denotes cathode end
- Mounting position: Any
- Approx. Weight: 0.04 gram

Maximum Ratings and Electrical Characterics

Parameter	Symbol	CDBM220	CDBM240	CDBM260	CDBM280	CDBM2100	Unit
Max. Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	20	40	60	80	100	V
Max. DC Blocking Voltage	V_{DC}	20	40	60	80	100	V
Max. RMS Voltage	V_{RMS}	14	28	42	56	70	V
Peak Surge Forward Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rate load (JEDEC method)	I_{FSM}	50					A
Max. Average Forward Current	Io	2.0					A
Max. Instantaneous Forward Current at 1.0 A	V_F	0.50		0.70	0.85		V
Max. DC Reverse Current at Rated DC Blocking Voltage Ta=25°C	I_R	0.5					mA
Ta=100°C		10			5		
Typical. Thermal Resistance (Note 1)	$R_{\theta JA}$	85					°C/W
	$R_{\theta JL}$	20					
Operating Junction Temperature	Tj	-55 to +125			-55 to +150		°C
Storage Temperature	T_{STG}	-55 to +150					°C

Note 1: Thermal resistance from junction to ambient and junction to lead P.C.B. Mounted on 0.2 x 0.2 copper pad areas

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rating and Characteristic Curves (CDBM220 Thru CDBM2100)

Fig. 1 - Reverse Characteristics

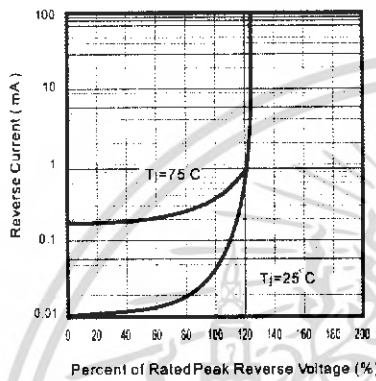


Fig.2 - Forward Characteristics

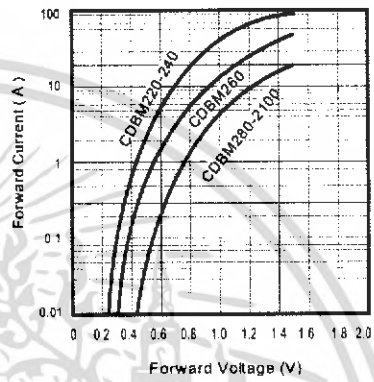


Fig. 3 - Junction Capacitance

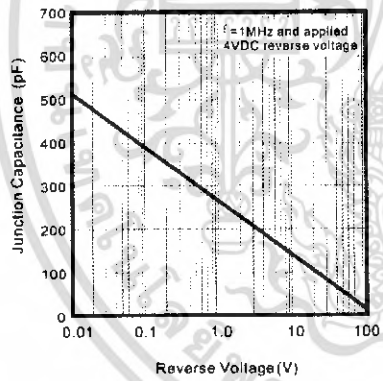


Fig. 4 - Current Derating Curve

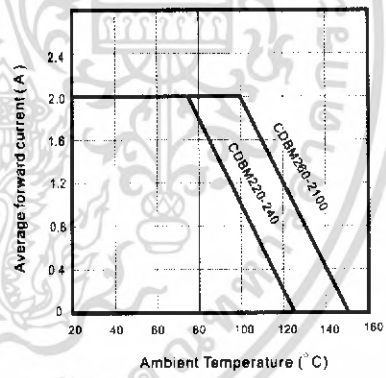
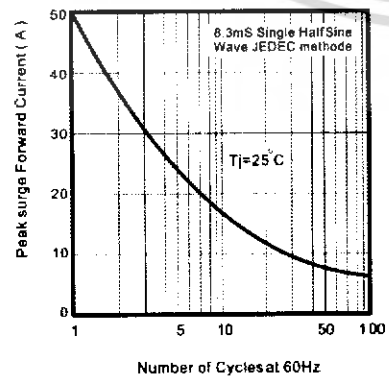


Fig. 5 - Non repetitive Forward Surge Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แนะนำเครื่องเล่น

เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุขนาดย่อส่วนแบบทำงานด้วยกำลังไฟฟ้า ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าสมรรถนะทางการบินรวมถึงวิธีควบคุมนั้นเป็นของโมเดลที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ เครื่องจะถูกควบคุมโดยคันบังคับแบบ Collective Pitch (คันบังคับนี้ใช้เพื่อเพิ่มมุมของใบพัดขณะที่ใบพัดหมุนอยู่ในตำแหน่งของใบพัดมันจะทำหน้าที่เพิ่มหรือลดแรงยกที่เกิดจากใบพัด) และใบพัด (Main Motor) แบบ Bell/Hiller Mixer Linkage ดังนั้น เครื่องจึงไม่ต้องมีการปรับแต่งอะไรมากนัก ซึ่งการปรับแต่งดังกล่าวมักจะมีผลข้างเคียงต่อระบบควบคุมการบินได้ ด้วยเหตุนี้เอง เครื่อง เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ จึงไม่มีปัญหาในการบินเมื่อตกอยู่ในสภาวะลมแรง แม้ว่าตัวเครื่องจะมีขนาดเล็กก็ตาม

ระยะเวลาในการบินต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง ขึ้นอยู่กับการติดตั้งตัวเครื่องและสไตล์การบินของผู้เล่น แต่จากประสบการณ์เมื่อทำการบินในสภาวะปกติ และใช้ Lipo Battery (แบตเตอรี่แบบลิเทียมพอลิเมอร์) จะบินได้ราวๆ 15 นาที

การควบคุมการหมุนของใบพัด, Pitch Axis และ Collective Pitch ได้ถูกผนวกกันเป็นกลไกเดียว ซึ่งหมายความว่าเครื่องรุ่นนี้สามารถบินได้โดยใช้หลักการพื้นฐานเพียงการควบคุมทิศทางการบินแบบระบบบังคับวิทยุสี่ทิศทาง และใช้ Y-Lead ที่ทำให้การควบคุมความเร็วใบพัดเข้าคู่ไปกับ Collective Pitch อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องกระจายสัญญาณที่เป็นอุปกรณ์พิเศษสำหรับเครื่องเล่น (MC - 12, MC - 24) จะช่วยให้การทำงานเป็นไปได้ดีกว่านี้

เครื่องเล่นประกอบด้วยส่วนประกอบที่เป็นไนล่อนจึงมีน้ำหนักเบาและแข็งแรงในส่วนของก้านหาง (Tail Boom), เสาค้ำ (Boom Brace) และ ขารับส่วนหาง (Skid) ทำขึ้นจาก Eloxided Aluminium ส่วนโครงสร้างเป็น Glass Reinforced Plastic (GRP Frame) ที่ทนต่อแรงกระแทก และไม่เป็นแม่เหล็ก ซึ่งสามารถ"ปิด" ได้ด้วย แผ่นพิล์มลอกลาย ทำให้เครื่องมีความมั่นคง สม่ำเสมอในการบิน

รูปที่ ง.1 ภาพจริงของเฮลิปเตอร์บังคับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์กำลังขับใบพัดทำงานด้วย Single-Stage Gearbox ที่ควบคุมการหมุนอิสระแบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษที่ไม่มีในเครื่องรุ่นเล็กขนาดนี้ ส่วนใบพัดหางใช้กำลังขับมอเตอร์ส่งผ่านจาก Ball Race Fiber Shafts

2. รายละเอียดเครื่องเล่น

2.1 ความยาวตลอดลำตัวเครื่อง: 750 mm

2.2 ความกว้างตัวเครื่อง: 320 mm

2.3 เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด: 630 mm

2.4 เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดส่วนหาง: 145 mm

2.5 น้ำหนักเครื่องขณะทำการบิน: 555 g (เมื่อใช้แบตเตอรี่ NI-NH)

2.6 สายพานขนาด 0.75 เซนติเมตร

2.7 มอเตอร์: 380 (ทั้งแบบธรรมดาและ Brushless)

2.8 น้ำหนักเซอร์โวมอเตอร์: 9 g

2.9 ระยะเวลาทำการบิน: 7-8 นาทีเมื่อใช้แบตเตอรี่แบบ NI-NH

3. ข้อควรระวัง

3.1 ชุดอุปกรณ์ทั้งหมดสามารถประกอบขึ้นเป็นตัวเครื่องที่ใช้งานจริงได้ (Working Model) แต่ไม่ได้หมายความว่าเครื่องเล่นจะมีความปลอดภัย โดยเฉพาะเมื่อมีการประกอบที่ไม่ถูกต้อง อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุกับคนรอบข้างและความเสียหายที่ต่อทรัพย์สิน

3.2 เมื่อมอเตอร์หมุนใบพัดทำงาน จะส่งแรงขับดันใบพัดด้วยกำลังแรงสูง หากมีสิ่งใดเข้าไปอยู่ในเขตทำงานของใบพัดอาจก่อให้เกิดความเสียหายให้กับวัตถุนั้นได้ โดยเฉพาะร่างกายของผู้เล่น ดังนั้นจึงควรใช้งานอย่างระมัดระวัง

3.3 ถ้ามีสิ่งใดกีดขวางการหมุนของใบพัด ย่อมก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงต่อใบพัดและสิ่งของนั้น ใบพัดที่เสียหายหรือหักไปนั้น ไม่สามารถทำการบินต่อไปได้ เครื่องจะเกิดการเสียสมดุล ไม่สามารถควบคุมได้ และตกลงในจุดที่คุณไม่สามารถกำหนดได้

3.4 คุณอาจเสียการควบคุมเครื่อง เมื่อมีการรบกวนสัญญาณวิทยุ ซึ่งบางครั้งก็เกิดขึ้นจากเครื่องอยู่ไกลเกินระยะควบคุมทางวิทยุ ความผิดปกติของอุปกรณ์ภายใน หรือ แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ แต่ไม่ว่าจะเกิดจากอะไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้จะเหมือนกันคือ เครื่องจะตอบสนองการทำงานผิดปกติไป โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า

3.5 เครื่องเฮลิคอปเตอร์ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญหลายอย่างเช่น Gearbox, มอเตอร์, Ball-Link จึงควรทำการดูแลรักษาให้ดีและตรวจสภาพการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานสำหรับเครื่องเฮลิคอปเตอร์ขนาดจริงที่เรียกว่า "Pre-Flight Check" ที่จะต้องทำก่อนการบินทุกครั้ง และวิธีดังกล่าวก็จัดได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญต่อการใช้งานเครื่องเล่นย่อส่วนเช่นกัน ผู้เล่นต้องทำการตรวจอุปกรณ์เพื่อหาจุดผิดพลาดอยู่อย่างสม่ำเสมอ เมื่อพบจุดผิดปกติควรรีบแก้ไข อย่าปล่อยปละละเลยก่อนที่เครื่องจะเกิดความเสียหายมากไปกว่านี้

3.6 ในชุดอุปกรณ์มีเอกสารแสดงข้อมูลเครื่องเล่น ซึ่งเอกสารดังกล่าวจะมีข้อควรจำและคำเตือนต่างๆในการใช้เครื่อง ควรอ่านให้ละเอียดและทำตามข้อกำหนดของเอกสารนี้

3.7 เครื่องเล่นรุ่นนี้ออกแบบให้ควบคุมและใช้งานโดยผู้เล่นที่เป็นผู้ใหญ่ สำหรับผู้เล่นที่อายุตั้งแต่ 16 ปีขึ้นไป ต้องอยู่ภายใต้คำแนะนำและการดูแลของผู้เล่นที่เป็นผู้ใหญ่

3.8 อุปกรณ์บางส่วนของเครื่องเล่นมีความคม ซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้งานได้

3.9 เครื่องเล่นนี้ได้รับการยอมรับว่าสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย และต้องทำตามข้อกำหนดของกฎหมาย เช่น การทำประกันภัยบุคคลที่สาม, การใช้งานเครื่องในพื้นที่ที่ได้รับการอนุญาตให้ทำการบินได้, การใช้งานสัญญาณวิทยุที่ได้ลิขสิทธิ์ ซึ่งข้อกำหนดดังกล่าวมักแจะแตกต่างกันไปตามพื้นที่

3.10 สำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องระมัดระวังการเคลื่อนย้ายเครื่องที่อาจกระทบกระเทือนต่อตัวเครื่องโดยเฉพาะจุดที่มีความเปราะบางอย่างจุดเชื่อมต่อใบพัดและ ใบพัดส่วนหาง

3.11 การใช้งานเครื่องไม่ใช่ว่าจะทำกันได้ง่ายๆ ผู้เล่นจะต้องฝึกหัดและเรียนรู้การใช้งานเครื่องเป็นอย่างดี โดยเฉพาะการประสานงานกันระหว่างการใช้สายตากับมือควบคุมซึ่งเป็นหลักขั้นพื้นฐานในการใช้งานเครื่องเล่นขนาดย่อส่วน

3.12 ก่อนจะทำการบิน ผู้เล่นต้องมีความเข้าใจต่อการทำงานของเครื่องยนต์ ผู้เล่นต้องมีความเข้าใจทฤษฎีการบินของเครื่องเฮลิคอปเตอร์อย่างละเอียดและศึกษาการใช้งานเครื่องเฮลิคอปเตอร์แบบย่อส่วนจากผู้เล่นที่มีประสบการณ์ ควรขอคำปรึกษาข้อแนะนำในการเล่นหรือถ้าให้ดี ควรเรียนกับโรงเรียนที่ฝึกสอนผู้เล่นเครื่องเล่นชนิดนี้โดยตรงซึ่งทางร้านที่ขายเครื่องเล่นชนิดนี้จะช่วยคุณได้

3.13 ต้องแน่ใจว่าคุณทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อแนะนำในการใช้งานเครื่องเล่นนี้แล้วจริงก่อนทำการบินสำคัญอย่างยิ่งที่ผู้เล่นต้องเข้าใจอย่างแท้จริงถึงวิธีการถอดประกอบที่ถูกต้องรวมไปถึงขั้นตอนต่างๆที่จำเป็นต่อการใช้งานเครื่อง

3.14 ห้ามทำการดัดแปลงเครื่องโดยการเพิ่มส่วนประกอบอื่นๆ ที่นอกเหนือจากข้อกำหนด เว้นแต่ว่าคุณจะมั่นใจว่าอุปกรณ์เสริมนั้นมีคุณภาพและเหมาะสมต่อการใช้งานของคุณจริง

3.15 ทางผู้ผลิตได้พยายามอย่างยิ่งที่จะเตือนคุณถึงอันตรายของการใช้งานเครื่องเล่นนี้แล้ว การใช้งานเครื่องเล่นโดยผู้ใช้งานเป็นสิ่งที่นอกเหนือการควบคุมของผู้ผลิตและจำหน่าย ทางผู้ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจำหน่ายจึงไม่ขอรับผิดชอบทางกฎหมายหากเกิดความเสียหายขึ้นจากการกระทำของผู้เล่น

4. ข้อจำกัดความรับผิดชอบ/การชดใช้

ด้วยเพราะผู้จัดทำไม่มีอภิสิทธิ์ในการควบคุมผู้เล่นเกี่ยวกับเรื่องของ การประกอบเครื่อง การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดทั้งการควบคุมและการดูแลรักษาระบบวิทยุส่งสัญญาณ ดังนั้นทางผู้ผลิตจึงไม่ขอรับผิดชอบความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการใช้งานที่ผิดรวมไปถึงการติดตั้งเครื่องด้วยอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสมซึ่งทางผู้จัดทำไม่ได้กำหนดไว้

เว้นแต่ว่าเป็นข้อผูกพันทางกฎหมาย ที่จะต้องเป็นผู้ชดใช้ค่าเสียหาย โดยที่ไม่ต้องรอข้อสรุปทางกฎหมาย ซึ่งจะจำกัดค่าชดใช้ไม่เกินไปกว่ามูลค่าสินค้าของ ที่ตรวจพบความเสียหายได้ทันทีในเหตุการณ์นั้น ข้อผูกพันทางกฎหมายดังกล่าวจะไม่สามารถนำมาใช้ได้ เมื่อ ถูกพบว่าเป็นกรณีความรับผิดไม่จำกัด (Unlimited Liability) ตามที่กำหนดไว้ในข้อผูกพันทางกฎหมาย

5. คู่มือการใช้งาน

เราได้พยายามทำคู่มือการใช้งานฉบับนี้ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้เครื่องเล่นได้ใช้เครื่องเล่นอย่างปลอดภัย กรุณาทำตามข้อแนะนำทีละขั้นตอนอย่างถูกต้อง ซึ่งจะช่วยรับรองได้ว่าท่านจะประสพความสำเร็จในการใช้งานเครื่อง คู่มือนี้สามารถใช้ได้ทั้งกับผู้ที่เริ่มเล่นและผู้มีประสบการณ์

1. ภาพประกอบที่มีในคู่มือนี้ จะช่วยอธิบายว่าควรจะประกอบเครื่องเล่นอย่างไร ควรอ่านคำอธิบายในการประกอบควบคู่กับภาพประกอบคำบรรยาย
2. ส่วนประกอบทั้งหมดอย่างเกียร์หรือตลับลูกปืน (Bearing) ซึ่งเป็นข้อต่อขับเคลื่อนจะต้องได้รับการดูแล หยอดน้ำมันหล่อลื่น
3. คุณจะทราบรายการอุปกรณ์ทั้งหมด รวมไปถึงอุปกรณ์เสริมต่างๆ พร้อมภาพแสดง จากท้ายข้อแนะนำนี้

5.1 การประกอบเครื่อง

ระบบเครื่องยนต์หลักของ เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุมีโครงสร้างขั้นพื้นฐานเป็น Glass Fiber Reinforced Nylon ซึ่งเป็นวัสดุที่มีข้อดีเหนือกว่าอะลูมิเนียมตรงที่มีน้ำหนักเบา และทนทาน มอเตอร์จึงไม่ทำงานหนัก เดินเครื่องเงียบ และยังมีความสามารถที่ช่วยดูดซับแรงสะเทือนอันเกิดจากการใช้งานเครื่อง ด้วยชุดอุปกรณ์ที่ทางผู้ผลิตให้มานั้น จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถประกอบเครื่องเล่นสำหรับใช้งานขั้นพื้นฐานได้ ซึ่งรวมไปถึงการติดตั้งระบบรับสัญญาณวิทยุและแบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับบิน ซึ่งอย่างไรก็ตาม เมื่อผู้ใช้งานประกอบเครื่องเล่นแล้ว ควรตรวจสอบว่าได้ทำการประกอบอย่างถูกต้องหรือไม่ โดยให้เปรียบเทียบกับภาพที่มีอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการประกอบเครื่อง การปรับแต่งขั้นสุดท้ายที่เป็นเรื่องของ Gearbox และ Linkage ต้องเป็นไปตามที่ผู้ออกแบบโมเดลกำหนด

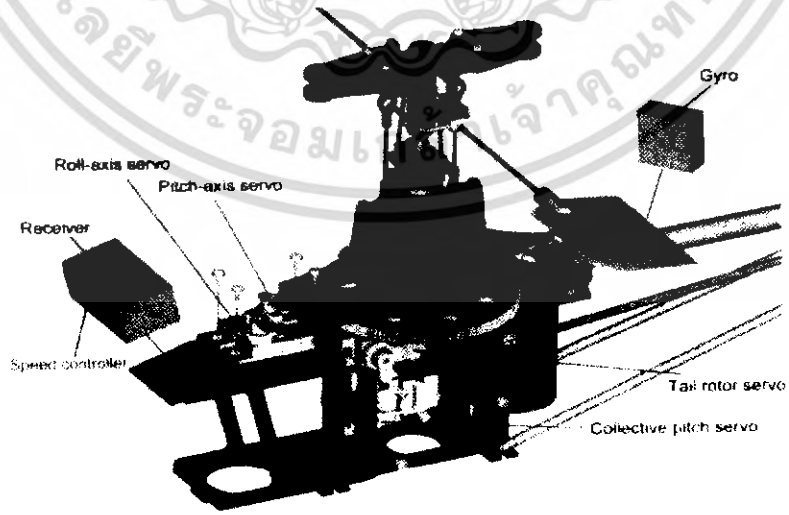
สิ่งสำคัญที่ควรทราบ: ก่อนที่จะนำไปใช้งาน ให้ตรวจดูระบบควบคุมกำลังยนต์ว่าเดินเครื่องได้ดี ไม่มีสะดุดหรือไม่ปรับแต่งใบพัดส่วนหาง โดยทำการคลายสกรูที่ช่วยยึดส่วนใบพัดไปจนถึงก้านหางและทำการปรับแต่งตำแหน่งของใบพัดส่วนหางจนกว่าจะมีช่องขนาด 0.5 mm ระหว่างด้านท้ายสุดของเฟืองทองเหลืองกับ Hub ของเกียร์พลาสติกที่อยู่บนยอดของเสากระโดงใบพัดหาง (Tail Rotor Shaft) จากนั้นจึงทำการยึดสกรูให้แน่นและตรวจดูให้แน่ใจว่าเสากระโดงอยู่ในแนวระนาบจริง

จากนี้ให้คลายสกรูที่ยึดด้านหน้าของก้านหางหรือ Tail Boom เข้ากับโครงเครื่อง ปรับตำแหน่ง Tail Boom จนกระทั่งมองเห็นช่องตะแกรงระหว่าง Crown Gear ของเกียร์ควบคุมใบพัดส่วนหางกับเฟืองมอเตอร์ จากนั้นจึงไขสกรูให้แน่น ท้ายสุดให้คลายสกรูมอเตอร์ทั้งหมดและไขให้แน่นอีกครั้ง ซึ่งจะช่วยให้มั่นใจได้ว่ามอเตอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมระหว่าง Main Gear และระบบขับใบพัดส่วนหาง

การติดตั้งระบบควบคุมผ่านสัญญาณวิทยุ (Radio Control System)

การติดตั้งระบบควบคุมผ่านสัญญาณวิทยุสามารถทำได้ตามภาพประกอบ : โดยให้ส่วนเซอร์โวยึดติดกับโครงเครื่องด้วยสกรู

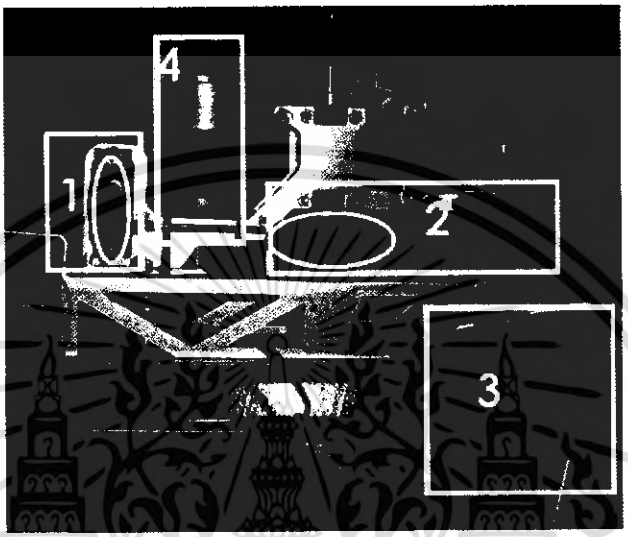
ข้อควรจำ : เซอร์โวใบพัดส่วนหางจะอยู่ใกล้ชิดกับ Main Gear มาก แต่ต้องไม่กระทบกัน ปรับให้มีความห่างกันเล็กน้อยขึ้นฟอร์ม Z-Bend ในก้านกระทุ้ง (Pushrod) ไว้สำหรับแผ่นกระทบ (Swash Plate), คันบังคับแบบ Collective Pitch และใบพัดส่วนหางดังที่เห็นในภาพประกอบ และเชื่อมฟอร์มที่เสร็จสิ้นแล้วเข้ากับแขนส่งออกของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Output Arm) ก่อนที่จะยึดให้เข้ากับเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ ง.2 ภาพส่วนประกอบต่างๆ

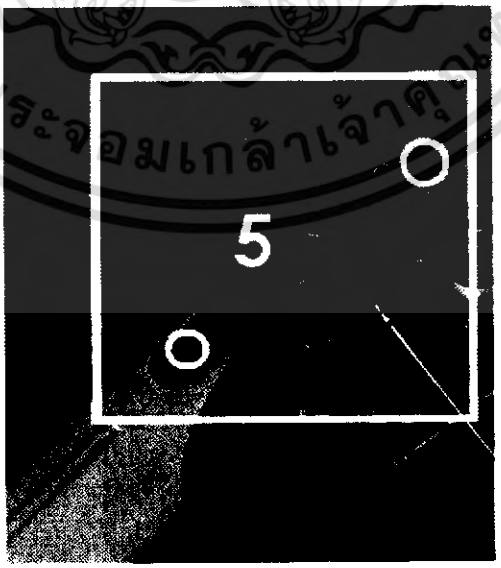
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งสำคัญที่ควรทราบ : ส่วนเซอร์โวต้องกำหนดให้อยู่ตรงกลาง (Neutral) ก่อนที่จะยึดแขนส่งออก วิธีการกำหนดตำแหน่งนี้สามารถทำได้โดยการเชื่อมส่วนระบบรับทั้งหมดรวมถึงแบตเตอรี่ตัวรับ (Receiver Battery) จากนั้นเปิดสวิทช์เครื่องส่งสัญญาณและตัวรับตรวจสอบก้านและขอบทั้งหมดให้อยู่ตรงกลาง



รูปที่ ง.3 ภาพชุดเฟือง เซอร์โวมอเตอร์และสายพาน

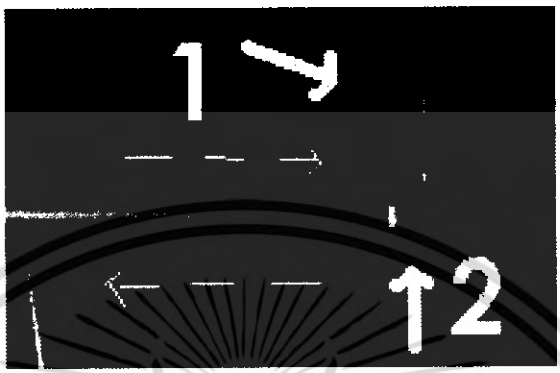
การติดตั้งคันบังคับแบบ Collective Pitch ทำได้โดยการปรับแต่ง Pushrod ซึ่งทำงานผ่านแกนใบพัด ให้คลายสกรูที่ยึดส่วน Control Rocker เพื่อปรับแต่งส่วนนี้ ให้ปรับแต่ง Pushrod



รูปที่ ง.4 ภาพการติดตั้งใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งความยาวแกนกระทุ้งของใบพัดหาง ถ้าทำได้ถูกต้องแขนควบคุมใบพัดหางจะอยู่ที่มุมขวาของก้านหาง ในขณะที่เซอร์โวจะอยู่ตรงกึ่งกลาง



รูปที่ ง.5 ภาพการการส่งสายพานและการหมุนของใบพัดท้าย

เชื่อมต่อส่วนควบคุมความเร็วเข้ากับมอเตอร์ดังคู่มือที่ให้มาพร้อมกับมอเตอร์ เก็บสายเคเบิ้ลให้สั้นที่สุดเท่าที่ทำได้ ถ้าเป็นไปได้ แนะนำให้ทำบัดกรีโดยตรงเข้ากับจุดเชื่อมต่อมอเตอร์

ต้องมั่นใจว่าจะไม่เกิดการลัดวงจรระหว่างขาตัวเก็บประจุ (ที่บัดกรีเข้ากับจุดเชื่อมต่อมอเตอร์) กับมอเตอร์ แบตเตอรี่ที่ใช้ที่จะให้กำลังไฟฟ้าไปที่ระบบตัวรับกำลังผ่านทางระบบ BEC ที่รวมเข้าด้วยกันกับส่วนควบคุมความเร็ว การเชื่อมระบบด้วยปลั๊กกับตัวรับ การเชื่อมต่อนี้ควรจัดตำแหน่งให้ง่ายต่อการเข้าถึงเมื่อมีการจัดทำห้องเครื่องด้วยเพราะว่าปลั๊กและตัวรับทำหน้าที่เหมือนสวิทช์ ON/OFF สำหรับระบบรับสัญญาณและทำหน้าที่ชาร์จแบตเตอรี่ด้วย

รูปที่ ง.6 ภาพการใส่ส่วนครอบด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบตเตอรี่สำหรับทำการบินจะถูกติดตั้งที่ใต้โครงเครื่องด้านหน้าดังภาพประกอบ และต้องมั่นใจว่าวางอยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลางของศูนย์ถ่วง (มักอยู่ใต้แกนใบพัด) อย่างถูกต้องซึ่งจะทำให้ประกอบเข้ากับส่วนห้องเครื่องได้พอดี เมื่อคุณพอใจแล้วจึงประกอบส่วนห้องเครื่องเข้ากับโครงเครื่อง ซึ่งการประกอบจะไม่มีปัญหาหากว่าจัดวางตำแหน่งได้ถูกต้อง

5.2 การ Set Up ระบบ

5.2.1 การตั้ง Cyclic Control System

การ Set Up ขั้นพื้นฐานสำหรับระบบควบคุมการทำมุมใบพัดควรถูกต้องอยู่แล้วถ้าคุณได้ติดตั้ง linkage อย่างถูกต้องตามที่กำหนดไว้ในคู่มือ จากการที่คู่มือกล่าวรวมไปถึงความยาวของคาน (เมื่อ Linkage Hole จัดวางได้ถูกต้อง) การ Set Up ขั้นสุดท้าย จะทำได้โดยการควบคุมไฟฟ้าจากตัวส่งสัญญาณ

5.2.2 การตั้งมุมใบพัด (Main Rotor Pitch Setting)

มุมใบพัดสามารถวัดได้โดยใช้ Pitch Gauge ที่ให้มาพร้อมกับชุดอุปกรณ์นี้ ตารางต่อไปนี้แสดงถึงการตั้งมุมใบพัดขั้นพื้นฐานที่คู่มือกำหนดไว้ แต่ค่าการตั้งที่เหมาะสมนั้นอาจแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะจำเพาะของเครื่องรุ่นนั้นและขนาดของใบพัดที่ใช้อยู่

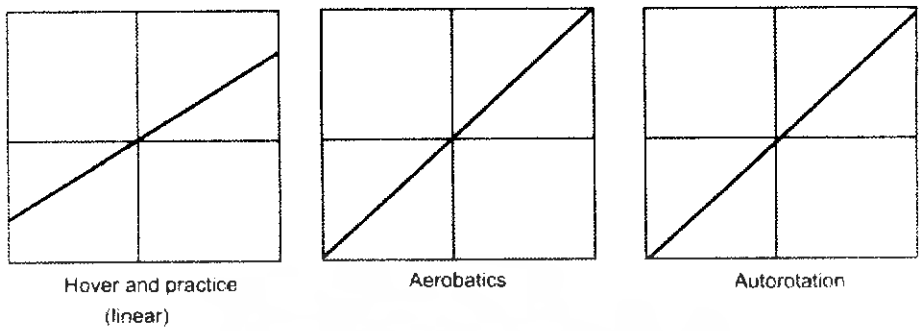
	Minimum	Hover	Maximum
Hovering and practice	-1°	3°...4°	7°
Aerobatice	-7°	0°	7°
Auto-rotation	-1°	3°	8°

รูปที่ ง.7 ภาพการเอียงทำมุมของใบพัดและตารางการคำนวณ

ทางที่ดีที่สุดสำหรับการตั้งมุมใบพัดบน Transmitter ที่ถูกต้องคือ

1. วัด Hovering Pitch และตั้งให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง
2. วัดค่า Collective Pitch สูงสุดและต่ำสุดและปรับแต่งค่าตามไดอะแกรมต่อไปนี้ โดยใช้ Transmitter's Collective Pitch Curve

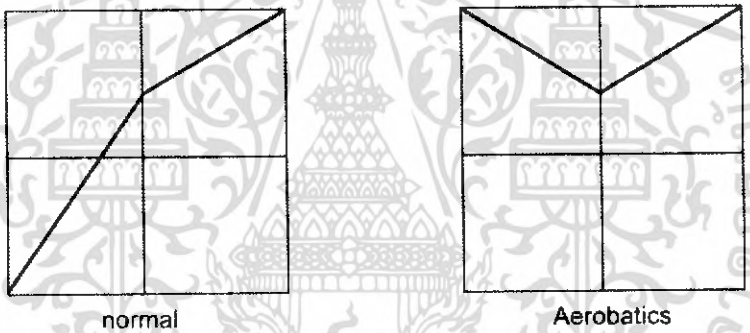
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.8 ภาพระยะการเอียงทำมุมของใบพัด

5.2.3 การตั้งระบบควบคุมมอเตอร์

ให้ทำตามไดอะแกรมข้างล่าง ซึ่งแสดงให้เห็นถึง Motor Control Curve 2 แบบ



รูปที่ ง.9 ภาพไดอะแกรมการทำงานของการบังคับมอเตอร์

1. **"Normal" Power Curve** เหมาะสำหรับ Hovering และ Circuit
2. **"Aerobatic" Power Curve** เป็นการตั้งเครื่องที่ไม่ต้องการให้มอเตอร์หยุดการทำงานไม่ว่าจะเป็นตำแหน่งใดบน Collective Pitch Stick ซึ่งหมายความว่าการตั้ง Curve ดังกล่าวจะทำเฉพาะเมื่อเครื่องทำการบินแล้วเท่านั้น

ค่ากำหนดดังกล่าวเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ซึ่งยังไม่มีค่ากำหนดอื่นใดมาปรับใช้ได้

5.3 การปรับแต่งอื่นๆ

5.3.1 การปรับทิศทางเซอร์โว ให้ตั้ง "Sensor" (ทิศทางการหมุน) ของเซอร์โวทั้งหมดตามที่คู่มือกำหนด ให้ทำการตรวจสอบไปยังตัวควบคุมความเร็วเป็นพิเศษ

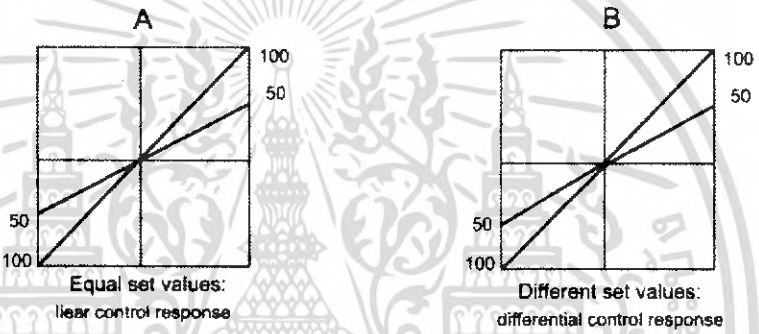
5.3.2 Dual Rate คุณสามารถปรับเปลี่ยนการหันเหของของ Roll-Axis, Pitch-Axis และ ใบพัดส่วนหางได้ ในจุดเริ่มต้นการปรับแนะนำว่าควรอยู่ที่ 100% และ 75% ของการตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 Exponential สำหรับการตั้งเครื่องขั้นพื้นฐาน คุณควรปล่อยให้ระบบควบคุมทั้งหมดเป็นแบบ Linear

5.3.4 Servo Travel Center Offset อย่าทำการปรับแต่งใดๆ ที่จุดนี้ ในช่วงระยะหลังๆ คุณอาจทำการปรับแต่งได้เล็กน้อย

5.3.5 การปรับแต่ง Servo Traveling คุณสามารถปรับแต่ง Servo Traveling ได้ถึงจุดสูงสุดจำไว้ว่าการ Travel ควรเป็นเช่นเดียวกันทั้งสองด้านของ Neutral มิฉะนั้น คุณจะต้องพบกับผลกระทบที่ไม่ต้องการ



รูปที่ ง.10 ภาพไดอะแกรมของการปรับที่สมดุลกัน และการปรับที่ไม่สมดุลกัน

สำหรับ Swatch Plate Servo (ส่วนหน้าที่ของ Collective Pitch) สำคัญที่ต้องตรวจสอบว่า Servo Travel มีความสมมาตรกัน (Symmetrical) คือ ทั้งสองด้านมีค่าเดียวกัน Collective Pitch Function ของ Swatch Plate Servo ควรให้มุมใบพัดตั้งแต่ -5 จนถึง +13 ด้วยความสมมาตร คุณอาจจำเป็นต้องเอา Servo Output Arm ออก แล้วหมุนกลับด้านด้วยสลักยึด จากนั้นทำการยึดสกรูอีกครั้ง

การ Set Up เครื่องยนต์ต้องทำให้อยู่ในสภาวะที่ดีเยี่ยมที่สุด เมื่อ Collective Stick อยู่ตรงกลาง (Hover Point) Collective Pitch ควรเป็นไปด้วยและตัวควบคุมความเร็วควรตั้งอยู่ที่ตำแหน่ง "Half Throttle"

ข้อควรจำ : Collective Pitch และ Power Curve สามารถปรับแต่งในภายหลังตามความต้องการส่วนตัว อย่างไรก็ตาม ถ้าคุณตั้ง Differential Travel แล้วดังข้อ B ข้างบน การปรับแต่งในภายหลังจะทำได้ยากมาก

5.3.6 Collective Pitch และ Power Curve การปรับแต่งส่วนนี้มีความสำคัญต่อการบินของเฮลิคอปเตอร์ทุกรุ่น การทำตามข้อปฏิบัติจะช่วยรักษาความคงที่ในการหมุนใบพัดในขณะที่เครื่องยกตัวขึ้นหรือร่อนลง ซึ่งเป็นลักษณะเสถียรที่สำหรับการปรับหาค่าที่ดีที่สุดอย่างการปรับมุมบิดโดย Torque Compensation System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.7 Static Torque Compensation เซอร์โวส่วนใบพัดหางจะควบคู่กับ Collective Pitch Function ผ่านทาง Mixer ในตัวรับสัญญาณเพื่อที่จะใช้ชดเชยการเปลี่ยนแรงบิดขณะที่ทำการควบคุม Collective Pitch Control ในตัวรับสัญญาณวิทยุแบบ Mixer สามารถกำหนดให้ค่า Input ในการร่อนลงและยกเครื่องขึ้นแยกออกจากกันได้

ค่าปรับแต่งที่เหมาะสมคือ การไต่ระดับอยู่ที่ 35% การร่อนลงอยู่ที่ 15%

5.3.8 การปรับแต่งไจโร ระบบ Gyro ช่วยป้องกันการหมุนทิศทางอันไม่พึงประสงค์ตามแนวตั้งของเครื่องซึ่งเรียกว่า Yaw Movement โดยระบบจะทำการตรวจสอบความเคลื่อนไหวที่ผิดปกติและอัดฉีดสัญญาณชดเชยเข้าไปที่ระบบควบคุมใบพัดส่วนหาง และเพื่อให้ได้ผลตามที่ต้องการระบบไจโรอิเล็คทรอนิคส์จึงเชื่อมต่อกับเซอร์โวของใบพัดหางและตัวรับ

Gyro System ใช้ใน R/C Helicopter 35# เพื่อปรับ Gain โดยเริ่มต้นควรมีค่าอยู่ 50% Gain

ให้ตรวจสอบทิศทางการทำงานของระบบชดเชยแบบไจโรว่าเป็นไปอย่างถูกต้อง ซึ่งจะตอบสนองต่อการเคลื่อนที่ของก้านหางที่ใบพัดส่วนหางให้ทำงานในทิศทางตรงข้ามกัน ถ้าไม่เป็นไปตามนี้ Yaw Movement จะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแทนที่ระบบไจโรจะทำให้ปัญหาลดลงกลับเพิ่มปัญหามากขึ้น

ปัจจัยหนึ่งที่เป็นเรื่องธรรมดาของระบบไจโรซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทดสอบการบินคือการติดตั้งระบบไจโรอย่างเหมาะสม ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการติดตั้งนั้นจะแตกต่างกันไป

การปรับแต่งไจโรจะช่วยให้ความเสถียรของไจโรอยู่ในระดับสูงและไม่ทำให้ไจโรเป็นต้นเหตุที่ทำให้ก้านหางแกว่ง

6. การตรวจเช็คสภาพครั้งสุดท้ายก่อนทำการบินครั้งแรก

เมื่อได้ประกอบเครื่องเล่นโดยสมบูรณ์แล้ว ให้ตรวจสอบครั้งสุดท้ายก่อนทำการบินดังข้อกำหนดข้างล่างนี้

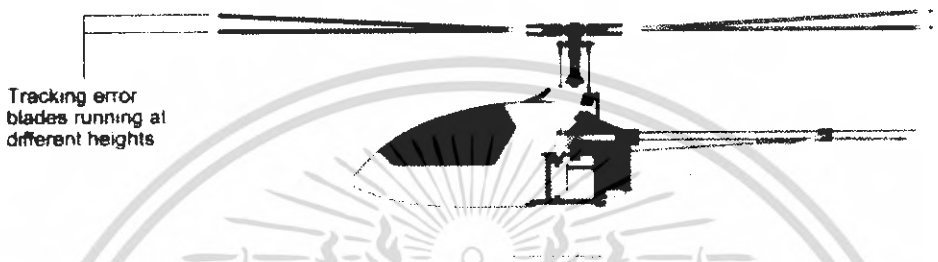
1. ศึกษาวิธีการใช้งานอีกครั้งและมั่นใจว่าขั้นตอนการประกอบเครื่องสมบูรณ์ครบถ้วนจริง
2. ตรวจสกรูทุกตัวใน Ball-Link และ Bracket ว่าขันแน่นหมดแล้วหลังจากที่ได้ปรับซ่อง Gear
3. เซอร์โวทุกตัวทำงานได้ดี เครื่องยนต์ไม่ติดขัดหรือไม่ ใบพัดถูกจัดวางในทิศทางที่ถูกต้องและสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของก้านหรือไม่ แล้วสกรูที่ยึดแขนส่งออกของเซอร์โวแน่นหรือไม่
4. ตรวจทิศทางของผลที่เกิดจากระบบไจโร
5. มั่นใจว่าสายพานยังสามารถใช้การได้อย่างดี
6. ต้องมั่นใจว่าตัวส่งสัญญาณวิทยุและแบตเตอรี่มีการชาร์ทไฟจนเต็ม
7. อย่าพยายามทำการบินจนกว่าจะมั่นใจว่าได้ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องทั้งหมดแล้วดังที่กล่าวมาข้างบนนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การปรับแต่งระหว่างการบินครั้งแรก

7.1 Blade Tracking

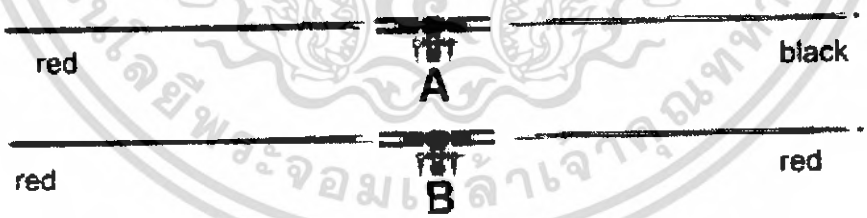
"Blade Tracking" หมายถึง ความสูงของใบพัดสองใบขณะทำการหมุน การปรับแต่งมุมใบพัดให้ได้ค่าเดียวกัน การหมุนของใบพัดก็อยู่ในระดับเดียวกันการตั้งค่าที่ไม่ถูกต้อง



รูปที่ ง.11 ภาพสภาวะการบินที่สั่น

ซึ่งทำให้ใบพัดสองใบขณะหมุนมีความสูงไม่เท่ากันจะทำให้เครื่องสั่นอย่างเลวร้ายในขณะทำการบิน ในขณะที่คุณปรับแต่ง Blade Tracking คุณจะอยู่ในเขตแนวปะทะของใบพัด ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยจึงควรถอยออกมาสัก 5 เมตรห่างจากเครื่องเล่น

คุณสามารถตรวจสอบทิศทางของใบพัดทั้งหมดถ้าคุณสามารถเห็นได้ชัดว่าใบพัดสูงกว่าและต่ำกว่า วิธีที่ดีที่สุดคือ ทำเครื่องหมายด้วยเทปสีตามภาพ



รูปที่ ง.12 ภาพการแสดงเครื่องหมายแถบสี

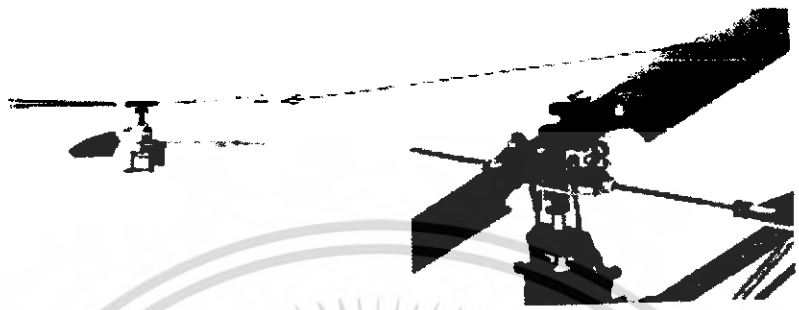
ซึ่งมีวิธีให้เลือก 2 วิธี คือ ภาพ A แสดงการใช้ความแตกต่างสีบนปลายของใบพัด ภาพ B แสดงการใช้ความเหมือนของสี แต่การใช้สอยนั้นจะแตกต่างระยะจากปลายใบพัด

7.2 ขั้นตอนการปรับแต่งทิศทางของใบพัด

1. จัดใบพัดให้กางออกมา แล้วมองให้ตรงตามระดับปีกหมุนของเฮลิคอปเตอร์
2. คุณสามารเห็นการหมุนของใบพัดได้ในระดับเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การติดตั้งต้องขันเกลียวเข้าที่ด้านในเพื่อให้ใบพัดนั้นต่ำลง แต่ถ้าคลายเกลียวออกจะทำให้ใบพัดสูงขึ้น



รูปที่ ง.13 ภาพการปรับใบพัดการบิน

8. การบำรุงรักษา

เฮลิคอปเตอร์ไม่ว่าใหญ่หรือเล็กต่างแหน่งส่วนมากต้องทำการบำรุง เช่น อุปกรณ์ที่มีการหมุน ควรขันเกลียวข้อต่อ ที่สำคัญควรตรวจสอบทุกครั้งที่จะทำการบิน ถ้ามีชิ้นส่วนที่ชำรุดอย่าพยายามซ่อมให้เปลี่ยนใหม่ทันที

9. การวัดความปลอดภัย

ขอการครอบคลุมการประกันภัยบุคคลที่สามอย่างเหมาะสมเชื่อมโมเดลในทุกจุดเพื่อให้บินได้

9.1 สถานที่ในการบิน

1. ไม่บังคับเครื่องบินของคุณเหนือคนดู
2. อย่าบังคับเครื่องบินของคุณใกล้สิ่งก่อสร้างและยานพาหนะ
3. หลีกเลี่ยงการบินเหนือผู้ที่ทำการเกษตรใกล้ทุ่งนา
4. อย่าบังคับเครื่องบินใกล้ทางรถไฟ ถนนหลัก หรือเหนือสายเคเบิล

9.2 ตรวจสอบก่อนการบิน ความปลอดภัยในการบิน

1. ก่อนที่จะเปิดเครื่องควรแน่ใจว่าไม่มีเครื่องส่งใดที่ใกล้เคียงกับความที่ใดๆที่ใกล้เคียงกับเครื่องส่งของท่าน
2. ตรวจสอบสถานที่ฝึกซ้อมด้วยระบบ R/C ของคุณ
3. ตรวจสอบเครื่องส่งแบตเตอรี่ให้เต็ม
4. อย่าบินออกนอกพื้นที่เกินการมองเห็นเพราะจะทำให้เกิดอันตรายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.3 การตรวจสอบหลังทำการบิน

1. ทำความสะอาดเครื่องและตรวจสอบการ ขันสกรูทั้งหมดว่ายังแน่นอยู่เป็นต้น
2. มองดูอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ว่าได้รับความเสียหายบ้างไหม และเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสื่อมสภาพแล้วตามเหมาะสม
3. ดูให้แน่ใจว่าส่วนประกอบที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ เช่น แบตเตอรี่ ตัวรับสัญญาณยังคงติดแน่นอย่างปลอดภัย จำไว้ว่ายางรัดแบตเตอรี่ถ้าเสื่อมจนขาด จะทำให้เฮลิคอปเตอร์ตกทันที
4. ตรวจสอบเครื่องรับสัญญาณเกี่ยวกับการบิน ควบคุม รอยแตกร้าว ของชนวน จะสังเกตได้จากภายนอก
5. ถ้าหากว่าใบพัดของเฮลิคอปเตอร์หมุนโดนพื้น ให้เปลี่ยนทันทีเพราะเกิดการเสียศูนย์

10. ระยะเวลาพื้นฐานที่กำหนดในการใช้รูปแบบการบินของเฮลิคอปเตอร์

ระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งหมุนรอบปีกเครื่องจักร ชี้ให้เห็นว่าการยกตัวของเฮลิคอปเตอร์เป็นสิ่งที่ได้รับมาจากการหมุนของปีก ซึ่งนำมาจากส่วนของใบพัดของเฮลิคอปเตอร์ในขณะที่ผลลัพธ์ เฮลิคอปเตอร์ไม่สามารบังคับใช้อย่างน้อยที่สุดสำหรับความเร็วของทิศทางในการสั่งให้บิน

10.1 การกำหนดระดับวงโคจร

การกำหนดการเปลี่ยนแปลงของระดับวงโคจรเป็นการใช้การนำทางเครื่องจักรรอบการหมุนและการกำหนดระดับ การเปลี่ยนแปลงระดับวงโคจรมีผลกระทบของการปรับเปลี่ยนการกำหนดระดับใบพัด ซึ่งขึ้นในตำแหน่งวงกลม ผลกระทบมีสาเหตุมาจากความลาดเอียงของการกระทบแผ่นโลหะ ซึ่งเมื่อมีประสิทธิภาพของความลาดเอียงของเฮลิคอปเตอร์ในทิศทางที่ต้องการ

10.2 กลุ่มของระดับเสียง

การเตรียมกลุ่มของระดับเสียงมีการควบคุมตลอดซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวยานพาหนะในแนวตั้งเป็นต้น ค่อยๆเพิ่มขึ้นละตกลงมา การตั้งระดับเสียงของส่วนอื่นและใบพัดควรทำพร้อมๆกัน

10.3 การชดเชยแรงที่ทำให้หมุน

การหมุนของใบพัดเป็นแรงที่สร้างขึ้นชั่วขณะ ซึ่งเป็นการโน้มเอียงในการทำให้เฮลิคอปเตอร์ถลาไปไหนทิศทางตรงกันข้าม จะต้องก่อให้เกิดความแม่นยำที่เป็นกลาง และนี่คืองานที่สำคัญของส่วนท้ายของใบพัดเฮลิคอปเตอร์หรือการกำหนดระดับใบพัดเป็นการปรับเปลี่ยนชุดชดเชยแรงหมุนที่หลากหลาย ส่วนท้ายยังควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งอีก

10.4 การบินร่อน

นี่เป็นสถานการณ์ซึ่งเฮลิคอปเตอร์บินอยู่ในตำแหน่งที่จัดไว้ในอากาศโดยปราศจากการเคลื่อนไหวในทิศทางใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.4.1 ผลกระทบจากการร่อนลง

สิ่งที่เกิดขึ้นนั้น และมันจะตกในขณะที่ความเร็วสูงนั้นเพิ่มขึ้น ใบพัดที่ศูนย์กลางของเฮลิคอปเตอร์ร่อนลงทำให้ขาด โดยทั่วไปการหมุนของกระแสลมจากใบพัดของเฮลิคอปเตอร์นั้นสามารถที่จะพัดไปที่อื่นได้อย่างง่าย แต่ในพื้นดินจะทำให้เกิดการปะทะของอากาศซึ้งจะเป็นอุปสรรค และจากการกระแทกของอากาศในพื้นดินที่ทำให้เฮลิคอปเตอร์นั้นรับน้ำหนักมากได้ แต่ตำแหน่งเสถียรภาพจะน้อยลง ด้วยเหตุผลนี้ทำให้ไม่สามารถคาดเดาทิศทางได้

10.4.2 การไต่ระดับ

กำลังที่มากเกินไปข้างต้นนั้นเป็นสิ่งที่ต้องการสำหรับการบินร่อนที่สามารถใช้ประโยชน์ในการไต่ระดับของเฮลิคอปเตอร์ได้ การไต่ระดับในแนวดิ่งนั้นต้องใช้พลังงานมากกว่าการไต่ระดับในแนวทแยงมุมและในทิศทางการเคลื่อนที่ สำหรับเหตุผลนี้แบบจำลองกับผลรวมของกำลังมอเตอร์จะใช้ในการไต่ระดับมากกว่าการเคลื่อนในแนวทแยงมุม

10.4.3 ระดับการบิน

เฮลิคอปเตอร์จะใช้พลังงานน้อยสุดตอนที่บินในทางตรง และที่ระดับประมาณครึ่งกำลัง ถ้าเครื่องพร้อมที่จะใช้งานควรที่จะระมัดระวังสำหรับการร่อนอย่างมั่นคง มันจะเอียงไปด้านหนึ่งเมื่อเอียงไปด้านหน้า เหตุผลสำหรับปรากฏการณ์นี้ ก็คือการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเผชิญกับการเพิ่มขึ้นของกระแสลม และการเพิ่มขึ้นของกระแสลมนี้ดันไปข้างหน้าเปรียบเทียบกับใบพัดซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ไหวลมลงในที่เดิมที่กระแสถอนออก ผลที่ได้เป็นความโน้มเอียงด้านข้างของเฮลิคอปเตอร์

10.4.4 การตกลง

ถ้าความสัมพันธ์ของลมกับใบพัดลดลง และคุณวางตำแหน่งเฮลิคอปเตอร์ในตำแหน่งความเร็วที่ดิ่งลงมาผลที่ได้คือเป็นไปได้ว่าความไม่เพียงพอของกระแสลมผ่านใบพัดของเฮลิคอปเตอร์นี่แหล่ะจะทำให้รู้ว่าระยะปิดล้อมที่บรรยากาศแปรปรวน เมื่อกระแสลมพัดตลอดจนใบพัดแยกออกจากกันเฮลิคอปเตอร์จึงไม่อาจควบคุมต่อไปได้ และโดยปกติการชนอย่างแรงนั้น ถ้าใบพัดของเฮลิคอปเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูงจะทำให้เสียหายได้ ดังนั้นเราควรหัดบินให้ดีเสียก่อน

10.4.5 การเคลื่อนไหวปีกของใบพัดเครื่องบิน

ในขณะที่เราเคลื่อนไหวใบพัดไปข้างหน้าแล้วจะทำให้เกิดแรงดันไปข้างหน้าผลที่ได้นี้ สามารถทำให้ลดลงได้โดยการควบคุมจากการให้ใบพัดหมุนมากขึ้น และการฉุดใบพัดให้ตกลง การควบคุมใบพัดให้พอดีเป็นสิ่งที่เราควรศึกษาให้ละเอียดอย่างถี่ถ้วน ในขณะที่ปีกเครื่องติดหยุดทำให้เคลื่อนไหว และนี่เป็นการขัดขวางใบพัดของการบินร่อนทำให้เอียงมากเกินไปสำหรับการบินไปข้างหน้าในเฮลิคอปเตอร์การใช้ใบพัดร่วมพิสูจน์ถึงประสิทธิภาพแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.4.6 การหมุนเวียนอัตโนมัติ

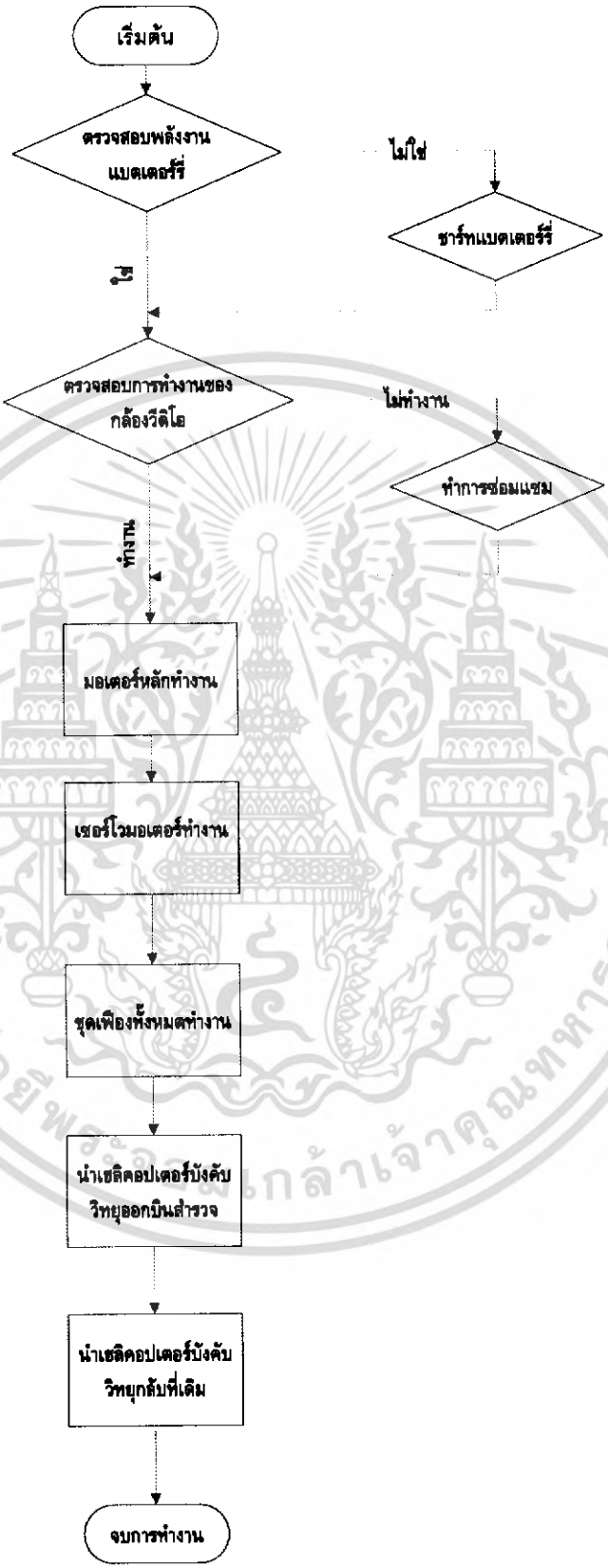
ระยะเวลาที่กำหนดนี้อ้างถึงการบินของเฮลิคอปเตอร์โดยปราศจากกำลังมอเตอร์ การหมุนรอบความเร็วของใบพัดเฮลิคอปเตอร์หลักสามารถที่จะรักษาความสูงด้วยการจัดให้ใบพัดทั้งคู่มีกำลังเป็นลบ และกระแสลมไหลผ่านขณะที่มันกำลังร่อนลงมาใกล้พื้นดินจึงสะสมการหมุนของใบพัดพลังงานที่สะสมมาจากการหมุนรอบใบพัดนี้แสดงให้เห็นว่ามันสามารถที่จะเปลี่ยนไปเป็นดันไปข้างหน้าเมื่อเฮลิคอปเตอร์นั้นใกล้ถึงพื้นดิน จากการทดสอบการใช้การกำหนดระดับเป็นกลุ่มแน่นอนว่านี่สามารถทำได้แค่ครั้งเดียวและ มันจะทำได้ในเวลาเพียงชั่วครู่การหมุนเวียนอัตโนมัติทำให้เฮลิคอปเตอร์ร่อนลงสู่พื้นได้โดยปลอดภัยเมื่อเครื่องยนต์ดับ อย่างไรก็ตาม การหมุนเวียนอัตโนมัติเป็นประเด็นที่สำคัญกับความต้องการในการพิจารณาของการทดสอบและปฏิกิริยาสะท้อนกลับคุณทำได้เพียงแค่ยับยั้งการตกลงมาได้เพียงชั่วครู่เท่านั้น และคุณไม่ต้องใช้ไฟเร็วหรือช้าเกินไปการฝึกฝนมากเป็นสิ่งที่ใช้ได้ในสิ่งที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ผังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ แผนผังการทำงานร่วมกันในแต่ละส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
ใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
การรู้จักหลักการทำงานเบื้องต้นของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในหลักการทำงานเบื้องต้นของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
2. เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาคู่มือประกอบการใช้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุอย่างละเอียด

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	1 ชุด
2. คู่มือประกอบการใช้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	1 เล่ม
3. เอกสารประกอบเกี่ยวกับเฮลิคอปเตอร์เบื้องต้น	1 เล่ม

ทฤษฎีเบื้องต้น

เฮลิคอปเตอร์ ก็คือ อากาศยานที่มีปีกหมุน หรือโรเตอร์ขนาดไม่กว้างนัก แต่ค่อนข้างยาวติดอยู่เบื้องบน สำหรับให้แรงยกแก่ลำตัวเฮลิคอปเตอร์ เมื่อโรเตอร์เริ่มหมุนผ่านอากาศด้วยมุมปะทะที่นักบินบังคับ แรงยกก็เริ่มเกิดและจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อหมุนเร็วขึ้น เฮลิคอปเตอร์ยังอยู่ที่เดิม จนกระทั่งค่าของแรงยกหรือผลคูณที่ได้กล่าวแล้วมีค่ามากกว่าน้ำหนักของอากาศยาน เฮลิคอปเตอร์ก็จะค่อยๆ ลอยตัวขึ้นสู่อากาศทันที

การเคลื่อนที่ไปมานั้น ทำได้โดยการเอียงระนาบการหมุนของโรเตอร์ไปในทิศที่ต้องการ โรเตอร์แต่ละกลีบสามารถบิดได้ เพื่อเปลี่ยนมุมปะทะของลม ซึ่งจะทำให้แรงยกมีค่ามากขึ้นหรือน้อยลงได้ตามแต่กรณี สำหรับใบพัดเล็กๆ หมุนเร็วๆ ที่หางนั้น ช่วยต้านแรงบิดจากเครื่องยนต์ มิฉะนั้นจะทำให้เฮลิคอปเตอร์ที่กำลังลอยอยู่ในอากาศหมุนตัวเป็นลูกข่างไป

ลำดับขั้นการทดสอบ

1. ทำการศึกษาจากคู่มือของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
2. ศึกษาจากทฤษฎีของหลักการของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุตามเอกสารต่างๆ
3. ทำการทดสอบจากแบบทดสอบดังต่อไปนี้

    3.1 เฮลิคอปเตอร์ใช้หลักการใดในการทำให้ลอยตัวขึ้น

        ก. แรงลมจากการหมุนของใบพัดหลัก

        ข. แรงลมจากการหมุนของใบพัดรองอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. แรงลมจากการหมุนของใบพัดทุกตัวที่มีในตัวเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

3.2 เฮลิคอปเตอร์ เรียกว่าอะไร

ก. เครื่องปีกหมุน

ข. เครื่องปีกบิน

ค. เครื่องใบพัดบิน

3.3 Tail Rotor คือส่วนใดของเฮลิคอปเตอร์

ก. ส่วนที่เป็นใบพัดหลัก

ข. ส่วนที่เป็นใบพัดรอง

ค. ส่วนที่เป็นส่วนหางเล็ก

ผลการทดสอบ

ตารางที่ ฉ.1 ผลการทดสอบใบงานที่ 1

ข้อ	ก	ข	ค
3.1			
3.2			
3.3			

สรุปผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดสอบ

1. การที่เรารู้จักหลักการทำงานเบื้องต้นของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุนั้น จะมีข้อดีอย่างไรในการทำงานต่อไปบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2
การรู้จักชิ้นส่วนเบื้องต้นของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนการทำงานเบื้องต้นของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
2. เพื่อให้นักเรียนได้รู้จักชิ้นส่วนต่างๆ เบื้องต้นของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	1 ชุด
2. คู่มือประกอบการใช้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	1 เล่ม
3. เอกสารประกอบเกี่ยวกับเฮลิคอปเตอร์เบื้องต้น	1 เล่ม

ทฤษฎีเบื้องต้น

เฮลิคอปเตอร์แตกต่างไปจากเครื่องบินอีกประการหนึ่ง คือ มีโรเตอร์หมุนในอากาศ ทำให้เกิดแรงยกเพิ่มมากขึ้นหรือลดน้อยลงด้วยการเปลี่ยนมุมปะทะของลมที่กลีบโรเตอร์ โดยตัวอากาศยานไม่เคลื่อนที่ เฮลิคอปเตอร์จึงบินขึ้นลงได้ตรงๆ โดยไม่ต้องใช้ทางวิ่ง

เฮลิคอปเตอร์ที่เปลี่ยนมุมปะทะของโรเตอร์ไม่ได้ มีชื่อว่า ไจโรคอปเตอร์ ปีกของเครื่องบินเป็นตัวที่ทำให้เกิดแรงยกของเครื่องบิน เมื่อมันเคลื่อนที่ผ่านอากาศดั่งที่เราทราบมาแล้วว่าระหว่างการบินจะมีแรงกระทำต่อเครื่องบินหรือเฮลิคอปเตอร์อยู่สี่แรงและสี่แรงนั้น คือ แรงยก, แรงต้านการเคลื่อนที่, แรงผลักไปข้างหน้า, และน้ำหนักเครื่องบิน การที่จะทำให้ปีกเครื่องบินเคลื่อนที่ผ่านอากาศแน่นอนตัวเครื่องบินต้องเคลื่อนที่ เฮลิคอปเตอร์ทำงานโดยปีกเคลื่อนที่ผ่านอากาศ โดยที่ลำตัวคงอยู่กับที่ ปีกของเฮลิคอปเตอร์ เราเรียกว่า Main Rotor Blades หรือใบพัด (เราจึงเรียกเฮลิคอปเตอร์ว่าเครื่องบินปีกหมุน) รูปร่าง และ มุมของ Rotor Blades ที่เคลื่อนที่ผ่านอากาศ จะเป็นตัวกำหนดว่าจะเกิดแรงยกเท่าไร หลังจากที่เฮลิคอปเตอร์ยกตัวขึ้นพ้นพื้นดินนักบินสามารถเอียงใบพัด และจะทำให้เฮลิคอปเตอร์เอียงตามทิศทางของ Main Rotor ที่เอียงจะไปข้างหน้าข้างหลังหรือด้านข้าง คำจำกัดความและศัพท์ทางเทคนิคถึงแม้ว่าเราจะอธิบายคำบางคำ หรือชิ้นส่วนของเฮลิคอปเตอร์อีกในตอนต่อไปเมื่อถึงเรื่องนั้นๆ แต่เราก็ควรจะรู้คำเหล่านี้เพื่อที่จะได้เข้าใจเฮลิคอปเตอร์ดีขึ้น หลักของ Bernoulli กล่าวไว้ว่า ถ้าความเร็วของลม (ของไหล) เพิ่มขึ้นแรงกดอากาศจะลดลง และตรงกันข้าม ถ้าความเร็วลดลงแรงกดอากาศจะเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Airfoil: หมายถึง ลักษณะรูปร่าง เช่น Aileron, Elevator, Wing, Main Rotor Blade, Tail Rotor Blade ออกแบบมาเพื่อให้เกิดแรงปฏิกิริยาจากอากาศที่มันเคลื่อนที่ผ่านไป

Angle of Attack: เป็นมุมแหลมที่วัดระหว่าง Chord ของ Airfoil และ Relative Wind

Angle of Incidence: เป็นมุมแหลมระหว่างเส้น Chord Line ของปีกและแกน Longitudinal Axis ของตัวเครื่องบิน (โดยทั่วไปบริษัทผู้สร้างจะสร้างเครื่องบินที่มีปีกที่มีมุมนี้อยู่จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบ)

Blades: ใบพัดของเฮลิคอปเตอร์ก็เป็น Airfoils ที่มี Aspect Ration สูง (Span หารด้วย Chord) Angle of Incidence ของเฮลิคอปเตอร์ สามารถเปลี่ยนแปลง หรือปรับแต่งได้โดยนักบิน Main Rotor ของเฮลิคอปเตอร์อาจจะมีสอง, สาม, สี่, ห้าหรือ หก ใบก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่การออกแบบใบพัด (Main Rotor Blades) จะยึดติดกับ Rotor Head โดยวิธี ที่ทำให้มีการกำหนด ข้อจำกัดในการเคลื่อนที่ขึ้นบน และลงล่าง (They Have Limited Movement Up and Down) และสามารถที่จะเปลี่ยนมุมได้ (Change Pitch or Angle of Incidence) คันบังคับที่ใช้ควบคุม Main Rotor เรียกว่า Collective และ Cyclic Controls Tail Rotor (ใบพัดหาง) เป็นใบพัดขนาดเล็กอาจจะมีสอง หรือ สี่ ใบก็ได้ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ส่วนหางของเฮลิคอปเตอร์, มันจะหมุนในแนวตั้ง Tail Rotor จะบังคับโดยคันเหยียบที่นักบิน (Rudder Pedals) มุมของใบพัดเล็กนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามที่นักบินต้องการเพื่อบังคับให้เฮลิคอปเตอร์หันหัวไปตามทิศทางที่นักบินต้องการ

Blade Root: ปลายด้านใน หรือโคนใบพัด (Blades) ซึ่งยึดติดกับที่ยึดใบพัด (Blade Grips)

Blade Grips: ที่ยึดใบพัด ติดกับดุมจุดศูนย์กลาง

Rotor Hub: อยู่บนยอดของ Shaft (เสากระโดง), และต่อกับใบพัดทั้งหมด โดย Control Tubes

Main Rotor Mast: Shaft ที่หมุนโดยต่อมาจาก Transmission และ ต่อชุดใบพัดกับลำตัวของเฮลิคอปเตอร์

Pitch Change Horn: เพื่อเปลี่ยนการเคลื่อนไหวของ Control Tube ไปเปลี่ยนมุมของใบพัด Control Tube เป็นท่อใช้ดึง และดันเป็นการเปลี่ยนระยะทาง และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมุมของใบพัดโดยผ่า Pitch Changing Horn ที่โคนใบพัด

Swash Plate Assembly: ชุด Swash Plate Assembly ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ สองส่วนสวมผ่าน Rotor Mast ส่วนที่หนึ่งเป็นแผ่นกลมต่อกับคันบังคับ Cyclic Pitch Control แผ่นกลมนี้สามารถเอียงได้ทุกตำแหน่ง แต่จะไม่หมุนตามการหมุนของใบพัดใหญ่ (Main Rotor) แผ่นกลมที่ไม่หมุนนี้มักจะเรียกว่า Stationary Star และติดกับแผ่นกลมอีกแผ่นโดยมี Bearing Surface อยู่ตรงกลาง และแผ่นกลมอันที่สองนี้เรียกว่า Rotating Star แผ่นนี้จะหมุนตาม Rotor และต่อกับ Pitch Change Horns

Transmission: ระบบถ่ายทอดพลังงานเป็นระบบทดรอบโดยใช้ฟันเฟือง Gears เป็นหลักทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงาน หรือกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังใบพัดหลัก Main Rotor, ใบพัดที่หาง Tail Rotor, เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำเนิดไฟฟ้า Generator และอุปกรณ์อื่นๆเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบสูง แต่ความเร็วรอบของ Main Rotor ใบพัดหลักจะทำงานที่รอบต่ำความเร็วรอบที่ลดลงก็ด้วย Gears ทดรอบที่ Transmission System

Lift: แรงยกเกิดจากการสร้าง Lower Pressure พื้นผิวด้านบนของปีกเครื่องบิน เมื่อเปรียบเทียบกับ High Pressure ที่พื้นผิวด้านล่างของปีกเครื่องบินจึงเป็นเหตุให้ปีกของเครื่องบินถูกยกขึ้น รูปล่างลักษณะพิเศษของปีก (Airfoil) ที่ถูกออกแบบมาให้อากาศที่ไหลผ่านพื้นผิวด้านบนมีระยะทางที่มากกว่า ทำให้โมเลกุลของอากาศต้องเดินทางเร็วกว่าพื้นผิวด้านล่างจึงทำให้ด้านบนเกิดเป็นบริเวณ Lower Pressure ที่มีแรงกดต่ำกว่า ดังนั้นจึงเกิดแรงยกขึ้นแรงยกเป็นแรงที่เกิดขึ้นตรงข้ามกับแรงดึงดูดของโลกหรือน้ำหนักแรงยกขึ้นอยู่กับ

1. รูปร่าง ลักษณะ ของ Airfoil
2. มุมของปีก ที่กระทำกับลม Relative Wind
3. บริเวณพื้นผิว หรือพื้นที่ ที่อากาศ หรือ ลม พัดผ่าน
4. กำลังสองของความเร็วลม หรือความเร็วลมนั่นเอง
5. ความหนาแน่นของอากาศ (Lift Equation)

Relative Wind: เป็นทิศทางของลมที่กระทำต่อปีกเครื่องบินหรือ Airfoil หรือใบพัดของเฮลิคอปเตอร์

Pitch Angle: มุมของใบพัดจะเป็นมุมแหลม ที่กระทำระหว่าง Chord Line ของใบพัดกับแนวระนาบการหมุนของใบพัด มุม Pitch Angle สามารถปรับเปลี่ยนได้

หลักการทำงานของ Gyro ระบบ AVCS ซึ่งเป็นระบบทำงานที่มีใน Gyro Futaba GY240, GY401, GY502 และ GY601 AVCS : Angular Vector Control System (ระบบควบคุมเชิงมุมเวคเตอร์) ระบบการทำงานของ Gyro โดยทั่วไปนั้นจะส่งสัญญาณไปให้ Servo Rudder ก็ต่อเมื่อส่วนหางของ Helicopter เกิดการเบี่ยงเบนทิศทางในแกน Yaw หรือทิศทางซ้ายขวาที่ไม่ใช่การกระทำที่เกิดจากวิทยุของเรา ซึ่งเมื่อส่วนหางของ Helicopter หยุดการเปลี่ยนทิศทาง Gyro ทั่วไปก็จะหยุดการส่งสัญญาณ และคอยตรวจจับการเปลี่ยนทิศทางต่อไป แต่ในตรงกันข้ามระบบ AVCS Gyro ของ Futaba นั้นจะทำการส่งสัญญาณข้อมูลไปให้ Servo Rudder อย่างต่อเนื่องแม้ว่าทิศทางของ Helicopter จะคงที่แล้วก็ตามระบบการทำงานของ Gyro ทั่วไปที่ไม่มีระบบ AVCS ยกตัวอย่างการทำงานให้ดูอย่างเช่น ในสถานการณ์ที่เมื่อ Helicopter ทำการลอยตัว (Hovering) โดยมีแรงลมกระทำอยู่ด้านข้างของ Helicopter ที่ติดตั้ง Gyro ทั่วไป, เมื่อ Helicopter เข้าสู่ภาวะกระแสลมแรงลมจะกระทำกับส่วนหางของ Helicopter ให้เบี่ยงเบนทิศทาง เมื่อ Helicopter เบี่ยงเบนทิศทางด้วยแรงกระทำภายนอก Gyro จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปที่ Servo ควบคุม Rudder เพื่อหยุดการเบี่ยงเบนทิศทางของ Helicopter ในขณะนั้น และเมื่อ Helicopter หยุดการเบี่ยงเบนของทิศทาง Gyro ก็จะหยุดการส่งสัญญาณควบคุม Servo ซึ่งในสถานการณ์ที่เป็นจริงที่มีแรงลมกระทำกับส่วนหางของ Helicopter ให้เกิดการเบี่ยงเบนทิศทางอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้ Gyro ทำงานพร้อมๆ กับหยุดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทิศทางของ Helicopter ไม่เปลี่ยนแปลง ผลจึงทำให้ Helicopter บินในลักษณะที่หางเอียงไปตามแรงลม ซึ่งในสถานการณ์นี้เรียกว่า "Weathervane Effect"

ระบบการทำงานของ Gyro Futaba ที่มีระบบ AVCS ตรงกันข้ามกับการทำงานของ Gyro ทั่วๆ ไป Gyro ที่มีระบบ AVCS นั้น เมื่ออยู่ภายใต้สถานการณ์เดียวกัน เมื่อแรงลมกระทำกับ Helicopter ที่มี AVCS Gyro ตัว Gyro จะส่งสัญญาณไปที่ Servo Rudder เพื่อหยุดการเบี่ยงเบนทิศทาง และเมื่อ Helicopter หยุดการเบี่ยงเบนทิศทาง AVCS Gyro จะทำการคำนวณมุมที่เปลี่ยนแปลงไป ที่เกิดจากแรงของลมที่กระทำกับ Helicopter และส่งสัญญาณไปที่ Servo Rudder ทันทีเพื่อรักษาทิศทางที่ถูกต้องของ Helicopter ในขณะนั้น ด้วยเหตุนี้ทำให้หางของ Helicopter หยุดการเบี่ยงเบนทิศทางในทันที หรืออีกนัยหนึ่งคือ AVCS Gyro จะช่วยตั้ง Rudder Trim ให้กับ Servo โดยอัตโนมัติ (Auto Trim)

ลำดับขั้นการทดสอบ

1. ทำการศึกษาจากคู่มือของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
2. ศึกษาจากทฤษฎีของหลักการของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุตามเอกสารต่างๆ
3. ทำการทดสอบจากแบบทดสอบดังต่อไปนี้

3.1 Main Rotor Blades คืออะไร

ก. แกนหมุน

ข. ใบพัด

ค. ปีกของใบพัด

3.2 "ถ้าความเร็วของลม (ของไหล) เพิ่มขึ้น แรงกดอากาศจะลดลง และตรงกันข้าม ถ้าความเร็วลดลงแรงกดอากาศจะเพิ่มขึ้น" เป็นคำกล่าวของใคร

ก. เบอร์นูลี่

ข. แอสแชมบรี้

ค. แคนเชลสกี้

3.3 ไจโรคอปเตอร์ คืออะไร

ก. เฮลิคอปเตอร์ที่เปลี่ยนมุมของโรเตอร์

ข. เฮลิคอปเตอร์ที่เปลี่ยนมุมปะทะของโรเตอร์

ค. เฮลิคอปเตอร์ที่เปลี่ยนมุมปะทะของโรเตอร์ไม่ได้

3.4 Transmission คืออะไร

ก. ระบบถ่ายทอดพลังงานเป็นระบบเพิ่มรอบโดยใช้โรเตอร์

ข. ระบบถ่ายทอดพลังงานเป็นระบบทดรอบโดยใช้ใบพัด

ค. ระบบถ่ายทอดพลังงานเป็นระบบทดรอบโดยใช้ฟันเฟืองเกียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ

ตารางที่ ฉ.2 ผลการทดสอบใบงานที่ 2

ข้อ	ก	ข	ค
3.1			
3.2			
3.3			
3.4			

สรุปผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดสอบ

1. ถ้าเราไม่ทำการศึกษาชิ้นส่วนของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุแล้ว ถ้าทำการนำเอาเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุไปออกบินจริงเลยจะเกิดข้อผิดพลาดได้หรือไม่อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
การทดลองเกี่ยวกับมอเตอร์หลัก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนศึกษาในการทำงานของมอเตอร์หลักของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
2. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในการทำงานของมอเตอร์หลักของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
3. เพื่อให้นักเรียนได้ทดลองในเรื่องของการปรับเพิ่มหรือลดความเร็วของมอเตอร์หลักของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 1 ชุด
2. คู่มือประกอบการใช้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 1 เล่ม

ทฤษฎีเบื้องต้น

Main Rotor แรงยกที่เกิดจากการหมุนของ Main Rotor ขณะที่มันหมุนอยู่ในอากาศ และสร้างแรงยกขึ้นมา ใบพัดแต่ละใบจะสร้างแรงยกเท่าๆกัน น้ำหนักของเฮลิคอปเตอร์จะถูกแบ่งออกเป็นเท่าๆกันด้วยถ้าลำตัวเฮลิคอปเตอร์มีน้ำหนักทั้งหมด 4000 ปอนด์ และเฮลิคอปเตอร์มีระบบสองใบพัด ใบพัดแต่ล่ะใบจะรับน้ำหนัก 2000 ปอนด์ นอกจากน้ำหนักเฮลิคอปเตอร์ที่เรียกว่า Static Load ใบพัดแต่ละใบยังต้องรับ Dynamic Load ด้วย ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ เช่นถ้าเฮลิคอปเตอร์ยกตัวขึ้นด้วยอัตราเร่งทำให้เกิดแรงที่เท่ากับ 1.5g (1.5 เท่าของแรงดึงดูดโลก) ดังนั้นน้ำหนักที่มีผลจริงๆ ก็ต้องเท่ากับ 1.5 เท่าของน้ำหนักของเฮลิคอปเตอร์ที่จอดอยู่เฉยๆ หรือ เท่ากับ 6000 ปอนด์แทนที่จะ 4000 ปอนด์ ทั้งนี้ก็เนื่องจากแรงดึงขึ้นของเฮลิคอปเตอร์

Trial Rotor ใบพัดที่หาง Trail Rotor มีความสำคัญมาก ถ้าหากหมุนใบพัดหลัก Main Rotor ด้วยเครื่องยนต์ Main Rotor ก็จะหมุนแต่ล่าตัวของเฮลิคอปเตอร์ตรงกันข้ามของการหมุนของ Main Rotor เราจะใช้ใบพัดที่หาง นี้เพื่อต้านแรงหมุนที่ว่านี้โดย จะตั้งใหม่ทิศทางที่ต้านกันเพื่อให้เฮลิคอปเตอร์เดินทางเป็นแนวตรงได้อย่างที่ต้องการ

Trail Rotor โดยปกติทั่วไปแล้ว จะต่อเชื่อมมาจาก Transmission Gear Box โดยผ่านระบบ Dive Shaft and Gear Box นั่นหมายถึงว่าถ้า Main Rotor หมุน Trail Rotor ก็จะหมุนตามไปด้วย โดยทั่วไปอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 3:1 ถึง 6:1 ซึ่งหมายถึงว่าถ้า Main Rotor หมุน 1 รอบ Trail Rotor ก็จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุน 3 รอบ ส่วน 6:1 จะเป็น 6 รอบทันทีแกน Shaft เครื่องยนต์ของเฮลิคอปเตอร์ จะต่อเข้ากับ Input Quill ที่ Transmission Gear จาก Transmission Gear ออกไปข้างบนเป็น Main Rotor Mast (Shaft ที่ไปหมุน Main Rotor) และ Shaft ที่ออกไปทางด้านหางจะไปหมุน Trail Rotor

Dissymmetry of Lift โดยปกติระบบของ Main Rotor ทุกชนิดจะสร้างแรงยกไม่สมดุลทุกตำแหน่งที่มันหมุน Dissymmetry of Lift ขณะ ที่ตัวมันเองเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแต่ ถ้าบินอยู่กับที่แรงยก Lift จะมีค่าเท่ากันทั้งหมดตลอดระนาบการหมุน ของ Main Rotor เมื่อเฮลิคอปเตอร์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ใบพัดที่หมุน และมีทิศทางไปด้านหน้าก็จะมีแรงยกมากกว่าเพราะความเร็วลม (Relative Wind) ที่เพิ่มขึ้นและใบพัดใบที่กำลังหมุนไปข้างหลังหรือไปข้างท้ายก็จะมีแรงยกน้อยลงผลที่กระทบ ก็คือ เฮลิคอปเตอร์จะมีอาการม้วนข้างหรือ Roll (ตัวอย่างเช่นถ้าเฮลิคอปเตอร์มีความเร็วของใบพัด = 400 กม/ชม เฮลิคอปเตอร์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็ว 100 กม/ชม ใบพัดที่หมุนไปด้านหน้าก็จะมีความเร็วจริง 500 กม/ชม แต่ใบพัดที่หมุนไปทางหางเครื่องก็จะมีความเร็วจริง เพียง 300 กม/ชม) เป็นสิ่งที่ต้องแก้ไข โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง

ลำดับขั้นการทดลอง

หลังจากการศึกษาคู่มือการทำงานและทำการเตรียมความพร้อมในด้านต่างๆ จากนั้นก็ทำนำเครื่องนั้นออกปฏิบัติงานจริงได้ดังต่อไปนี้

1. เตรียมเครื่องเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุให้มีความพร้อมให้มากที่สุดโดยที่ตรวจสกรูจุดต่อและใบพัดต่างๆ ให้เรียบร้อย
2. ทำการใช้รีโมทควบคุมพร้อมกับทดลองเกี่ยวกับการทำงานของมอเตอร์หลักดังต่อไปนี้
   - 2.1 ทำการเตรียมแหล่งจ่าย และสวิตช์ และมอเตอร์หลักพร้อมใบพัด
   - 2.2 นำใบพัดขนาดเท่ากันมาต่อที่ปลายมอเตอร์หลัก
   - 2.3 ต่อวงจรแหล่งจ่ายผ่านสวิตช์เข้ากับมอเตอร์หลัก
   - 2.4 เปิดสวิตช์พร้อมกับจับเวลาการทำงานพร้อมสังเกตการณ์แรงลมของมอเตอร์หลัก
   - 2.5 ปิดสวิตช์พร้อมบันทึกค่าที่มอเตอร์หลักสร้างแรงลมได้ลงในตารางที่ ฉ.3

ผลการทดลอง

ตารางที่ ฉ.3 บันทึกผลการทดลองเกี่ยวกับมอเตอร์กลัก

การทดลองครั้งที่	แรงลมที่สร้างได้
1	
2	
3	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ถ้าไม่การศึกษาเกี่ยวกับการมอเตอร์หลักแล้ว การนำเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุออกบินจริงอาจะเกิดผลอะไรตามมาบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4

การทดลองการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนศึกษาในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
2. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
3. เพื่อให้นักเรียนได้ทดลองในเรื่องของการดึงและการแบกรับน้ำหนักของเซอร์โวมอเตอร์ของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 1 ชุด
2. คู่มือประกอบการใช้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 1 เล่ม

ทฤษฎีเบื้องต้น

Servo ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่จะต้องใช้ควบคุม Function ต่างๆ ของ Model R/C ของเรานั้น ซึ่งแน่นอนครับ เป็นอุปกรณ์ที่ต้องใส่ไว้ในตัว Model ของเรา ดังนั้นคุณสมบัติของ Servo ที่จะนำมาใส่ให้กับ Model R/C นั้น ควรจะมีน้ำหนักที่เบา ยิ่งสำหรับเครื่องบินหรือ Helicopter ด้วยแล้ว น้ำหนักจะมีผลมากเกี่ยวกับน้ำหนักของตัวเครื่อง และจุดศูนย์ถ่วง (CG: Center of Gravity) ถ้าเครื่องบินหรือ Helicopter ของเรามีขนาดเล็กก็ต้องพิจารณาให้มากในการเลือกขนาดและ น้ำหนักของ Servo

คุณสมบัติของ Servo ที่สำคัญมีอีก 2 อย่างนั่นคือ Torque (กำลังบิดหมุน) และ Speed (ความเร็วในการบิดหมุน) ซึ่งทั้งสองค่านี้ จะถูกพิจารณาใน Model R/C ที่มีขนาดใหญ่และต้องการเสถียรภาพในการทำงานที่สูงกว่าปรกติ Servo ที่ดีนั้นจะต้องมีค่า Torque ที่สูงซึ่งส่วนมากจะเป็นผลมากจากตัว motor ภายใน และชุดเฟืองเกียร์ทดกำลังภายใน Servo นั้นๆ ถ้า Servo มีค่า Torque ที่สูง (Hi-Torque Servo) จะสามารถนำไปติดตั้งในตำแหน่งที่ต้องใช้กำลังในการบิดหมุนมาก เช่น Servo ชุดเก็บพับล้อของเครื่องบิน (Retract) อนึ่งกำลังบิดที่ส่งออกมาจาก Servo นั้นจะขึ้นอยู่กับจุดยึดบน Horn ของ Servo ด้วยครับ ถ้ายึดไว้ใกล้กับตำแหน่งแกนของ Servo ก็จะมีกำลังบิดหมุนที่มากแต่ก็จะได้ระยะชักที่ลดลงไปส่วนค่า Speed ของ Servo นั้นจะถูกระบุไว้เป็นมุมที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาที่ระบุเช่น Servo Futaba S3003 (Standard) จะมีค่า Speed อยู่ที่ 0.23 วินาที / 60 องศา (0.23sec/60) หมายถึงใช้เวลา 0.23 วินาที ในการบิดหมุนไป 60 องศาหรือ Servo Futaba S3103 (Micro Mini) จะมีค่า Speed อยู่ที่ 0.11 วินาที/ 60 องศา ซึ่งเร็วกว่ารุ่น S3003 ถึงสองเท่าเลยทีเดียว แต่จะมีค่า Torque เพียงแค่ 17.3 ซึ่งรุ่น S3003 มีค่า Torque อยู่ที่ 44.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ เราสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับวิธีสร้างสนานแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์เมเจอร์ การแบ่งประเภทนี้นั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กได้แยกเป็น 2 แบบ คือ ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้ และ ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ถ้าพิจารณาการแยกประเภทตามลักษณะการออกแบบโครงสร้างของอาร์เมเจอร์สมารถแยกออกได้เป็น 3 แบบ คือ แบบดีซีมอเตอร์อาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็ก แบบดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์แบบมีขดลวดพันอยู่บนผิว และแบบดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์แบบขดลวดหมุน

Servo Motor คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง DC Motor ที่ถูกประกอบร่วมด้วยชุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกันโดยจะมีสัญญาณใช้งาน 1 เส้น และอีก 2 เส้นเป็น VCC และ GND เท่านั้น ซึ่งสามารถควบคุมให้ตัว Servo Motor หมุนซ้ายหรือขวาได้ +90 องศา - 90 องศา (180 องศา) โดยสามารถสั่งงานในการหมุนให้หมุนไปได้ตามองศาต่างๆ ที่ต้องการได้ด้วยตัวของ Servo Motor เอง เช่น ต้องการหมุน 1 องศา หรือ 15 องศา ก็ได้ไม่ต้องมีส่วนควบคุม หรือ Sensor ใดๆ กลับมาตรวจสอบอีกทำให้ง่าย และสะดวกในการในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้จริง

1. การควบคุมการทำงานของ Servo Motor ทำได้โดยการป้อนสัญญาณความกว้างของพัลส์ให้กับตัว Servo Motor ซึ่งจะได้ทิศทางการหมุนและตำแหน่งของการหมุน
2. สามารถใช้งานกับไฟ DC ได้ 4 - 6 Volt, หมุนได้ 180 องศา และสามารถปรับแต่ง ตัว Servo Motor ให้สามารถหมุนได้รอบตัวก็ได้ เช่น ทำเป็นชุดล้อรถหุ่นยนต์
3. ขั้วต่อจะเป็นแบบมาตรฐาน ขั้ว JR Type

ลำดับขั้นการทดสอบ

1. ศึกษาคู่มืออย่างละเอียดเพื่อเตรียมพร้อมที่จะใช้งาน

2. เตรียมเครื่องเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุให้มีความพร้อมให้มากที่สุดโดยที่ตรวจสกรูจุดต่อและใบพัดต่างๆให้เรียบร้อย

2. ทำการใช้รีโมทควบคุมพร้อมกับทดลองเกี่ยวกับการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์หลักดังต่อไปนี้

2.1 ทำการเตรียมแหล่งจ่าย และสวิตช์ และเซอร์โวมอเตอร์

2.2 นำตุ้มน้ำหนักขนาดต่างๆกันมาต่อที่ปลายเซอร์โวมอเตอร์

2.3 ต่อวงจรแหล่งจ่ายผ่านสวิตช์เข้ากับเซอร์โวมอเตอร์

2.4 เปิดสวิตช์พร้อมกับจับเวลาการทำงานพร้อมสังเกตการณ์ดึงของเซอร์โวมอเตอร์

2.5 ปิดสวิตช์พร้อมกับหยุดเวลา

2.6 บันทึกค่า เวลา และน้ำหนักตุ้มที่เซอร์โวมอเตอร์ดึงได้ลงในตารางที่ ฉ.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ

ตารางที่ ฉ.4 บันทึกผลการทดลองเกี่ยวกับทำงานและแรงดึงสูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์

การทดลองครั้งที่	น้ำหนักที่ดึงได้ (กรัม)	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	10	
2	20	
3	30	
4	40	
5	50	

สรุปผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดสอบ

1. เซอร์โวมอเตอร์มีหลักการทำงานอย่างไร จงอธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5
การประกอบชิ้นส่วนของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนได้รู้จักการนำชิ้นส่วนของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุมาประกอบได้
2. เพื่อให้นักเรียนได้นำการเรียนรู้จากที่ศึกษาเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุมาใช้งานจริง
3. เพื่อให้นักเรียนได้ประกอบเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุได้อย่างถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 1 ชุด
2. คู่มือประกอบการใช้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 1 เล่ม

ทฤษฎีเบื้องต้น

เฮลิคอปเตอร์แตกต่างไปจากเครื่องบินอีกประการหนึ่ง คือ มีโรเตอร์หมุนในอากาศ ทำให้เกิดแรงยกเพิ่มมากขึ้นหรือลดน้อยลงด้วยการเปลี่ยนมุมปะทะของลมที่กลีบโรเตอร์ โดยตัวอากาศยานไม่เคลื่อนที่ เฮลิคอปเตอร์ จึงบินขึ้นลงได้ตรงๆ โดยไม่ต้องใช้ทางวิ่ง

เฮลิคอปเตอร์ที่เปลี่ยนมุมปะทะของโรเตอร์ไม่ได้ มีชื่อว่า ไจโรคอปเตอร์ ปีกของเครื่องบินเป็นตัวที่ทำให้เกิดแรงยกของเครื่องบิน เมื่อมันเคลื่อนที่ผ่านอากาศดั่งที่เราทราบมาแล้วว่า ระหว่างการบินจะมีแรงกระทำต่อเครื่องบินหรือเฮลิคอปเตอร์อยู่สี่แรงและสี่แรงนั้น คือ แรงยก, แรงต้านการเคลื่อนที่, แรงผลักไปข้างหน้า, และน้ำหนักเครื่องบิน การที่จะทำให้ปีกเครื่องบินเคลื่อนที่ผ่านอากาศแน่นอนตัวเครื่องบินต้องเคลื่อนที่ เฮลิคอปเตอร์ทำงานโดยปีกเคลื่อนที่ผ่านอากาศ โดยที่ลำตัวคงอยู่กับที่ ปีกของเฮลิคอปเตอร์ เราเรียกว่า Main Rotor Blades หรือใบพัด (เราจึงเรียกเฮลิคอปเตอร์ ว่าเครื่องบินปีกหมุน) รูปร่าง และมุมของ Rotor Blades ที่เคลื่อนที่ผ่านอากาศ จะเป็นตัวกำหนดว่าจะเกิดแรงยกเท่าไร หลังจากที่เฮลิคอปเตอร์ยกตัวขึ้นพ้นพื้นดินนักบินสามารถเอียงใบพัด และจะทำให้เฮลิคอปเตอร์เอียงตามทิศทางของ Main Rotor ที่เอียงจะไปข้างหน้าข้างหลังหรือด้านข้าง คำจำกัดความและศัพท์ทางเทคนิคถึงแม้ว่าเราจะอธิบาย คำบางคำ หรือชิ้นส่วนของเฮลิคอปเตอร์อีกในตอนต่อไปเมื่อถึงเรื่องนั้นๆ แต่เราก็ควรจะรู้คำเหล่านี้เพื่อที่จะได้เข้าใจเฮลิคอปเตอร์ดีขึ้น หลักของ Bernoulli กล่าวไว้ว่า ถ้าความเร็วของลม (ของไหล) เพิ่มขึ้น แรงกดอากาศจะลดลง และตรงกันข้าม ถ้าความเร็วลดลงแรงกดอากาศจะเพิ่มขึ้น

Airfoil: หมายถึง ลักษณะรูปร่าง เช่น Aileron, Elevator, Rudder, Wing, Main Rotor Blades, or Tail Rotor Blades ออกแบบมาเพื่อให้เกิดแรงปฏิกิริยา จากอากาศที่มันเคลื่อนที่ผ่านไป Airfoil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Angle of Attack: เป็นมุมแหลมที่วัดระหว่าง Chord ของ Airfoil และ Relative Wind

Angle of Incidence: เป็นมุมแหลมระหว่างเส้น Chord Line ของปีก และแกน Longitudinal Axis ของตัวเครื่องบิน (โดยทั่วไปบริษัทผู้สร้างจะสร้างเครื่องบินที่มีปีกที่มีมุมนี้อยู่จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบ)

Blades: ใบพัดของเฮลิคอปเตอร์ก็เป็น Airfoils ที่มี Aspect Ratio สูง (Span หารด้วย Chord) Angle of Incidence ของเฮลิคอปเตอร์ สามารถเปลี่ยนแปลง หรือปรับแต่งได้โดยนักบิน Main Rotor ของเฮลิคอปเตอร์อาจจะมีสอง, สาม, สี่, ห้าหรือ หก ใบก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่การออกแบบใบพัด (Main Rotor Blades) จะยึดติดกับ Rotor Head โดยวิธี ที่ทำให้มีการกำหนด ข้อจำกัดในการเคลื่อนที่ขึ้นบน และลงล่าง (They Have Limited Movement Up and Down) และสามารถที่จะเปลี่ยนมุมได้ (Change Pitch or Angle of Incidence) คันบังคับที่ใช้ควบคุม Main Rotor เรียกว่า Collective และ Cyclic Controls Tail Rotor (ใบพัดหาง) เป็นใบพัดขนาดเล็กอาจจะมีสอง หรือ สี่ ใบก็ได้ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ส่วนหางของเฮลิคอปเตอร์, มันจะหมุนในแนวตั้ง Tail Rotor จะบังคับโดยคันเหยียบที่นักบิน (Rudder Pedals) มุมของใบพัดเล็กนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามที่นักบินต้องการเพื่อบังคับให้เฮลิคอปเตอร์หันหัวไปตามทิศทางที่นักบินต้องการ

Blade Root: ปลายด้านใน หรือโคนใบพัด (Blades) ซึ่งยึดติดกับที่ยึดใบพัด (Blade Grips)

Blade Grips: ที่ยึดใบพัด ติดกับดุมจุดศูนย์กลาง

Rotor Hub: อยู่บนยอดของ Shaft (เสากระโดง), และต่อกับใบพัดทั้งหมด โดย Control Tubes

Main Rotor Mast: Shaft ที่หมุนโดยต่อมาจาก Transmission และ ต่อชุดใบพัดกับลำตัวของเฮลิคอปเตอร์

Relative Wind: เป็นทิศทางของลมที่กระทำต่อปีกเครื่องบินหรือ Airfoil หรือใบพัดของเฮลิคอปเตอร์

Pitch Angle: มุมของใบพัดจะเป็นมุมแหลมที่กระทำระหว่าง Chord Line ของใบพัดกับแนวระนาบการหมุนของใบพัด มุม Pitch Angle สามารถปรับเปลี่ยนได้

หลักการทำงานของ Gyro ระบบ AVCS ซึ่งเป็นระบบทำงานที่มีใน Gyro Futaba GY240, GY401, GY502 และ GY601 AVCS : Angular Vector Control System (ระบบควบคุมเชิงมุมเวคเตอร์) ระบบการทำงานของ Gyro โดยทั่วไปนั้นจะส่งสัญญาณไปให้ Servo Rudder ก็ต่อเมื่อส่วนหางของ Helicopter เกิดการเบี่ยงเบนทิศทางในแกน Yaw หรือทิศทางซ้ายขวาที่ไม่ใช่การกระทำที่เกิดจากวิทยุของเรา ซึ่งเมื่อส่วนหางของ Helicopter หยุดการเปลี่ยนทิศทาง Gyro ทั่วไปก็จะหยุดการส่งสัญญาณ และคอยตรวจจับการเปลี่ยนทิศทางต่อไป แต่ในตรงกันข้าม ระบบ AVCS Gyro ของ Futaba นั้นจะทำการส่งสัญญาณข้อมูลไปให้ Servo Rudder อย่างต่อเนื่องแม้ว่าทิศทางของ Helicopter จะคงที่แล้วก็ตาม ระบบการทำงานของ Gyro ทั่วไปที่ไม่มีระบบ AVCS ยกตัวอย่างการทำงานให้ดูอย่างเช่น ในสถานการณ์ที่เมื่อ Helicopter ทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลอยตัว (Hovering) โดยมีแรงลมกระทำอยู่ด้านข้างของ Helicopter ที่ติดตั้ง Gyro ทั่วไป, เมื่อ Helicopter เข้าสู่ภาวะกระแสลมแรงลมจะกระทำกับส่วนหางของ Helicopter ให้เบี่ยงเบนทิศทาง เมื่อ Helicopter เบี่ยงเบนทิศทางด้วยแรงกระทำภายนอก Gyro จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปที่ Servo ควบคุม Rudder เพื่อหยุดการเบี่ยงเบนทิศทางของ Helicopter ในขณะนั้น และเมื่อ Helicopter หยุดการเบี่ยงเบนของทิศทาง Gyro ก็จะหยุดการส่งสัญญาณควบคุม Servo ซึ่งในสถานการณ์ที่เป็นจริงที่มีแรงลมกระทำกับส่วนหางของ Helicopter ให้เกิดการเบี่ยงเบนทิศทางอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้ Gyro ทำงานพร้อมๆกับหยุดการทำงานเมื่อทิศทางของ Helicopter ไม่เปลี่ยนแปลงผลจึงทำให้ Helicopter บินในลักษณะที่หางเอียงไปตามแรงลม ซึ่งในสถานการณ์นี้เรียกว่า "Weathervane Effect"

Main Rotor แรงยกที่เกิดจากการหมุนของ Main Rotor ขณะที่มันหมุนอยู่ในอากาศ และสร้างแรงยกขึ้นมา ใบพัดแต่ละใบจะสร้างแรงยกเท่าๆกัน น้ำหนักของเฮลิคอปเตอร์จะถูกแบ่งออกเป็นเท่าๆกันด้วยถ้าลำตัวเฮลิคอปเตอร์มีน้ำหนักทั้งหมด 4000 ปอนด์ และเฮลิคอปเตอร์มีระบบสองใบพัด ใบพัดแต่ละใบจะรับน้ำหนัก 2000 ปอนด์ นอกจากน้ำหนักเฮลิคอปเตอร์ที่เรียกว่า Static Load ใบพัดแต่ละใบยังต้องรับ Dynamic Load ด้วยซึ่งอธิบายได้ดังนี้ เช่นถ้าเฮลิคอปเตอร์ยกตัวขึ้นด้วยอัตราเร่ง ทำให้เกิดแรงที่เท่ากับ 1.5g (1.5เท่าของแรงดึงดูดโลก) ดังนั้นน้ำหนักที่มีผลจริงๆ ก็ต้องเท่ากับ 1.5 เท่าของน้ำหนักของเฮลิคอปเตอร์ที่จอดอยู่เฉยๆหรือ เท่ากับ 6000 ปอนด์แทนที่จะ 4000 ปอนด์ ทั้งนี้ก็เนื่องจากแรงดึงขึ้นของเฮลิคอปเตอร์

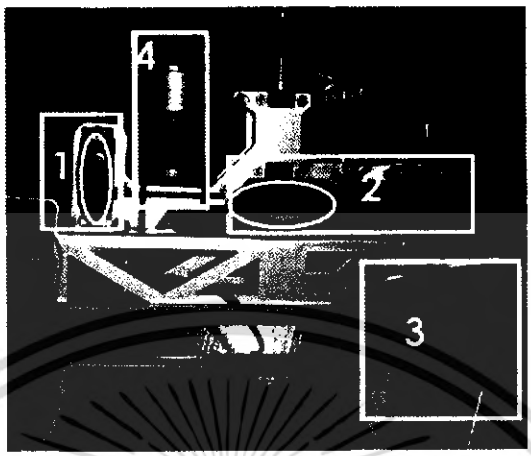
Trial Rotor ใบพัดที่หาง Tail Rotor มีความสำคัญมาก ถ้าหากหมุนใบพัดหลัก Main Rotor ด้วยเครื่องยนต์ Main Rotor ก็จะหมุนแต่ลำตัวของเฮลิคอปเตอร์ตรงกันข้ามของการหมุนของ Main Rotor เราจะใช้ใบพัดที่หาง นี้เพื่อต้านแรงหมุนที่ว่านี้โดย จะตั้งใหม่ทิศทางที่ต้านกันเพื่อให้เฮลิคอปเตอร์เดินทางเป็นแนวตรงได้อย่างที่ต้องการ

Tail Rotor โดยปกติทั่วไปแล้วจะต่อเชื่อมมาจาก Transmission Gear Box โดยผ่านระบบ Drive Shaft and Gear Box นั่นหมายถึงว่าถ้า Main Rotor หมุน Tail Rotor ก็จะหมุนตามไปด้วย โดยทั่วไปอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 3:1 ถึง 6:1 ซึ่งหมายถึงว่าถ้า Main Rotor หมุน 1 รอบ Tail Rotor ก็จะหมุน 3 รอบ ส่วน 6:1 จะเป็น 6 รอบทันทีแกน Shaft เครื่องยนต์ของเฮลิคอปเตอร์ จะต่อเข้ากับ Input Quill ที่ Transmission Gear จาก Transmission Gear ออกไปข้างบนเป็น Main Rotor Mast (Shaft ที่ไปหมุน Main Rotor) และ Shaft ที่ออกไปทางด้านหางจะไปหมุน Tail Rotor

Servo Motor คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง DC Motor ที่ถูกประกอบร่วมด้วยชุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน โดยจะมีสัญญาณใช้งาน 1 เส้น และอีก 2 เส้น เป็น VCC และ GND เท่านั้นซึ่งสามารถควบคุมให้ตัว Servo Motor หมุนซ้ายหรือ ขวาได้ +90 องศา - 90 องศา (180 องศา) โดยสามารถสั่งงานในการหมุนให้หมุนไปได้ตามองศาต่างๆ ที่ต้องการได้ด้วยตัวของ Servo Motor เอง เช่น ต้องการหมุน 1 องศา หรือ 15 องศา ก็ได้ ไม่ต้องมีส่วนควบคุม หรือ Sensor ใดๆ กลับมาตรวจสอบอีกทำให้ง่าย และสะดวกในการในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ ฉ.1 ชิ้นส่วนที่ 1,2,3,4 ที่จะประกอบ

1. จากการศึกษาในเรื่องต่างๆก่อนหน้านี้แล้ว หมายเลข 1 เป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่ทำหน้าที่ในการปรับระดับในการบินนั้นทำได้ดังต่อไปนี้

1.1 นำเอาเซอร์โวมอเตอร์มาประจำตำแหน่งที่หมายเลข 1

1.2 จากนั้นทำการนำเอาคับขับชุดเฟืองมาประกอบกับตัวของนำเอาเซอร์โวมอเตอร์

1.3 นำเอาแกนเหล็กมาประกอบกับชุดเฟืองเพื่อที่จะนำไปขับกับชุดของที่ต้องการจะบังคับในลักษณะต่างๆ

1.4 ทำการต่อสายไฟเพื่อที่จะจ่ายให้กับเซอร์โวมอเตอร์แล้วทำการทดลองโดยการใช้รีโมทย์บังคับดู แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ ฉ.5

2. ในหมายเลข 2 นั้นเป็นเรื่องของการประกอบสายพานของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุโดยสายพานนั้นจะทำการขับเคลื่อนใบพัดตัวท้าย ดังรูปที่ ฉ.1 และ ฉ.2 การประกอบมีลักษณะดังต่อไปนี้

2.1 นำเอาสายพานมาประจำตำแหน่งที่ 2 ดังรูปที่ ฉ.1 และ ฉ.2

2.2 ขันสกรูยึดตัวสายพานกับตัวชุดเฟืองให้แน่นและรับกันพอดี

2.3 ทดสอบโดยการหมุนสายพานดูว่ามันขับทั้งใบพัดด้านหน้าและด้านหลังหรือไม่แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ ฉ.5

3. ในหมายเลข 3 นั้นเป็นเรื่องของการประกอบของกล้องเพื่อเพิ่มความสามารถในด้านของการสำรวจสามารถทำได้ดังต่อไปนี้

3.1 ทำการประกอบกล้องให้เข้ากับตัวโดมครอบกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 นำเอาโดมครอบกล้องมาประกอบเข้ากับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุดังรูปที่ ฉ.1 โดยใช้น็อตขนาดเล็กมาขันยึดกับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุให้แน่ และเพื่อความแน่อาจใช้ที่รับมารัดให้แน่นเพื่อที่จะป้องกันภาพสะเทือนได

3.3 ทำการต่อแบตเตอร์รี่เข้ากับตัวกล้องแล้วต่อภาครับสัญญาณแล้วจากนั้น สังเกตแล้วบันทึกผลลงในตารางที่ ฉ.5

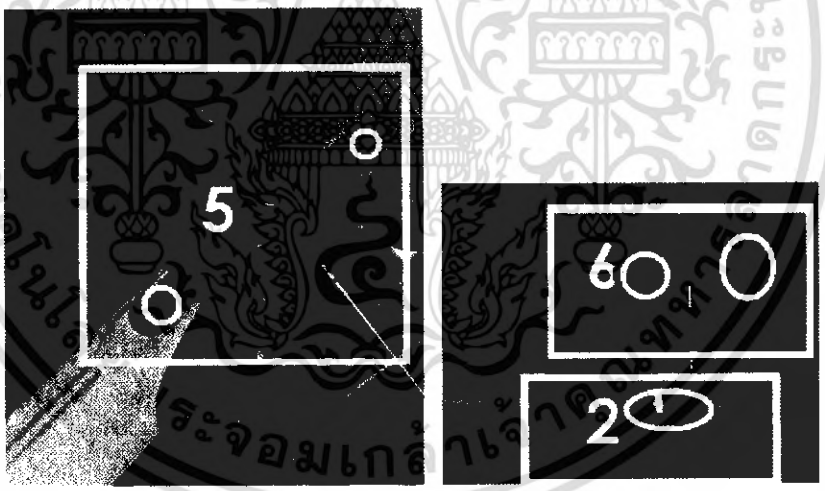
4. ในหมายเลข 4 เป็นมอเตอร์หลักที่ทำหน้าที่ในการทำให้ใบพัดและใบพัดในด้านหลังเกิดการหมุนขึ้นซึ่งการติดตั้งสามารถทำได้ดังต่อไปนี้

4.1 นำเอามอเตอร์หลักมาประจำตำแหน่งที่หมายเลข 4

4.2 จากนั้นทำการนำเอาคับขับชุดเฟืองมาประกอบกับตัวของนำเอามอเตอร์หลัก

4.3 นำเอาแกนเฟืองมาประกอบกับชุดเฟืองเพื่อที่จะนำไปขับกับชุดของที่ต้องการจะบังคับในการหมุนที่จะไปบังคับใบพัดในลักษณะต่างๆ

4.4 ทำการต่อสายไฟเพื่อที่จะจ่ายให้กับมอเตอร์หลักแล้วทำการทดลองโดยการใช้รีโมทบังคับดูแล้วบันทึกผลลงในตารางที่ ฉ.5



รูปที่ ฉ.2 ชิ้นส่วนที่ 2,5,6 ที่จะประกอบ

5. ในหมายเลขที่ 5 นั้นเป็นการประกอบในส่วนของใบพัดหลัก ซึ่งตัวของใบพัดหลักนั้นมีหน้าที่ในการหมุนเพื่อให้เกิดแรงลมให้เฮลิคอปเตอร์เกิดการยกตัวขึ้น ซึ่งสามารถประกอบได้ดังต่อไปนี้

5.1 นำเอาใบพัดมาประจำตำแหน่งในรูปที่ ฉ.2 ในหมายเลขที่ 5

5.2 ทำการขันสกรูให้แน่น แล้วจากนั้นทำการทดสอบโดยการหมุนใบพัดหลัก แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ ฉ.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ในหมายเลขที่ 6 นั้นเป็นการประกอบในส่วนของใบพัดท้าย ซึ่งตัวของใบท้ายหลักนั้นมีหน้าที่ในการหมุนเพื่อให้เกิดแรงลมให้เฮลิคอปเตอร์เกิดการเหวี่ยงตัวในการบังคับทิศทาง ซึ่งสามารถประกอบได้ดังต่อไปนี้

6.1 นำเอาใบพัดมาประจำตำแหน่งในรูปที่ ฉ.2 ในหมายเลขที่ 5

6.2 ทำการขันสกรูให้แน่น แล้วจากนั้นทำการทดสอบโดยการหมุนใบพัดท้าย แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ ฉ.5

ผลการทดลอง

จากการทดลองในการประกอบเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุนั้นสามารถที่จะบันทึกค่าต่างๆได้ในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ ฉ.5 แสดงผลการทดลองการประกอบเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

ส่วนที่ทำการประกอบ	ผลทดลองที่ได้	หมายเหตุ
เซอร์โวมอเตอร์		
สายพาน		
กล้องวีดิโอ		
มอเตอร์หลัก		
ใบพัดหลัก		
ใบพัดท้าย		

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. เพราะเหตุใด เราจึงต้องมาศึกษาในส่วนของการถอดและประกอบชิ้นของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุในขั้นต้นด้วย

2. การที่เราถอดประกอบชิ้นส่วนของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุแล้วชิ้นส่วนของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุยังคงเหลือแสดงว่าเป็นอย่างไร และเราควรทำอย่างไรต่อ

3. ส่วนประกอบที่อาจเสียหายได้บ่อย และพังบ่อย มีอะไรบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6
การใช้รีโมทบังคับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในการใช้รีโมทบังคับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
2. เพื่อให้นักเรียนได้รู้จักปุ่มการบังคับของรีโมทเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
3. เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาในเรื่องการบังคับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุด้วยรีโมทคอนโทรล
4. เพื่อให้นักเรียนได้ทดลองในเรื่องของการบังคับเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุด้วยรีโมทคอนโทรล

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	1 เครื่อง
2. รีโมทเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	1 เครื่อง
3. คู่มือประกอบการใช้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	1 เล่ม

ทฤษฎีเบื้องต้น

ก่อนที่จะทำการบินนั้นเราควรมาศึกษาในเรื่องของรีโมทคอนโทรลก่อน และควรที่จะรู้ถึงข้อควรปฏิบัติก่อนการก่อนว่าควรทำอะไรก่อนบ้าง

รูปที่ ฉ.3 รีโมทเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

หมายเลข 1 คือ เสาอากาศส่งสัญญาณ

หมายเลข 2 คือ LED แสดงการทำงาน

หมายเลข 3 คือ สวิตช์ปรับระยะการเลื่อนเข้าที่ของใบพัดรอง

หมายเลข 4 คือ สวิตช์ปรับระดับความเร็วคงที่ของใบพัด

หมายเลข 5 คือ สวิตช์ปรับระยะการเลื่อนเข้าที่ของใบพัดหลัก

หมายเลข 6 คือ สวิตช์เลื่อนปรับระดับเกียร์การหมุนของใบพัด

หมายเลข 7 คือ สวิตช์ปรับความเร็วของใบพัดแบบเทอร์โบ

หมายเลข 8 คือ สวิตช์ปรับความเร็วของมอเตอร์ใบพัดด้านหลัง

หมายเลข 9 คือ สวิตช์เปิด — ปิดการทำงานของรีโมท

หมายเลข 10 คือ สวิตช์เลื่อนปรับเซอร์โวมอเตอร์สำหรับเดินหน้าและถอยหลัง

หมายเลข 11 คือ สวิตช์ควบคุมทิศทางการบิน

หมายเลข 12 คือ สวิตช์ปรับการทำงานของมอเตอร์ใบพัดด้านหลัง

หมายเลข 13 คือ หูจับสำหรับจับรีโมทคอนโทรล

หมายเลข 14 คือ สวิตช์เร่งการทำงานของมอเตอร์ใบพัด

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ทำการติดตั้งตัวเครื่องเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
2. ทำการปรับปุ่มแต่ละหมายเลขของรีโมทคอนโทรลเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
3. สังเกตการณ์เปลี่ยนที่ละหมายเลขพร้อมกับบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ ฉ.6

ผลการทดลอง

ตารางที่ ฉ.6 บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อกดรีโมท

หมายเลข	ผลการทดลอง
1	
2	
3	
4	
5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.6 (ต่อ) บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลง

หมายเลข	ผลการทดลอง
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ถ้าไม่การศึกษาเกี่ยวกับการใช้รีโมทคอนโทรลมาควบคุมแล้ว การนำเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุออกบินจริงอาจะเกิดผลอะไรตามมาบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 7
การทดลองบินในเบื้องต้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในหลักการทำงานเบื้องต้นของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ
2. เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาคู่มือประกอบการใช้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุอย่างละเอียด
3. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในหลักการบินของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 1 ชุด
2. คู่มือประกอบการใช้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ 1 เล่ม

ทฤษฎีเบื้องต้น

การเตรียมการก่อนการบิน ควรทำการตรวจสอบในเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ตรวจเช็คสภาพของเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด
2. ทำการฝึกการใช้รีโมทควบคุมอย่างคล่องแคล่ว
3. ตรวจสอบสายไฟฟ้าที่ต่อกับกล้องอย่างถูกต้อง

ข้อควรแนะนำ: เพื่อให้บินได้ง่ายขึ้น ควรเปลี่ยนช่องที่เสียบแกนบังคับใบพัดหลัก จากเดิมเสียบอยู่ที่รูด้านปลายสุดของแขนเซอร์โวย้ายมาเสียบที่รูบริเวณกลางแขนเซอร์โวแทน เพื่อมิให้โรเตอร์ใบพัดเอียงมากเกินไป

สำหรับการเซต CG ปกติจะใช้วิธีการเลื่อนถ่านชาร์จที่จัดวางไว้เหนือขาสกีไปข้างหน้าข้างหลัง โดยใช้มือจับที่ด้านบนตรงแกนโรเตอร์ใบพัดหลัก แล้วยกเฮลิคอปเตอร์ให้ลอยขึ้น เลื่อนถ่านจนลำตัวขนานกับพื้น ซึ่งปกติจะต้องเลื่อนถ่านไปด้านหน้าจนสุดขาสกี จึงจะได้ CG พอดี

จากนั้นก็ตรวจสอบใบพัดหลัก ต้องกางใบพัดออกจนเป็นแนวเส้นตรงเดียวกัน ตรงนี้สำคัญมากครับ เพราะหากกางออกมาไม่ตรง จะทำให้ใบพัดแกว่งเครื่องจะสั่นเป็นเจ้าเข้า เมื่อกางใบพัดออกตรงดีแล้วก็ใช้ไขควงหัวแฉกขันสกรูที่ยึดใบพัดให้แน่น

ต่อไปก็ตรวจสอบ Paddle คือใบพัดเล็กที่อยู่บนโรเตอร์เดียวกับใบพัดหลัก Paddle นี้เปรียบเหมือน แอร์ล่อนของเครื่องบิน ช่วยในการเอียงตัว ให้ดูว่า Paddle ทั้งสองข้างอยู่ในแนวเดียวกัน คือขนานกับพื้นราบและไม่บิดไปคนละทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถัดไปก็เปิดรีโมท เสียบถ่านชาร์จเข้ากับภาครับของเฮลิคอปเตอร์ โยกสติ๊กคันเร่งลงต่ำสุดจะได้ยินเสียงเซอร์โวขยับเล็กน้อย ลองโยกสติ๊กด้านขวาดูเพื่อตรวจสอบว่าเซอร์โวทั้งสองตัวทำงานได้ดี คือจะดึงโรเตอร์และ Paddle ให้ขยับขึ้นลงได้

ค่อยๆ โยกสติ๊กคันเร่งด้านซ้ายขึ้นช้าๆ ใบพัดหลักจะหมุน พร้อมๆ กับใบพัดหางลองโยกสติ๊กซ้ายไปทางซ้ายและขวาเฮลิคอปเตอร์จะหันหน้าไปมาตามสติ๊กที่โยก

ลำดับขั้นการทดสอบ

1. นำเฮลิคอปเตอร์ออกมาวางไว้ในที่โล่งแจ้ง
2. ทำการตรวจสอบเฮลิคอปเตอร์และรีโมทคอนโทรลว่ามีแบตเตอรี่เพียงพอหรือไม่
3. วัดระยะการทดลองเป็นระยะทาง 50 เมตร
4. เปิดสวิตช์กดปุ่มเริ่มทำงาน
5. เริ่มทำการจับเวลาและหยุดเมื่อเฮลิคอปเตอร์ถึงจุดที่กำหนด
6. บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ ฉ.7

ผลการทดสอบ

ตารางที่ ฉ.7 การทดลองการบินขึ้น-ลงในแต่ละครั้งแบบเป็นจังหวะ

การทดลองครั้งที่	เวลาที่ใช้(นาที)
1	
2	
3	
4	
5	

สรุปผลการทดสอบ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดสอบ

1. สิ่งที่ต้องระมัดระวังที่สุดในระหว่างการทดลองการบินคืออะไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 8

การทดลองประสิทธิภาพของกล้องวีดิโอ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในหลักการทำงานเบื้องต้นของกล้องวีดิโอไร้สาย
2. เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาคู่มือประกอบการใช้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุอย่างละเอียด
3. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในหลักการทำงานเบื้องต้นของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุไร้สาย

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	1 ชุด
2. คู่มือประกอบการใช้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	1 เล่ม
3. กล้องวีดิโอพร้อมภาครับสัญญาณ	1 ชุด
4. โทรทัศน์สีที่มีช่องรับสัญญาณ AV	1 เครื่อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

โดยปกติของอุปกรณ์ระบบกล้องวีดีทัศน์ (Video TV Camera) นั้นจะแบ่งอุปกรณ์ออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ 3 กลุ่มดังตารางดังต่อไปนี้

1 การส่งสัญญาณ สามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1.1 กล้องรับภาพ (Camera) โดยทั่วไปแล้วจะถูกแบ่งง่ายๆ ออกเป็นสองชนิดคือ กล้องสี และกล้องขาวดำซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้และสถานที่ในการติดตั้งซึ่งต้องประกอบไปด้วยลักษณะของการใช้งานจริงยกตัวอย่าง เช่น กล้องสีควรใช้งานกับสถานที่ที่มีแสงสม่ำเสมอ เช่น ซูปเปอร์มาร์เก็ต, มินิมาร์ท, ร้านทอง ฯลฯ เป็นต้น จากกลุ่มที่ยกตัวอย่างให้เห็นนั้นมีความเหมาะสมกล่าว คือ กล้องสีสามารถแยกแยะรายละเอียดหรือสีของสิ่งของได้ดี และในสถานที่ที่ยกตัวอย่างดังกล่าวก็มีการใช้แสงสว่างค่อนข้างมาก และสม่ำเสมอภาพที่มาปรากฏบนหน้าจอมอนิเตอร์ก็จะมีความชัดเจน กล้องขาวดำกล้องชนิดนี้เป็นกล้องที่ใช้แสงในการรับภาพต่ำมาก (Lux) เหมาะอย่างยิ่งที่จะใช้งานในด้านการรักษาความปลอดภัยเนื่องจากสามารถดูในเวลากลางคืนได้ดีกว่ากล้องสี เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ในอาคาร, คลังสินค้า, โรงงาน, กระบวนการผลิต, พื้นที่อันตราย, ที่เก็บเงิน, ลานจอดรถ, ปั๊มน้ำมัน หรือสถานที่ที่ใช้อุปกรณ์ดูแลรักษาความปลอดภัย

หมายเหตุ: ปัจจุบันกล้องโทรทัศน์วงจรปิดจะใช้แผงรับภาพแบบ CCD (Charge Couple Device) ซึ่งเป็นอุปกรณ์เซมิคอนดัคเตอร์ประเภทหนึ่งในกล้องราคาถูก ไม่มีหน่วยประมวลผลภาพและ หน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเรียกว่าส่วนประมวลผลภาพดิจิตอล (DSP: Digital Image Signal Processing) ซึ่งจะทำให้กล้องที่ไม่มีหน่วยประมวลผล DSP อยู่จะชัดจาง และความคมชัดลดลง เมื่อใช้งานผ่านไปช่วงหนึ่ง

1.2 เลนซ์ (Lens) โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 4 ชนิดดังนี้ เลนซ์แบบ No Iris เป็นเลนซ์ชนิดที่มีความสามารถในการใช้งานได้เพียงการปรับความคมชัด (Focus) ได้อย่างเดียว เลนซ์แบบ Manual Iris เป็นเลนซ์ที่สามารถปรับได้ทั้งความคมชัด และปรับแต่งความมืด, สว่างของภาพได้ ตัวอย่างเช่น ในสถานที่ที่ต้องการติดตั้งกล้องแต่ในสถานที่ดังกล่าวมีแสงค่อนข้างมาก แต่มีการเปลี่ยนแปลงความสว่างของแสง ไม่มาก และต้องการความคมชัดทั้งภาพก็สามารถใช้เลนส์ชนิดนี้เป็นตัวช่วยได้ เลนซ์แบบ Auto Iris เป็นเลนซ์ชนิดที่ปรับสามารถปรับได้ทั้งความคมชัด และในส่วนของการปรับแสงเป็นการปรับโดยอัตโนมัติโดยทำงานร่วมกับวงจรคอนโทรลภายในตัวกล้องซึ่งจะปรับหน้าเลนซ์ไปตามสภาวะของแสงในสถานที่ที่ทำการติดตั้งกล้อง เลนส์แบบ Zoom เป็นเลนซ์ที่มีความสามารถดึงภาพในระยะไกลซึ่งเป็นการคอนโทรลการดึงภาพ, ความคมชัดได้จากอุปกรณ์ควบคุมโดยการเดินสายจากตัวอุปกรณ์มายังตัวคอนโทรลซึ่งก็มีขนาดให้เลือกใช้ตามระยะที่ต้องการใช้จริง

หมายเหตุ: ปัจจุบันกล้องบางชนิดสามารถปรับการรับและแสดงผล ขาวดำ/สี ตามสภาพ ความเข้มแสงที่ได้รับในกรณีที่บริเวณ จุดติดตั้งมีสภาพแสงคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยสามารถ ใช้เลนซ์ แบบ No Iris หรือ Manual Iris ควบคู่กับระบบ Electronic Shutter ก็จะให้ผลได้ดีใกล้เคียงกับการใช้เลนซ์แบบ Auto IRIS

1.3 ขายึดกล้อง (Bracket) อุปกรณ์ชนิดนี้เป็นอุปกรณ์ที่จะต้องเลือกจัดหลังสุดหลังจากเมื่อจัดแล้วว่าใช้กล้อง, เลนซ์, ชุดหุ้มกล้อง, อุปกรณ์สายหมุนชนิดใดขนาดเท่าใดมีน้ำหนักเท่าไหร่เพราะในการจัดอุปกรณ์ชนิดนี้จะต้องให้เหมาะสมกับน้ำหนักที่จะต้องรับจากตัวอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งก็มีขนาดของการรับน้ำหนักและคุณลักษณะในการติดตั้งหลายแบบไม่ว่าจะเป็นการใช้ติดผนัง (Wall Mount) ติดเพดาน (Ceiling Mount)

1.4 ชุดหุ้มกล้อง (Housing) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันตัวกล้องและตัวเลนซ์ให้พ้นจากแสงแดดและน้ำแม้กระทั่งไอหมอก ซึ่งจะส่งผลในการยืดอายุการใช้งานของตัวกล้องและเลนซ์ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและมีประสิทธิภาพ ซึ่งก็ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้ (กล้องและเลนซ์) และสถานที่ที่ใช้เพราะมีอุปกรณ์ที่สามารถใช้ได้ทั้งภายใน (Indoor) และ ภายนอก (Out Door) และ มี Accessories ให้เลือกใช้มากมายไม่ว่าจะเป็นใบปัดหน้า, ชุดครอบ, อุปกรณ์หล่อเย็น ในกรณีทีทำการติดตั้งในที่ที่มีอุณหภูมิสูง หรือจะเป็นชุดอุปกรณ์ที่สามารถป้องกันแรงกระแทกได้ ซึ่งเหมาะสมกับสถานที่ที่มีการกระแทกสูงๆ เช่น เหมืองแร่ต่างๆ

1.5 หัวก้มและส่าย (Pan/Tilt) เป็นอุปกรณ์เสริม ซึ่งมีหน้าที่ของตัวอุปกรณ์คือเป็นตัว ส่าย หมุน ก้มเงยซึ่งนิยมนำไปใช้ร่วมกับการใช้เลนซ์ Zoom ก็จะได้ประสิทธิภาพสูงสุด มีให้เลือกใช้ทั้ง ภายใน (In

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Door) ภายนอก (Out Door) ซึ่งจะต้องใช้ควบคู่กับชุดควบคุมหรือชุดคอนโทรลเสมอโดยการเดินสาย จากตัวอุปกรณ์มายังชุดควบคุม

1.6 หัวส่าย (Scanner) เป็นอุปกรณ์เสริมมีหน้าที่ของตัวอุปกรณ์คือ เป็นตัวส่ายซ้ายขวาอุปกรณ์ชนิดนี้ไม่ค่อยนิยม ใช้มากนักเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ที่ใช้ภายนอก (Out Door) และอุปกรณ์ที่มีใช้ภายใน (In Door) โดยส่วนใหญ่ก็ไม่สามารถ รับหนักได้มากนัก ยกเว้นอุปกรณ์ที่มาจากทางอเมริกา ซึ่งก็มีราคาแพงจึง ไม่ค่อยได้รับความนิยมเท่าที่ควร

2. การเชื่อมต่อสัญญาณ สามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

2.1 เครื่องสลับภาพ (Switcher) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับสัญญาณจากตัวกล้อง แล้วส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์รับภาพ โดยจะทำหน้าที่สลับภาพให้ภาพจากตัวกล้องมาปรากฏบนหน้าจอทีละภาพตามลำดับเวลาที่ สามารถกำหนดได้โดยทั่วไปตั้งแต่ 1-35 วินาที และมีขนาดให้เลือกใช้หลายขนาด คือจะมี 4,6,8,12,16 ช่องรับสัญญาณ ซึ่งสามารถเลือกใช้ตามจำนวนของกล้องที่จะใช้จริง

2.2 เครื่องแบ่งสัญญาณภาพควอร์ต (Quad) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางเหมือนกับเครื่องสลับภาพแต่จะทำหน้าที่ต่างกันในขาออกคือภาพที่ ได้จะปรากฏอยู่บนจอพร้อมกัน 4 ภาพ (หมายถึง Quad 4CH) ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่า QUAD จะทำหน้าที่แบ่งสัญญาณบนหน้าจอภาพ ซึ่งข้อดีของอุปกรณ์ตัวนี้คือจะไม่เกิดช่องว่างของเวลา ในการสลับภาพเหมือน เครื่องสลับภาพ และในขณะเดียวกันถ้ามีการต่อพ่วงเข้ากับเครื่องบันทึกภาพก็จะได้ภาพทั้งหมดพร้อมกันในการบันทึกภาพ ซึ่งก็จะมี 2 ขนาดในการใช้คือ Quad 4 CH, Quad 8 CH (Dual Page) ซึ่งจะแสดงความแตกต่างในการใช้งาน Diagram แนบท้าย

2.3 เครื่องแบ่งสัญญาณภาพมัลติเพลกเซอร์ (Multiplexer) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับสัญญาณเหมือนกับเครื่องสลับภาพ และเครื่องแบ่งสัญญาณภาพควอร์ต แต่มีประสิทธิภาพมากกว่าคือสามารถแบ่งสัญญาณภาพบนจอได้ ถึง 9 ส่วน หรือ 16 ส่วน นั้นหมายถึงรับสัญญาณจากกล้องได้ถึง 9 ตัว หรือ 16 ตัวนั้นเอง โดยหน้าที่พิเศษของตัว เครื่องแบ่งสัญญาณภาพมัลติเพลกเซอร์ นี้ก็คือในกรณีที่ทำการบันทึกภาพลงบนเนื้อเทป (ม้วน VDO) แล้วนั้นซึ่งในการบันทึกก็จะบันทึกภาพทั้ง 16 กล้องลงไปพร้อมๆ กันซึ่งโดยปกติจากการบันทึกเทป เมื่อบันทึกลงเป็น 16 ส่วน ก็จะได้ภาพเป็น 16 ส่วนในกรณีที่มีการ Play Back แต่ประสิทธิภาพของ Multiplexer สามารถที่จะดึงภาพใดภาพหนึ่งใน 16 ภาพขึ้นมาเป็นภาพใหญ่เต็มจอ (Full Screen) ได้จากเนื้อเทปที่ทำการบันทึกไว้แล้ว ความสามารถพิเศษของอุปกรณ์ตัวนี้อีกอย่าง คือในเวลาที่มีการเข้าระบบบันทึกภาพและมีการคอนโทรลที่หน้าจอภาพโดยควบคุมให้ภาพในขณะนั้นเป็นภาพจากกล้องใดกล้องหนึ่งแต่ในการบันทึกภาพก็จะได้ภาพทั้ง 16 กล้อง เช่นเดิม ซึ่งประโยชน์ก็คือก็จะได้ภาพทั้ง 16 กล้องโดยไม่ขาดตอนในการบันทึก แม้หน้าจอภาพจะถูกควบคุมไปแบบใดก็ตาม

3. การรับสัญญาณ สามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1. จอภาพมอนิเตอร์ (Monitor) ทำหน้าที่รับสัญญาณเพียงอย่างเดียว ซึ่งตัวแปรต่างๆ ของระบบจะขึ้นอยู่กับการเลือกใช้อุปกรณ์ต่อเชื่อมสัญญาณว่าจะใช้อุปกรณ์ใด จอภาพมอนิเตอร์ก็จะปรากฏภาพดังนั้น ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปก็จะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ จอภาพสี และ จอภาพขาวดำโดยมีขนาดให้เลือกหลาย ขนาดตามจุดประสงค์และความต้องการ

2. เครื่องบันทึกภาพ (Recorder) ทำหน้าที่รับสัญญาณภาพขาออกจากอุปกรณ์ ต่อเชื่อมสัญญาณและทำการบันทึกภาพ โดยทั่วไปที่ใช้กัน จะใช้อยู่ 2 ระบบ คือ ระบบ Digital และ ระบบ Analog

3. จอโทรทัศน์ (Television) เป็นอุปกรณ์ที่แสดงภาพผ่านทางพอร์ต AV ของทาง ทีวีซึ่งทำการฉายภาพได้อย่างเดียว

ลำดับขั้นการทดสอบ

1. ติดตั้งตัวอุปกรณ์กล้องให้เข้ากับโทรทัศน์ แล้วจากนั้นทำการทดสอบกล้องวีดิโอตามตารางที่ ฉ.8 แล้วบันทึกค่าที่ได้ลงในตารางให้เรียบร้อย

2. จากนั้นก็ทดสอบกล้องในเวลาที่ออกบินโยทำในขั้นตอนต่างๆดังต่อไปนี้

1. ทำการติดตัวกล้องวีดิโอกับตัวของเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ

2. ทำการเตรียมแหล่งจ่าย กล้อง จอภาพรับสัญญาณ

3. เตรียมห้องที่มีแสงปกติและห้องที่มีแสงน้อยๆ ที่โล่งแจ้ง

4. ทำการต่อวงจรกล้องพร้อมกับสลับห้องเพื่อเปรียบเทียบความคมชัด

5. แล้วทำการนำเอาเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุออกบินโดยใช้รีโมทควบคุมพร้อมกับทดลองเกี่ยวกับภาพจากสัญญาณที่ส่งมาทางจอภาพ

6. สังเกตุภาพที่ออกมาแล้วทำการบันทึกผล

7. บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ ฉ.8 และ ฉ.9

ผลการทดสอบ

ตารางที่ ฉ.8 การทดสอบความคมชัดของกล้องวีดิโอ

วิธีที่	วิธีที่ทำการปฏิบัติ	ผลที่ได้รับ
1.	เลื่อนกล้องเข้าหาจุดที่ต้องการจะถ่าย	
2.	เลื่อนกล้องออกจากจุดที่ต้องการจะถ่าย	
3.	ปรับความสว่างของจุดที่ต้องการจะถ่าย	
4.	ปรับระยะของเลนซ์ไปหาจุดโฟกัสที่จะถ่าย	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 การทดสอบประสิทธิภาพของกล้องบนพื้นดิน

การทดลองครั้งที่	ห้องแสงสว่างปกติ	ห้องแสงสว่างน้อย	ที่โล่งแจ้ง
1			
2			
3			

สรุปผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดสอบ

1. ในการทดลองระยะที่กล้องมองอย่างชัดเจนที่สุดคือห้องที่มีลักษณะเป็นอย่างไร
2. ในการทดลองห้องที่กล้องจับมองอย่างชัดเจนที่สุดคือห้องที่มีลักษณะเป็นอย่างไร
3. การที่กล้องมีจุดโฟกัสที่ที่ไม่มีความคมชัดควรปรับโดยวิธีใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 9

การทดลองบินจริงพร้อมใช้กล้องตรวจสอบ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนได้ใช้เฮลิคอปเตอร์ไร้สายเพื่อใช้ในการสำรวจได้
2. เพื่อสอบหาระยะทางที่เดินทางได้ไกลที่สุด
3. เพื่อทดสอบการทำงานของชุดขับเคลื่อนและชุดส่ง-รับ สัญญาณ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	1 ชุด
2. ชุดกล้องวีดิโอพร้อมภาครับสัญญาณ	1 ชุด
3. มอนิเตอร์แสดงผล	1 เครื่อง
4. คู่มือประกอบการใช้เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	1 เล่ม

ทฤษฎีเบื้องต้น

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาในเรื่องของคู่มือและได้ทำการตรวจสอบตัวเครื่องดูว่าว่ามีอะไรบกพร่องอย่างไรหรือเปล่าถ้าไม่มีข้อบกพร่องควรทำการออกบินและใช้กล้องในการสำรวจดังต่อไปนี้

1. ในการออกบินจริงสิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือสภาพของอากาศที่ทำการบินว่ามีลมแรงมากน้อยเพียงใด มีผลต่อการออกบินหรือเปล่า หรือมีฝนตกหรือไม่ถ้ามีควรหลีกเลี่ยงการบินในลักษณะดังกล่าว

2. ในกรณีที่ทำการออกฝึกบินในครั้งแรกควรที่จะระมัดระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากการที่ไม่ชำนาญในการบินอาจจะทำให้บังคับแล้วตกได้ง่ายและอาจจะทำให้ตัวอุปกรณ์ได้รับความเสียหายได้

3. การออกบินควรที่จะออกบินตามระยะทางตามคู่มือที่กำหนดให้โดย ไม่ให้พ้นขอบเขตรัศมีของสัญญาณที่ตัวเครื่องส่งสัญญาณจะทำการส่งสัญญาณได้ถึง

4. การสำรวจนั้นอาจเกิดข้อผิดพลาดได้เนื่องจากตัวเครื่องที่ออกบินแล้วสั่น หรือการมีคลื่นรบกวนในขณะที่ออกทำการบิน ให้สัญญาณนั้นมีผลกระทบมากในการบินหรือทำให้เกิดการบินที่ผิดเพี้ยนไปควรที่จะทำการนำเอาเครื่องลงมาแล้วทำการแก้ไขโดยด่วน

5. ในการสำรวจนั้นถ้าภาพที่ออกมาไม่ชัดหรือเป็นคลื่นให้ไปปรับตั้งทางภาพรับของตัวกล้องแล้วปรับภาพให้ชัดดังเดิม

6. ในกรณีที่เฮลิคอปเตอร์ที่บินแล้วเกิดตกขึ้นมา ให้รีบหาสาเหตุของการตกแล้วทำการแก้ไข ตรวจซ่อมอย่างเร่งด่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การจะเล่นทริกที่เป็นท่าที่ยากในการเล่น ควรเล่นอย่างระมัดระวังที่สุด

ลำดับขั้นการทดสอบ

1. ทำการทดสอบตามใบงานก่อนหน้านี้แล้วก็มาทำการบินเพื่อการสำรวจโดยใช้กล้องติดตัวเครื่องได้
2. ทำการทดลองดังต่อไปนี้
    2.1 นำเฮลิคอปเตอร์ออกมาวางไว้ในที่โล่งแจ้ง
    2.2 ทำการตรวจสอบเฮลิคอปเตอร์และรีโมทคอนโทรลว่ามีแบตเตอรี่เพียงพอหรือไม่
    2.3 เปิดสวิตช์ควบคุมเริ่มการทำงาน
    2.4 ออกบินพร้อมกับทำการนับระยะการบินพร้อมสังเกตความคมชัดของกล้องวีดิโอ
    2.5 เมื่อเฮลิคอปเตอร์ถึงจุดที่คิดว่าไกลสุดพร้อมสังเกตข้อแตกต่าง
    2.6 บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดสอบ

ตารางที่ ฉ.10 การทดลองการบินจริง

การทดลองครั้งที่	ระยะทาง (เมตร)	ลักษณะการควบคุมเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ	ลักษณะการความคมชัดของกล้องวีดิโอ
1	30		
2	40		
3	50		
4	60		
5	70		

สรุปผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดสอบ

1. เมื่อตัวกล้องไม่สามารถจับภาพเป็นเพราะเหตุใดบ้าง
2. การบินไปในระยะที่ไกลๆ ถ้ารัศมีของเฮลิคอปเตอร์ พ้นจากการควบคุมแล้วจะเป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายวุฒิการ เดชบุรัมย์
วัน เดือน ปีเกิด	30 ตุลาคม พ.ศ. 2526
ภูมิลำเนา	บ้านเลขที่ 88 หมู่ที่ 4 ตำบลโคกก่อ อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000 หมายเลขโทรศัพท์ 0-9156-3170
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านหนองหิน จังหวัดมหาสารคาม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนโคกก่อพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ความสนใจพิเศษ	นอน และอ่านหนังสือพิมพ์
คติพจน์	สักวันเราจะต้องยิ่งใหญ่ ต้องได้แชมป์สักวัน

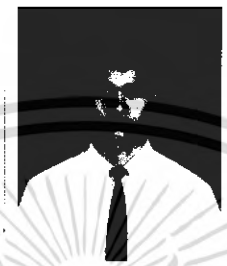
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายสาโรจน์ รอดปาน
วัน เดือน ปีเกิด	7 มกราคม พ.ศ.2527
ภูมิลำเนา	บ้านเลขที่ 44/1 หมู่ที่ 7 ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ 67180 หมายเลขโทรศัพท์ 0-1039-3570
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านฟุบสะแก จังหวัดเพชรบูรณ์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนซับสมบูรณ์วิทยาคม จังหวัดเพชรบูรณ์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยการอาชีพวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล	นักเรียนทีนำชื่อเสียงมาสู่โรงเรียนมัธยมตอนต้น
ความสนใจพิเศษ	เทคโนโลยียานยนต์ใหม่ๆ
คติพจน์	สงครามยังไม่จบ อย่าเพิ่งนับศพทหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล นายอาทิตย์ แพงภูงา

วัน เดือน ปีเกิด 11 สิงหาคม พ.ศ.2526

ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 160 หมู่ที่ 2 ตำบลหุ่งหลวง อำเภอสุวรรณภูมิ
จังหวัดร้อยเอ็ด 45130 หมายเลขโทรศัพท์ 0-4072-8986

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านตาหยวก(ประชาสงเคราะห์) จังหวัดร้อยเอ็ด
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสุวรรณภูมิพิทยไพศาล จังหวัดร้อยเอ็ด
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนสุวรรณภูมิพิทยไพศาล จังหวัดร้อยเอ็ด
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ความสนใจพิเศษ เทคโนโลยีต่างๆ

คติพจน์ อย่ากลัวที่จะก้าวยาวๆ เมื่อต้องข้ามอุปสรรคที่ยิ่งใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้