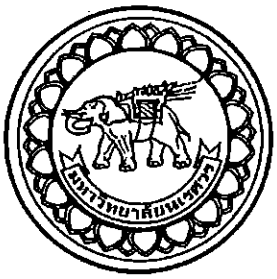
อภินันทนาการ



สำนักหอสมุด

เครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูง

A HIGH ALTITUDE NAVIGATION DRONE

นายพยนต์ ทรัพย์พัตร รหัส 52362021

นายภาณุพงศ์ คงเวทย์ รหัส 52362120

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 7 ต.ค. 2560
เลขทะเบียน 17197077
เลขเรียกหนังสือ

ปร
พ 215 ค
2557

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูง
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพยนต์ ทรัพย์พัตร รหัส 52362021
	นายภาณุพงศ์ คงเวทย์ รหัส 53362120
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2557

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

..... ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

..... กรรมการ
(อาจารย์สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูง
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพยนต์ ทรัพย์พัตร รหัส 52362021
	นายภาณุพงศ์ คงเวทย์ รหัส 53362120
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2557

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เครื่องบินบังคับสำหรับงานสำรวจในที่สูงโดยใช้การควบคุมระยะไกลด้วยความถี่วิทยุ เพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับการสำรวจสภาพทั่วไปภายนอกรวมทั้งกรณีที่เกิดความเสียหายกับสิ่งปลูกสร้าง อาคาร หรืออุปกรณ์ที่ติดตั้งในที่สูง โดยติดตั้งกล้องวีดิทัศน์ขนาดเล็กซึ่งส่งสัญญาณภาพตามเวลาจริง สามารถถ่ายและบันทึกเป็นวีดิทัศน์รวมทั้งเป็นภาพนิ่งเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้และลดความเสี่ยงต่ออันตรายจากการต้องขึ้นไปทำงานบนที่สูงหรือจากการเข้าใกล้อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง

Project title	A High Altitude Navigation Drone
Name	Mr. Payon Thappat ID. 53362021
	Mr. Panupong Kongwat ID. 53362120
Project advisor	Asst. Prof. Niphat Jantharamin, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2014

Abstract

This thesis presents a drone application for high altitude navigation using radio-wave-based remote control. This application could ease particularly outside-damage navigation of construction, buildings or highly-mounted devices. In this project a small video camera is installed with a quadcopter, and therefore provides real-time video recording and photo shooting capability. In addition, this application could lessen unnecessary works at high altitude and avoid dangers of approaching high-voltage devices.

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินโครงงานและปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยการดูแลจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการพัฒนาชิ้นงาน การทดสอบ และการปรับปรุงชิ้นงานด้วยความเอาใส่ใจ ผู้ดำเนินโครงงานจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอนตลอดการศึกษาเล่าเรียนในระดับปริญญาตรี ทำให้สามารถนำความรู้และทักษะในหลายๆด้านมาประยุกต์ใช้กับการดำเนินโครงงาน

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้ยืมใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า รวมทั้งขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่ให้ยืมใช้เครื่องชั่งน้ำหนักซึ่งช่วยให้การดำเนินโครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณรัฐบาลไทยที่จัดตั้งกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) ซึ่งสนับสนุนให้ทุนการศึกษาแก่ผู้ดำเนินโครงงานตลอดช่วงการศึกษาระดับปริญญาตรี

ในท้ายที่สุดนี้เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ซึ่งให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงงาน รวมทั้งมอบความรัก ความเข้าใจ และคอยเป็นกำลังใจให้อยู่เสมอจนทำให้ประสบกับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้

นายพยนต์ ทรัพย์พัตร
นายภาณุพงศ์ คงเวทย์

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 3
1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 รูปแบบของเครื่องบินบังคับ 4
2.2 ความแตกต่างระหว่างเครื่องบินปีกตรึงกับแบบปีกหมุน 7
2.3 หลักการทำงานของเครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัด 9
2.4 การควบคุมระยะไกลด้วยความถี่วิทยุ 2.4 GHz 13
2.5 ไฟเลี้ยงสำหรับเครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัด 15
2.5.1 แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน 15
2.5.2 คุณสมบัติทางเคมีแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน 17
2.5.3 การคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน 18
2.5.4 การอัดประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน 18
2.5.5 แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ 23
2.5.6 การคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ 25
2.5.7 การอัดประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ 27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 ทฤษฎีการวิเคราะห์โครงสร้าง 28
2.6.1 จุดศูนย์กลางของมวล 28
2.6.2 จุดศูนย์กลางมวลของวัตถุรูปทรงต่างๆ 28
2.6.3 หลักการหาจุดศูนย์ถ่วง 29

บทที่ 3 การออกแบบเครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูง 31
3.1 การออกแบบและสร้างโครงงาน 31
3.2 กล้องวิดิทัศน์ขนาดเล็กและฐานรองรับ 32
3.2.1 กล้องวิดิทัศน์ขนาดเล็ก 32
3.2.2 ฐานรองรับกล้อง 33
3.3 โปรแกรมแสดงและการบันทึกสัญญาณภาพจากกล้อง 34
3.3.1 โปรแกรม KM Player 34
3.3.2 โปรแกรม Bandicam 35
3.3.3 การตั้งค่าของโปรแกรม Bandicam 35
3.4 อุปกรณ์แปลงสัญญาณจากเอวีเป็นยูเอสบี 38
3.5 การบันทึกเป็นภาพนิ่งและวีดิทัศน์ 38

บทที่ 4 ผลการทดสอบ 41
4.1 การทดสอบการใช้กระแสในการบินขึ้นในแนวดิ่ง 41
4.2 การทดสอบความเร็วในการบิน 42
4.2.1 การทดสอบความเร็วในการบินขึ้นในแนวดิ่ง 42
4.2.2 การทดสอบความเร็วในการบินในแนวระดับ 43
4.3 การส่งสัญญาณภาพ 47

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 49
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 49
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 49
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง 51

ภาคผนวก คู่มือการใช้งานเครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัด 52

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ข้อดีและข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน 16

2.2 คุณลักษณะการทำงานโดยทั่วไปของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน 19

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เครื่องบินบังคับรุ่น Sky Eagle 2.4 GHz.... 4
2.2 เครื่องบินบังคับรุ่นคอปเตอร์ 3.5 CH Z100.... 5
2.3 เครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัดรุ่น WL Toys V262 Cyclone.... 5
2.4 เครื่องบินบังคับสี่ใบพัดรุ่น F450 Quadcopter.... 6
2.5 เครื่องบินบังคับแบบหกใบพัดรุ่นรุ่น F800 Hexacopter.... 6
2.6 เครื่องบินบังคับแบบแปดใบพัดรุ่น F1000 Octocopter.... 7
2.7 การขึ้นบินและการไต่ระดับ.... 7
2.8 การลงจอดและการลดระดับ.... 8
2.9 การเปลี่ยนทิศทาง.... 8
2.10 เครื่องบินแบบสี่ใบพัด.... 9
2.11 การควบคุมแบบการลอยตัว.... 10
2.12 การเคลื่อนที่ไปทางซ้าย.... 10
2.13 การเคลื่อนที่ไปทางขวา.... 11
2.14 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า.... 11
2.15 การเคลื่อนที่ไปข้างหลัง.... 12
2.16 การควบคุมแบบการหันซ้าย.... 12
2.17 การควบคุมแบบการหันขวา.... 13
2.18 การแผ่สเปกตรัมแบบโจนความถี่หรือเอฟเอชเอสเอส.... 14
2.19 การแผ่สเปกตรัมแบบลำดับตรงหรือดีเอสเอสเอส.... 14
2.20 กระบวนการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีในเซลล์ของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน.... 17
2.21 การเปรียบเทียบแรงดันกับความจุสำหรับเซลล์ INCP 61/16/78 7 Ah เมื่อคายประจุ ด้วยกระแสคงที่ ที่ 25°C หลังจากการอัดประจุ (a) 4.1 V (b) 4.2 V ที่กระแส 1 A.... 20
2.22 การเปรียบเทียบแรงดันกับพลังงานสำหรับเซลล์ INCP 61/16/78 7 Ah เมื่อคายประจุ ด้วยกระแสคงที่ ที่ 25°C หลังจากการอัดประจุ (a) 4.1 V (b) 4.2 V ที่กระแส 1 A.... 21
2.23 ความจุของเซลล์ INCP 160/61/78 เมื่อใช้งานครบรอบด้วยกระแสคงที่ 1 A และ 6 A สำหรับการอัดประจุระหว่าง 4.1 V กับ 4.2 V และการคายประจุระหว่าง 2.5 V กับ 3.0 V ที่ 25°C.... 22

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.24 ความจุของเซลล์ INCP 160/61/78 เมื่ออัดประจุที่ 4.1 V กับ 4.2 V และคายประจุที่ 2.5 V กับ 3.0 V ที่ 25°C ที่ 1 A กับ 6 A โดยเซลล์ที่ใช้กระแส 1 A ใช้งานแล้ว 300 รอบ แต่เซลล์ที่ใช้กระแส 6 A ใช้งานแล้ว 3,000 รอบ 22
2.25 เปอร์เซ็นต์จำนวนประจุ และกระแสอัดประจุ สำหรับเซลล์ชนิด C/$LiMnO_2$ และ C/$LiCoO_2$ 18650 ในการอัดประจุแบบกระแสคงที่แรงดันคงที่เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง ด้วยกระแสสูงสุดที่ 1.4 A กับ 1.65 A และแรงดันสูงสุดที่ 4.2 V 23
2.26 โครงสร้างของเซลล์ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ 24
2.27 แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ 0.57 Ah 24
2.28 การคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ชนิด C/$LiCoO_2$ ขนาด 0.120 Ah ที่ค่ากระแสคายประจุ 0.2 – 3C ที่อุณหภูมิ 21°C 25
2.29 การคายประจุแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ชนิด C/$LiCoO_2$ ขนาด 0.120 Ah ค่ากระแสคายประจุ 1C ที่อุณหภูมิตั้งแต่ -20°C – +25°C 26
2.30 ค่าความจุในแต่ละจำนวนรอบการใช้งานของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ชนิด C/$LiCoO_2$ ขนาด 0.57 Ah 26
2.31 การอัดประจุแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ชนิด C/$LiCoO_2$ ขนาด 0.120 Ah ที่ค่ากระแสอัดประจุ 0.7C 1C และ 1.3C ที่อุณหภูมิ 21°C 27
2.32 จุดศูนย์กลางมวลของวัตถุ 28
2.33 แผนภาพแสดงวิธีพิจารณาหาจุดศูนย์ถ่วง 29
3.1 การออกแบบเครื่องบินบังคับสี่ใบพัด แบบสามมิติ 31
3.2 เครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัดเมื่อมองจากด้านต่างๆ 32
3.3 กล้องแบบไร้สายและอุปกรณ์รับสัญญาณ 33
3.4 ฐานรองรับสำหรับยึดกล้องกับตัวเครื่องบินบังคับ 33
3.5 การแสดงตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของชุดอุปกรณ์เสริม 34
3.6 หน้าจอแรกของโปรแกรม Bandicam 35
3.7 การเลือกโฟลเดอร์สำหรับเก็บข้อมูล 36
3.8 การกำหนดประเภทของวีดิทัศน์ 36
3.9 โปรแกรมทำการแสดงไฟล์ที่ทำการบันทึก 37
3.10 โปรแกรมทำการแสดงไฟล์ที่ทำการบันทึก 37
3.11 อุปกรณ์แปลงสัญญาณภาพและเสียง 38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.12 การจ่ายไฟเลี้ยงให้กับตัวกล้อง 38

3.13 การเชื่อมต่ออุปกรณ์รับสัญญาณกับอุปกรณ์แปลงสัญญาณ 39

3.14 การการเสียบหัวยูเอสบีเข้ากับคอมพิวเตอร์ 39

3.15 การใช้โปรแกรม KM Player ทำการแสดงภาพ 40

3.16 การเปิดโปรแกรม Bandicam เพื่อทำการบันทึกภาพ 40

4.1 หน้าจอแสดงเปอร์เซ็นต์การทำงานของมอเตอร์ช่องสัญญาณที่ 3 41

4.2 ผลการทดสอบการใช้กระแสของเครื่องบินบังคับ 41

4.3 หน้าจอแสดงช่องสัญญาณที่ 3 42

4.4 ผลการทดสอบความเร็วในการบินขึ้นในแนวดิ่ง 42

4.5 หน้าจอแสดงช่องสัญญาณที่ 1 ในการบินไปทางซ้าย 43

4.6 ผลการทดสอบความเร็วในการบินไปทางซ้าย 43

4.7 หน้าจอแสดงช่องสัญญาณที่ 1 ในการบินไปทางขวา 44

4.8 ผลการทดสอบความเร็วในการบินไปทางขวา 44

4.9 หน้าจอแสดงช่องสัญญาณที่ 2 ในการบินไปด้านหน้า 45

4.10 ผลการทดสอบความเร็วในการบินไปด้านหน้า 45

4.11 หน้าจอแสดงช่องสัญญาณที่ 2 ในการบินไปด้านหลัง 46

4.12 ผลการทดสอบความเร็วในการบินถอยหลัง 46

4.13 สภาพภายนอกของเครื่องทำความเย็นของอาคารอเนกประสงค์ ม.นเรศวร 47

4.14 ภาพถ่ายหม้อแปลงไฟฟ้าหน้าหอพักบ้านไออุ่น รูปที่ 1 47

4.15 ภาพถ่ายหม้อแปลงไฟฟ้าหน้าหอพักบ้านไออุ่น รูปที่ 2 48

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในระบบไฟฟ้ากำลังและไฟฟ้าสื่อสารในประเทศไทยมีส่วนของระบบที่ถูกติดตั้งไว้เหนือพื้นดินและมักถูกติดตั้งในที่สูง เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า ตัวนำล่อฟ้าบนจุดสูงสุดของสิ่งปลูกสร้าง สายไฟฟ้า สายโทรศัพท์ โดยเฉพาะในระบบไฟฟ้าแรงสูงซึ่งจำเป็นต้องมีระยะห่างจากสิ่งรอบข้างเพิ่มขึ้นตามระดับแรงดัน เนื่องจากไฟฟ้าแรงสูงสามารถกระโดดข้ามอากาศหรือฉนวนไฟฟ้าเข้าหาวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตได้โดยไม่ต้องสัมผัสสายไฟ เนื่องจากสายไฟฟ้าแรงสูงมีระยะอันตรายที่จะกระโดดข้ามได้ ดังนั้นจึงติดตั้งไว้บนเสาส่งและจับยึดสายไฟฟ้าด้วยลูกถ้วยซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้าโดยต้องใช้จำนวนลูกถ้วยที่เหมาะสมกับไฟฟ้าแรงสูงแต่ละระดับด้วย สายไฟฟ้าแรงสูงมักอยู่สูงจากพื้นดินตั้งแต่ 9 เมตรขึ้นไป สายไฟที่อยู่สูงกว่ามักมีแรงดันไฟฟ้ามากกว่าสายไฟที่อยู่ต่ำกว่า

สายไฟฟ้าแรงสูงส่วนใหญ่ที่ใช้ส่งกระแสไฟฟ้าไปตามถนนหรือทุ่งนานั้น ส่วนใหญ่จะไม่มีฉนวนหุ้มหรืออาจหุ้มบาง ๆ ไว้เท่านั้นซึ่งถือว่าไม่ปลอดภัยที่จะเข้าใกล้ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าควรมีการตรวจสอบเพื่อบำรุงรักษาตามกำหนดเวลาหรือจำเป็นต้องเปลี่ยนเมื่อได้รับความเสียหายจากความผิดพร่องหรือฟอลต์ (Faults) รวมทั้งการแตกร้าวหรือหักพังจากอุบัติเหตุ อย่างไรก็ตามการดำเนินการดังกล่าวต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมากและอาจใช้เวลาไม่น้อยในการเข้าถึงอุปกรณ์เหล่านั้นเพื่อตรวจสภาพเบื้องต้น

นอกจากนี้เรามักพบเห็นการก่อสร้างโดยเฉพาะในสังคมเมืองเป็นลักษณะของอาคารสูง สูงเนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่ก่อสร้าง การปลูกสร้างอาคารสูงจึงเป็นการใช้ประโยชน์บนแปลงที่ดินที่มีอยู่ให้คุ้มค่า แต่หากเกิดความเสียหายทางโครงสร้าง ไม่ว่าจะเกิดขึ้นตามอายุการใช้งาน อุบัติเหตุ หรือเพราะภัยธรรมชาติ เช่น อัคคีภัย แผ่นดินไหว ทำให้โครงสร้างของสิ่งปลูกสร้างดังกล่าวเกิดรอยแตกร้าวหรือการแตกหัก การสำรวจหรือตรวจสอบสภาพภายนอกของอาคารสูงเหล่านี้บางครั้งจึงอาจไม่สามารถเป็นไปได้อย่างสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งอาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายต่อคนงานได้

ผู้ดำเนินโครงงานจึงคิดที่จะนำเครื่องบินบังคับมาประยุกต์ใช้เพื่อการสำรวจสภาพทั่วไปภายนอกรวมทั้งกรณีที่เกิดความเสียหายกับสิ่งปลูกสร้าง อาคาร หรืออุปกรณ์ที่ติดตั้งในที่สูง โดยติดตั้งกล้องวีดิทัศน์ซึ่งส่งสัญญาณภาพตามเวลาจริงเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้และลดความเสี่ยงต่ออันตรายจากการต้องขึ้นไปทำงานบนที่สูงหรือจากการเข้าใกล้อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อประยุกต์ใช้งานเครื่องบินบังคับสำหรับงานสำรวจในที่สูง โดยติดตั้งกล้องวิดีทัศน์ขนาดเล็กเพื่อส่งสัญญาณภาพแบบไร้สายมาบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ตามเวลาจริงได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ศึกษาและเปรียบเทียบคุณลักษณะและราคาของเครื่องบินบังคับแบบต่าง ๆ เพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับโครงงาน เช่น สามารถหันรอบตัวเองได้ 360°
2) ติดตั้งกล้องวิดีทัศน์ขนาดเล็กที่เครื่องบินบังคับเพื่อใช้สำรวจหาข้อมูล ซึ่งสามารถปรับตั้งมุมของหน้ากล้องได้ระหว่างแนวระดับ (0°) กับแนวดิ่งลง (90°)
3) สามารถส่งสัญญาณภาพจากกล้องมาบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ตามเวลาจริงได้ โดยสามารถบันทึกได้ทั้งในรูปแบบวีดิทัศน์และภาพนิ่ง

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2557							
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1) ศึกษาข้อมูลและรวบรวมรายละเอียดของเครื่องบินบังคับเพื่อเลือกใช้งาน								
2) ออกแบบโครงสร้างเพิ่มเติมและเลือกวัสดุสำหรับโครงงาน								
3) ประกอบชิ้นงาน								
4) ทดสอบการทำงานและปรับปรุงชิ้นงาน								
5) สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์								

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

เครื่องบินบังคับ เพื่อการสำรวจในที่สูงที่ได้จากโครงงานนี้สามารถใช้ในงานสำรวจเบื้องต้น จึงช่วยอำนวยความสะดวกในการตรวจสอบสภาพทั่วไปภายนอก หรือร่องรอยการชำรุดเสียหายของอาคาร สิ่งปลูกสร้าง หรืออุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าที่ติดตั้งในที่สูง ซึ่งลดความเสี่ยงจากอันตรายในการสัมผัสหรือการเข้าถึงโดยตรง โดยส่งสัญญาณภาพมายังคอมพิวเตอร์ตามเวลาจริงได้ และผู้ใช้ยังสามารถบันทึกภาพเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาหรือการวิเคราะห์หาสาเหตุความเสียหายและแนวทางการดำเนินงานต่อไปได้

1.6 งบประมาณ

ในการดำเนินโครงงานมีค่าใช้จ่ายหลัก ๆ ดังนี้

1) เครื่องบินบังคับและอุปกรณ์ควบคุม	1,750 บาท
2) กล้องวีดีทัศน์ขนาดเล็กชนิดส่งสัญญาณภาพแบบไร้สาย	1,300 บาท
3) สายแปลงสัญญาณเอวีเป็นยูเอสบี	650 บาท
4) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญานิพนธ์	800 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สี่พันห้าร้อยบาทถ้วน)	4,500 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

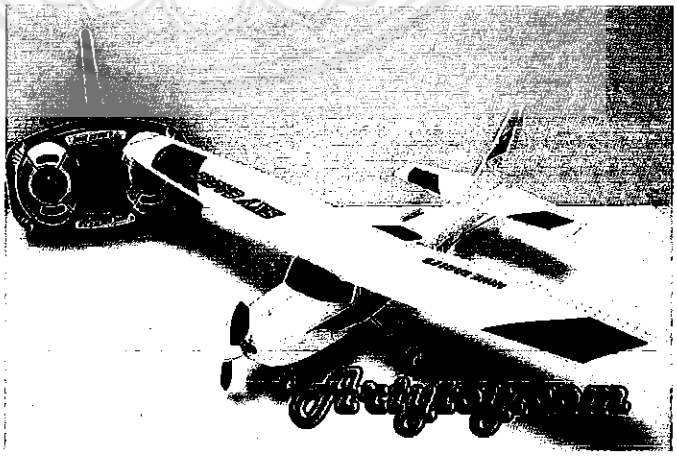
บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลหลักและองค์ประกอบที่สำคัญที่ขาดไม่ได้ ในการสร้างอุปกรณ์ถ่ายภาพทางอากาศ นั่นก็คือการค้นคว้าหาข้อมูลสิ่งประดิษฐ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะนำมาใช้สร้างอุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ ทั้งนี้อุปกรณ์และส่วนประกอบที่สร้างขึ้นมานั้นจะออกมาสำเร็จหรือเห็นผลหรือไม่ เราสามารถอ้างอิงได้จาก กฎเกณฑ์ ทฤษฎี และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างโครงงานนี้ได้ทำการอ้างอิงทฤษฎีการบินเบื้องต้นของเครื่องบินสี่ใบพัด ระบบควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง ทฤษฎีรับส่งสัญญาณไร้สาย

2.1 รูปแบบของเครื่องบินบังคับ

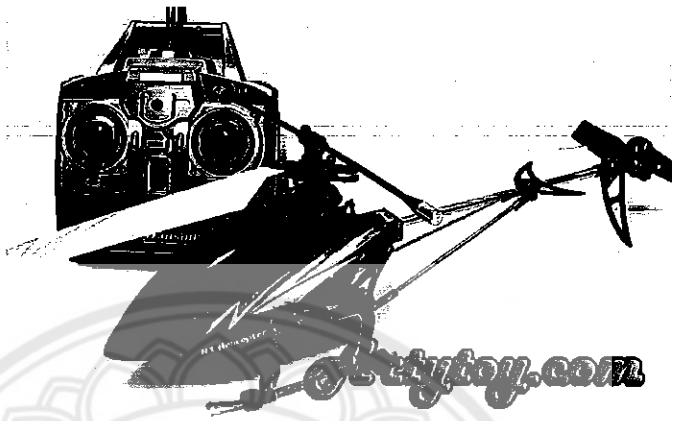
เครื่องบินบังคับที่มีขายกันอยู่ในท้องตลาดถูกผลิตออกมาในหลายรูปแบบและหลายขนาด โดยแต่ละแบบอาจมีความใกล้เคียงกันและความแตกต่างกันทั้งในด้านคุณลักษณะเด่นและราคา ได้แก่

ก) เครื่องบินบังคับแบบปีกตรึง ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นรุ่น Sky Eagle 2.4 GHz 3 CH ยี่ห้อ Nine Eagles ราคา 2,300 บาท ตัวลำทำด้วยโฟมอัดแข็ง มีล้อสำหรับวิ่งขึ้นลง ใช้รีโมทบังคับที่ความถี่ 2.4 GHz ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่อัดประจุด้วยไฟบ้าน



รูปที่ 2.1 เครื่องบินบังคับรุ่น Sky Eagle 2.4 GHz [1]

ข) เครื่องบินบังคับปีกหมุนแบบใบพัดเดียว ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นรุ่นคอปเตอร์ 3.5 CH Z100 ใบพัดชั้นเดียว (Single Blade) ราคา 1,500 บาท ขนาดลำตัว 40 ซม. มีระบบหยุดใบพัดทันทีเมื่อมีการชน



รูปที่ 2.2 เครื่องบินบังคับรุ่นคอปเตอร์ 3.5 CH Z100 [1]

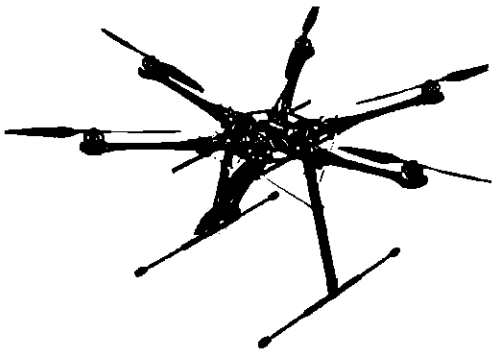
ค) เครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัด ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นรุ่น WL Toys V262 Cyclone ราคา 2,150 บาทลำตัวมีขนาด 55 x 55 x 5 เซนติเมตร ตัวกรอบป้องกันใบพัดทำจากโฟม EPP ซึ่งมีน้ำหนักเบา ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 7.4V 850mAhสามารถเล่นได้ประมาณ 10 นาที บังคับด้วยรีโมทคลื่นความถี่ 2.4GHz ระยะบังคับ 100 - 150 เมตร [1]

รูปที่ 2.3 เครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัดรุ่น WL Toys V262 Cyclone [1]

ง) เครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัด ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งเป็นรุ่น F450 Quadcopter ราคา 18,800 บาท ใช้ชุดควบคุมรุ่น DJI/NAZA Lite+GPS ติดตั้งโปรแกรม GPS สั่งให้บินกลับได้เอง (Return to Home) และระบบบินขึ้นลงกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Auto Take-Off, Landing) บังคับด้วยวิทยุยี่ห้อ DJI 6 ช่องสัญญาณพร้อมภาครับ ใช้ความถี่ 2.4 GHz สามารถควบคุมได้ไกลรอบตัวประมาณ 1 กิโลเมตรใช้พลังงานจากแบตลิโพฯ 5000 mAH 11.1V บินได้นานประมาณ 10-15 นาทีโดยสามารถรับน้ำหนักอุปกรณ์เพิ่มได้ 500 กรัม

รูปที่ 2.4 เครื่องบินบังคับสี่ใบพัดรุ่น F450 Quadcopter [2]

จ) เครื่องบินบังคับแบบหกใบพัด ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งเป็นรุ่น F800 Hexacopter ราคา 79,900 บาท ใช้ชุดควบคุมรุ่น DJI/Wookong-M พร้อมติดตั้งโปรแกรม GPS สั่งให้บินกลับได้เอง (Return to Home) และระบบบินขึ้นลงกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Auto Take-Off, Landing) บังคับด้วยวิทยุยี่ห้อ Futaba T8J 8 ช่องสัญญาณพร้อมภาครับใช้ความถี่ 2.4 GHz สามารถควบคุมได้ไกลรอบตัวประมาณ 1 กิโลเมตร ใช้พลังงานจากแบตลิโพฯ 5,000 mAH 22.2V โดยใช้พร้อมกัน 2 แพคต่อครั้งสามารถรับน้ำหนักอุปกรณ์เพิ่มได้ 2 กิโลกรัม บินได้นาน 10-15 นาที



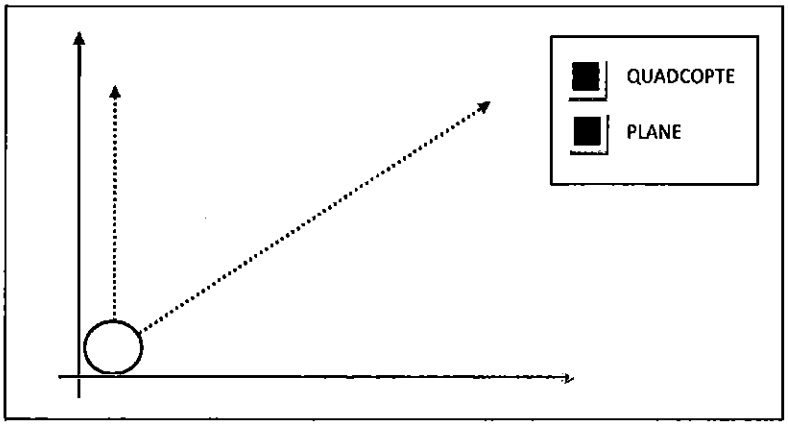
รูปที่ 2.5 เครื่องบินบังคับแบบหกใบพัดรุ่นรุ่น F800 Hexacopter [2]

ฉ) เครื่องบินบังคับแบบแปดใบพัด ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งเป็นรุ่น F1000 Octocopter ราคา 165,000 บาท ใช้ชุดควบคุมรุ่น DJI/A2 พร้อมติดตั้งโปรแกรม GPS สั่งให้บินกลับได้เอง (Return to Home) และระบบบินขึ้นลงกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Auto Take-Off, Landing) บังคับด้วยวิทยุยี่ห้อ Futaba T8J 8 ช่องสัญญาณพร้อมภาครับใช้ความถี่ 2.4 GHz สามารถควบคุมได้ไกลรอบตัวประมาณ 1 กิโลเมตร ใช้พลังงานจากแบตลิโพฯ 15,000 mAH 22.2V บินได้นานประมาณ 15 นาที พร้อมแบกน้ำหนักอุปกรณ์เพิ่มได้ 4 กิโลกรัม

รูปที่ 2.6 เครื่องบินบังคับแบบแปดใบพัดรุ่น F1000 Octocopter [2]

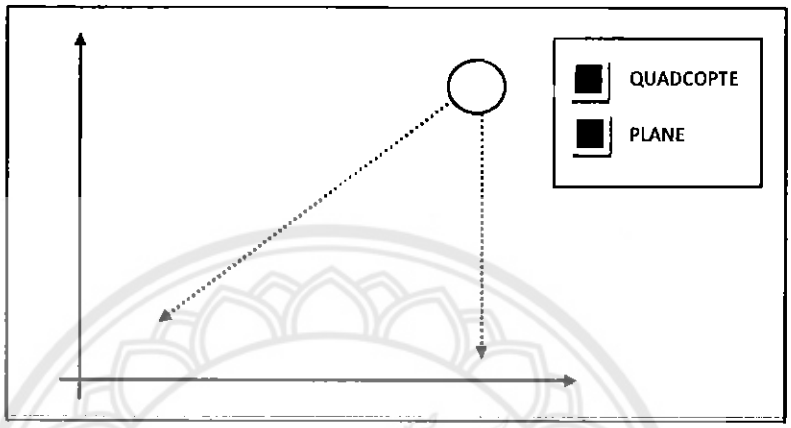
2.2 ความแตกต่างระหว่างเครื่องบินปีกตรึงกับแบบปีกหมุน

1) ความแตกต่างในการขึ้นบินและการไต่ระดับของเครื่องบินแบบปีกหมุนและเครื่องบินปีกตรึง คือ ในกรณีของเครื่องบินปีกหมุนไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่มากนักเพราะสามารถขึ้นในแนวดิ่งได้ แต่กรณีของเครื่องบินปีกตรึงจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการไต่ระดับขึ้นบิน ดังรูปที่ 2.7



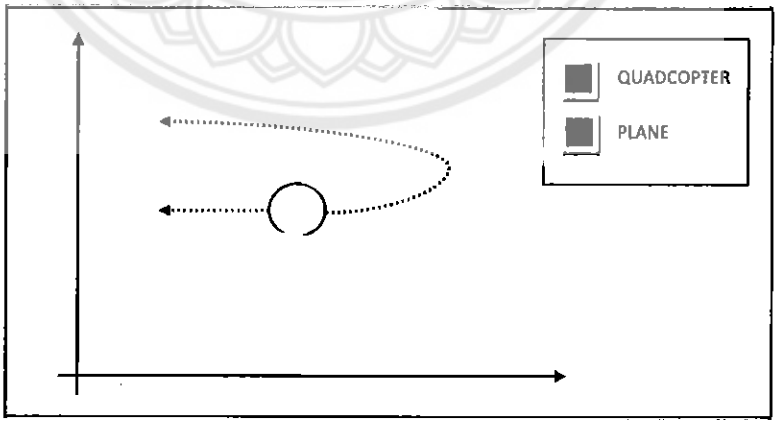
รูปที่ 2.7 การขึ้นบินและการไต่ระดับ [3]

2) ความแตกต่างในการลงจอดและการลดระดับของเครื่องบินแบบปีกหมุนและเครื่องบินปีกตรึงเป็นในทำนองเดียวกับการขึ้นบิน คือ ในกรณีของเครื่องบินปีกหมุนไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่มากนักเพราะสามารถขึ้นในแนวดิ่งได้ แต่กรณีของเครื่องบินปีกตรึงจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการไต่ระดับขึ้นบิน ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การลงจอดและการลดระดับ [3]

3) ความแตกต่างในการเปลี่ยนทิศทางของเครื่องบินแบบปีกหมุนและเครื่องบินปีกตรึง คือ เครื่องบินแบบปีกหมุนสามารถเปลี่ยนทิศทางการบินได้เลยจากการปรับการหมุนของใบพัดโดยไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการบินวน แต่เครื่องบินแบบปีกตรึงต้องใช้พื้นที่ในการบินวนเพื่อเปลี่ยนทิศทางการบิน ดังรูปที่ 2.9



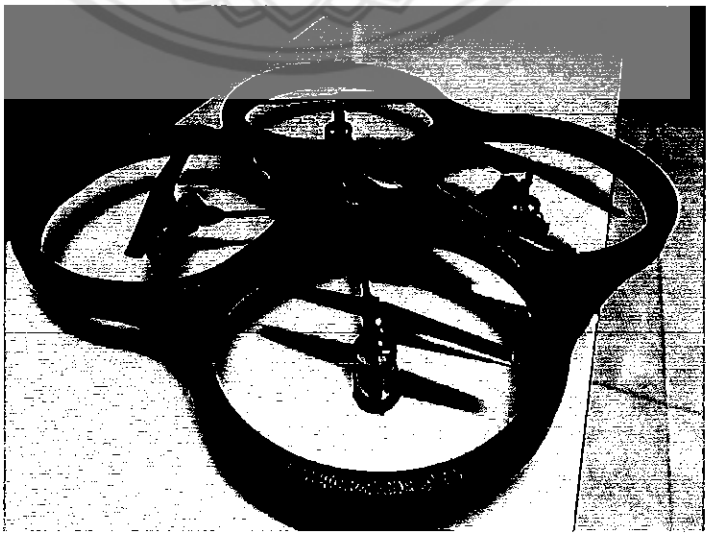
รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนทิศทาง [3]

จากการศึกษารายละเอียดของเครื่องบินบังคับแต่ละรูปแบบ พบว่าเครื่องบินบังคับแบบปีกตรึงใช้พลังงานน้อยกว่าและบินไปได้ไกลกว่า แต่มีขนาดใหญ่และติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมได้น้อย เครื่องบินบังคับแบบนี้จึงเหมาะสมกับการใช้ในงานถ่ายสำรวจทั่วไป ในขณะที่เครื่องบินบังคับแบบปีกหมุนใบพัดเดี่ยวมีขนาดเล็กและสามารถบรรทุกน้ำหนักได้มาก โดยเครื่องบินบังคับแบบนี้มีการผลิตออกมาเป็นประเภทที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจากแบตเตอรี่และประเภทที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ซึ่งใช้น้ำมันโดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการให้บินนาน แต่มีชิ้นส่วนจำนวนมาก ทำให้ยุ่งยากในการบำรุงรักษา เครื่องบินบังคับแบบนี้เหมาะสมกับการใช้ในงานถ่ายภาพที่ใช้กล่องขนาดใหญ่มากหรือใช้กับงานสำรวจที่ต้องบินเป็นระยะเวลานานมาก ส่วนเครื่องบินบังคับแบบปีกหมุนหลายใบพัดสามารถบินขึ้นลงในแนวดิ่ง ต้องการการบำรุงรักษาน้อย และเหมาะสมกับการใช้ในงานถ่ายภาพทั้งของมือสมัครเล่นและมืออาชีพ โดยความสามารถในการบรรทุกน้ำหนักกล้องขึ้นอยู่กับขนาดของของตัวเครื่อง ซึ่งส่งผลให้ราคาของเครื่องบินบังคับนั้นสูงขึ้นตามไปด้วย [2]

เนื่องด้วยเครื่องบินบังคับชนิดปีกหมุนมีความเหมาะสมในการใช้งานสำรวจในที่สูง กอปรกับข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ ผู้จัดทำโครงงานจึงเลือกใช้เครื่องบินบังคับชนิดปีกหมุนแบบสี่ใบพัดรุ่น WL Toys V262

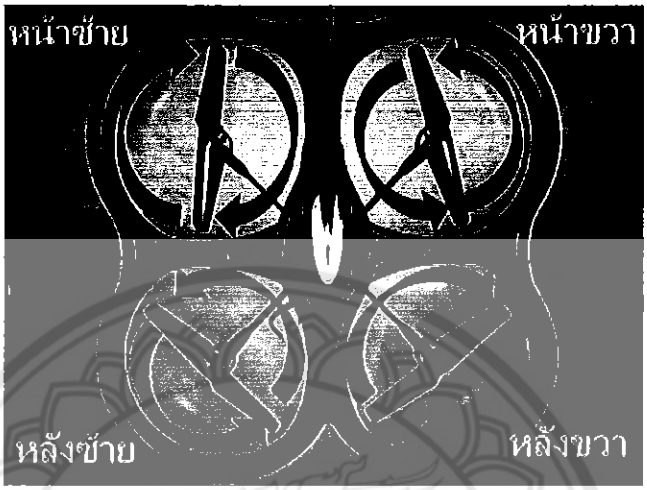
2.3 หลักการทำงานของเครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัด

เครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัด (Quadcoptor) เป็นเครื่องบินที่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้ง 3 แนวแกน โดยที่มี 4 ใบพัดวางพาดกันเป็นกากบาท ดังรูปที่ 2.10 โดยใบพัดทั้ง 4 นั้นจะเป็นอิสระต่อกัน และมีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวน้อยกว่าเฮลิคอปเตอร์ทั่วไป โดยการทำงานและการเคลื่อนที่เป็นดังนี้



รูปที่ 2.10 เครื่องบินแบบสี่ใบพัด (Quadcopter)

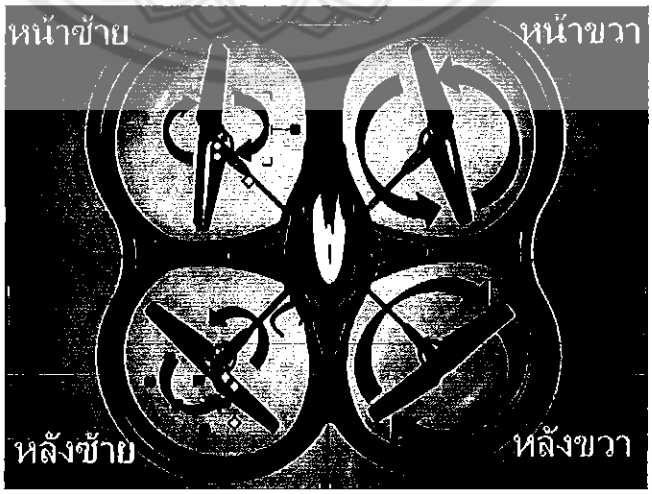
1) การลอยตัว (Hovering) ทำได้โดยควบคุมให้ความเร็วใบพัดทั้งสี่ตัว มีความเร็วที่เท่ากันเพื่อสร้างแรงบิด (Torque) และหักล้างแรงบิด ดูจากรูปจะเห็นว่า ใบพัดจะหมุนกันคนละทิศทาง ใบพัดหน้าซ้ายและหลังขวาหมุนตามเข็มนาฬิกา ใบพัดหลังซ้ายและหน้าขวาหมุนทวนเข็มนาฬิกา ทำให้เครื่องบินไม่หมุนตัวดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การควบคุมแบบการลอยตัว

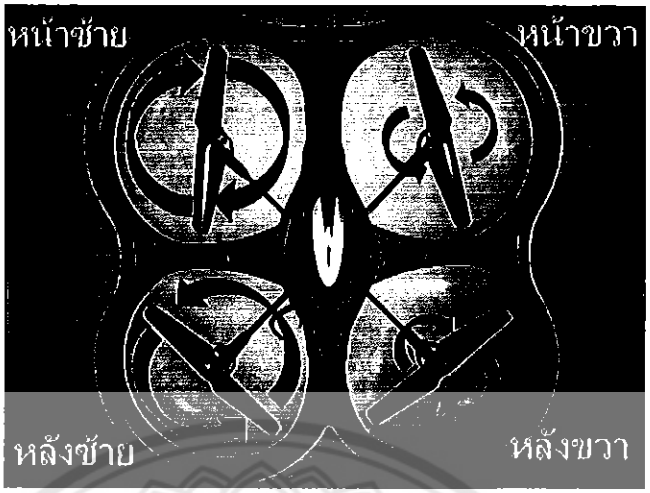
2) การเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงในแนวดิ่ง เครื่องบินสามารถบินสูงขึ้นในแนวดิ่งได้โดยเราควบคุมมอเตอร์ขับใบพัดทั้งสี่ให้หมุนเร็วเท่ากันที่ความเร็วรอบสูงขึ้น และเครื่องบินสามารถบินต่ำลงในแนวดิ่งได้โดยเราควบคุมมอเตอร์ขับใบพัดทั้งสี่ให้หมุนเร็วเท่ากันที่ความเร็วรอบต่ำลง

3) การเคลื่อนที่ไปทางซ้าย ความเร็วใบพัดหน้าซ้ายและหลังซ้ายมีความเร็วเท่าเดิม แต่ความเร็วใบพัดหน้าขวาและหลังขวาหมุนเร็วขึ้น ทำให้เครื่องร่อนเอียงตัวไปทางซ้าย ดังรูปที่ 2.12



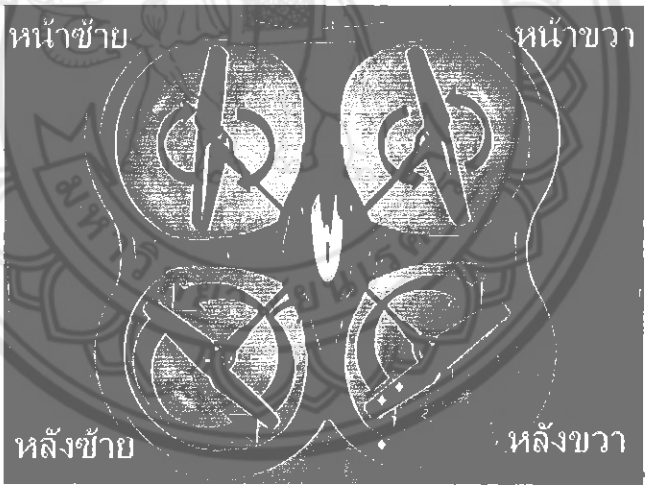
รูปที่ 2.12 การเคลื่อนที่ไปทางซ้าย

4) การเคลื่อนที่ไปทางขวา ความเร็วใบพัดหน้าซ้ายและหลังซ้ายหมุนเร็วขึ้น แต่ความเร็วใบพัดหน้าขวาและหลังขวามีความเร็วเท่าเดิม ทำให้เครื่องร่อนเอียงตัวไปทางขวา ดังรูปที่ 2.13



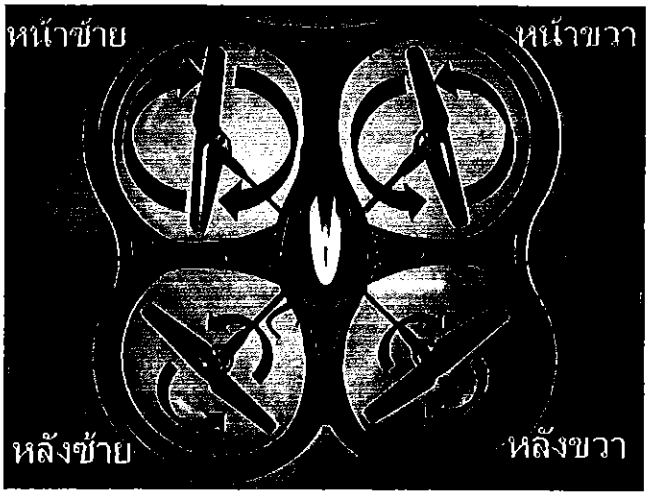
รูปที่ 2.13 การเคลื่อนที่ไปทางขวา

5) การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ความเร็วใบพัดหน้าซ้ายและหน้าขวามีความเร็วเท่าเดิม แต่ความเร็วใบพัดหลังซ้ายและหลังขวาหมุนเร็วขึ้น ทำให้เครื่องร่อนเอียงตัวไปข้างหน้า ดังรูปที่ 2.14



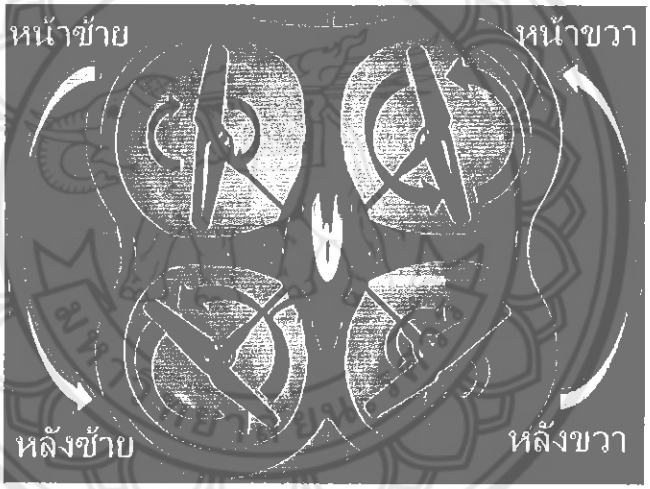
รูปที่ 2.14 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

6) การเคลื่อนที่ไปข้างหลัง ความเร็วใบพัดหลังซ้ายและหลังขวามีความเร็วเท่าเดิม แต่ใบพัดหน้าซ้ายและหน้าขวาหมุนเร็วขึ้น ทำให้เครื่องร่อนเอียงตัวมาข้างหลัง ดังรูปที่ 2.15



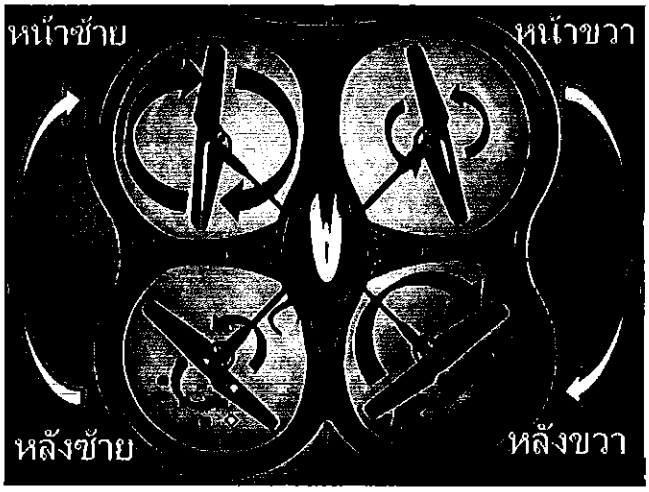
รูปที่ 2.15 การเคลื่อนที่ไปข้างหลัง

7) การหันซ้าย ความเร็วใบพัดหน้าขวาและหลังซ้ายมีความเร็วเท่าเดิม ส่วนใบพัดหน้าซ้ายและหลังขวาหมุนเร็วขึ้น ทำให้เครื่องร่อนหมุนตัวไปทางซ้ายได้ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การควบคุมแบบการหันซ้าย

8) การหันขวา ความเร็วใบพัดหน้าซ้ายและหลังขวามีความเร็วเท่าเดิม ส่วนใบพัดหน้าขวาและหลังซ้ายหมุนเร็วขึ้น ทำให้เครื่องร่อนหมุนตัวไปทางขวา ดังรูปที่ 2.17

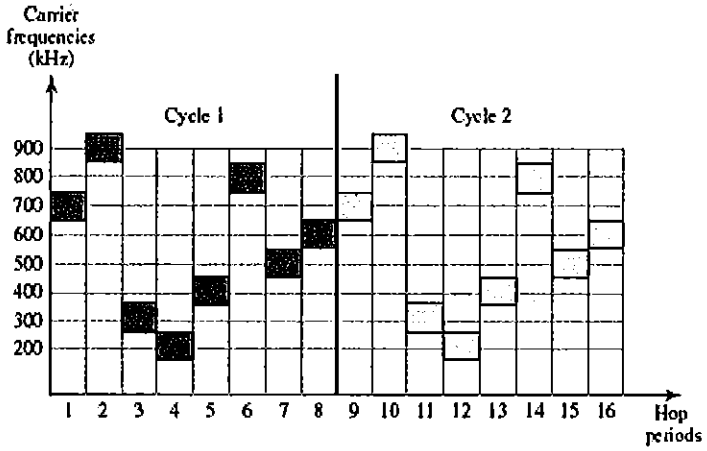


รูปที่ 2.17 การควบคุมแบบการหันขวา

2.4 การควบคุมระยะไกลด้วยความถี่วิทยุ 2.4 GHz

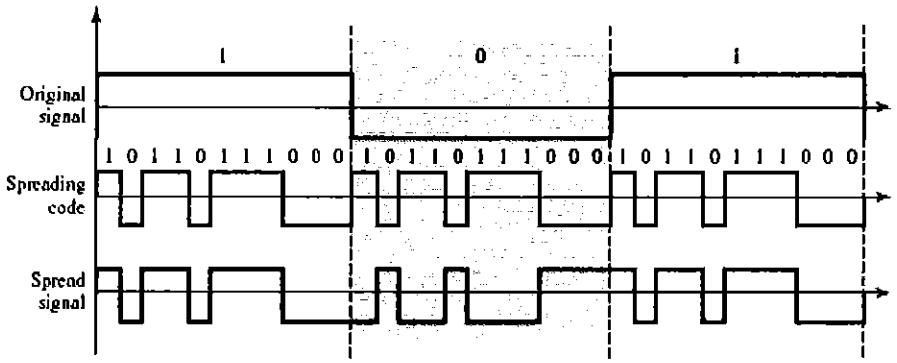
เหตุผลที่เลือกใช้ความถี่ 2.4 GHz เนื่องจากคลื่น 2.4 – 2.5 GHz เป็นคลื่นประเภทที่ทุกคนสามารถใช้งานได้ภายใต้กำลังส่งที่กฎหมายกำหนด (Unlicensed industrial, scientific and medical band) หมายถึงสำหรับประเทศไทยกำลังส่งต้องไม่เกิน 100 mW (E.I.R.P.) ยกตัวอย่างเช่น แลนไร้สาย (Wireless LAN) ซึ่งใช้ความถี่คลื่น 2.4 GHz เช่นกัน โดยทุกคนสามารถซื้อมาใช้งานได้ (ซื้อภายในประเทศ) และไม่ต้องขออนุญาตจากหน่วยงานของรัฐบาล แต่ทั้งนี้ต้องมีกำลังส่งอยู่ในอัตราที่กฎหมายกำหนดเพื่อไม่เป็นการรบกวนคนอื่นที่ใช้งานอยู่ด้วย อย่างไรก็ตามการนำเข้าแลนไร้สายจากต่างประเทศต้องถูกตรวจสอบจากหน่วยงานของรัฐในด้านความถี่และกำลังส่งก่อนเข้ามาในประเทศ อีกเหตุผลหนึ่งคือไม่สามารถใช้เทคโนโลยีการแผ่สเปกตรัม (Spread spectrum technology) สำหรับวิทยุบังคับเดิมได้ (27MHz 49MHz 50MHz 72MHz) เนื่องจากความกว้างแถบความถี่ (Bandwidth) แคบเกินไปยกตัวอย่างเช่นคลื่น 72 MHz ความกว้างแถบความถี่ 72.010 – 72.990 = 0.98MHz นั่นคือ 980,000 Hz แต่สำหรับคลื่น 2.4 GHz แล้วมีความกว้างแถบความถี่ได้ถึง 2.5 – 2.4 = 0.1GHz นั่นคือ 100,000,000 จะเห็นได้ว่าคลื่น 2.4 GHz มีความกว้างแถบความถี่มากกว่าถึง 100 เท่า

ประโยชน์ของเทคโนโลยีการแผ่สเปกตรัมช่วยให้สามารถใช้คลื่นความถี่ร่วมกันได้โดยไม่เกิดการรบกวนกันของสัญญาณ ซึ่งเทคนิคในการส่งข้อมูลออกมี 2 แบบหลัก ๆ คือ การแผ่สเปกตรัมแบบโจนความถี่หรือเอฟเอชเอสเอส (Frequency hopping spread spectrum, FHSS) และการแผ่สเปกตรัมแบบลำดับตรงหรือดีเอสเอสเอส (Direct sequent spread spectrum, DSSS)



รูปที่ 2.18 การแผ่สเปกตรัมแบบโจนความถี่หรือเอฟเอชเอสเอส [4]

ด้วยช่วงความถี่ที่กว้างของคลื่น 2.4 GHz ทำให้สามารถแบ่งช่องความถี่ได้อีกหลายช่อง ซึ่งเรียกว่า คลื่นความถี่ช่วงแคบ (Narrow band) โดยปรกติจะแบ่งได้ถึง 79 ช่องสัญญาณ หลักการของวิธีนี้คือ การเปลี่ยนช่องสัญญาณในการส่งข้อมูลอยู่ตลอดเวลาซึ่งอาจเร็วถึง 1600 ครั้งต่อวินาที และในการสลับช่องสัญญาณในการส่งนั้นก็มีลักษณะเฉพาะตัวที่เรียกว่า การโดดทางความถี่ที่เป็นไปอย่างไม่มีลำดับ(Psuedo-random frequency hopping sequence) ซึ่งเปรียบเหมือนการสร้างตารางความถี่ของตนเองที่รู้เฉพาะผู้ส่งและผู้รับเท่านั้นว่าตอนนี้ส่งข้อมูลในช่องสัญญาณใดอยู่และกำลังจะโดด(Hopping)ไปยังช่องสัญญาณใด ด้วยวิธีนี้เองทำให้สามารถใช้ความถี่ 2.4GHz ร่วมกันได้โดยไม่เกิดการกวนกันของสัญญาณ ในการโดดนั้นเกิดขึ้นเร็วมากและเป็นไปอย่างไม่มีลำดับ (Psuedo-random) ดังนั้นโอกาสที่คลื่นจะรบกวนกันมีน้อยมาก มีโอกาสเกิดขึ้นเพียงแค่ 1/1600=0.625 microseconds เท่านั้นและถ้าหากมีการเกิดการชนกันของสัญญาณจะมีวิธีการในการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลได้ไม่ยากด้วยวิธีการทางเทคนิคการแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล (Error correction techniques)



รูปที่ 2.19 การแผ่สเปกตรัมแบบลำดับตรงหรือดีเอสเอสเอส [4]

สำหรับวิธีการของดีเอสเอสเอสนี้จะต่างออกไปจากจากเทคนิคของเอฟเอชเอสเอส โดยการนำข้อมูลที่จะส่งนั้นซึ่งปรกติจะมีความกว้างแถบความถี่แคบเพราะส่วนใหญ่จะถูกปรับให้เป็นข้อมูลแบบดิจิตอล คือ 1 กับ 0 เพื่อง่ายต่อการตรวจข้อผิดพลาดและสามารถแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องได้ แล้วนำข้อมูลนี้มาขยาย(Spread) โดยการใช้ S Psuedo Code Sequent แทนบิต(0,1)ของข้อมูลเช่น ให้ 1 = 11001100 และ 0 คือส่วนกลับของ 1 นั่นคือ 00110011 โดยบิตข้อมูลใหม่ที่ได้จากการแทนที่ข้อมูลด้วย Psuedo Code เรียกว่า chip ซึ่งจะถูกส่งผ่านคลื่น 2.4 GHz ในลักษณะ wideband ในช่องสัญญาณใดช่องสัญญาณหนึ่งที่อยู่ในช่วง 2.4-2.5 GHz นี้

ในทางทฤษฎีแล้วระบบเอฟเอชเอสเอสสามารถทนต่อการรบกวนของคลื่นแทรกที่เป็นลักษณะแถบความถี่กว้าง (Wideband) ได้ดีกว่าและมีอุปกรณ์ที่ซับซ้อนน้อยกว่า แต่ระบบระบบดีเอสเอสเอสมีระบบความปลอดภัยที่ดีกว่าเนื่องจากมีการเข้ารหัสข้อมูลอีกทั้งสามารถเพิ่มจำนวนบิตในการเข้ารหัสเพื่อเพิ่มความปลอดภัยได้อีกแต่ก็ต้องแลกมากับอัตราการส่งข้อมูลที่ลดลง [4]

2.5 ไฟเลี้ยงสำหรับเครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัด

ในการจัดทำโครงงานเครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูงนี้ มีแหล่งพลังงานหลักคือแบตเตอรี่ และแบตเตอรี่ที่ได้เลือกมาเป็นพลังงานหลักคือแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน

2.5.1 แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน

แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน (Li-ion) ประกอบด้วยเซลล์ที่ใช้สารประกอบของลิเธียมเป็นวัสดุในการสร้างขั้วบวกและขั้วลบ โดยแบตเตอรี่จะมีกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนของลิเธียม (Li^+) ระหว่างขั้วบวกและขั้วลบซึ่งเคลื่อนที่ไปมาระหว่างขั้วบวกและขั้วลบในระหว่างการอัดประจุและคายประจุของเซลล์แบตเตอรี่ โดยทั่วไปวัสดุของขั้วบวกเป็นออกไซด์ของโลหะที่มีโครงสร้างเป็นชั้น เช่น ลิเธียมโคบอลต์ออกไซด์ ($LiCoO_2$) หรือวัสดุที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน เช่น ลิเธียมแมงกานีสออกไซด์ ($LiMn_2O_4$) และมีการสะสมกระแสไว้ที่แผ่นอะลูมิเนียมบาง โดยทั่วไปขั้วลบสร้างจากแกรไฟต์ (Graphite) หรือวัสดุที่มีโครงสร้างเป็นชั้นและมีการสะสมกระแสไว้ที่แผ่นทองแดง ในขั้นตอนการอัดประจุและการคายประจุ ไอออนของลิเธียมจะถูกแทรกหรือถูกดึงออกจากช่องว่างเล็กๆระหว่างชั้นอะตอมภายในวัสดุเนื้อสาร

แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนมีค่าพลังงานจำเพาะ (Specific energy) และค่าความหนาแน่นของพลังงาน (Energy density) สูง ทำให้แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน เหมาะสำหรับการใช้งานที่ให้ความสำคัญกับน้ำหนักหรือปริมาตร แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนมีอัตราการคายประจุเอง (Self-discharge) ต่ำ มีอายุการใช้งาน (Cycle life) ยาวนาน และช่วงอุณหภูมิของการทำงานกว้าง ทำให้มีความหลากหลายในด้านการใช้งาน ขนาดและรูปร่างซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ผลิต โดยทั่วไป

หนึ่งเซลล์ของแบตเตอรี่ชนิดนี้มีค่าแรงดันใช้งานอยู่ในช่วง 2.5-4.2 V ซึ่งมากกว่าประมาณสามเท่าของแรงดันที่ได้จากแบตเตอรี่นิเกิลแคดเมียม (NiCd) หรือนิเกิลเมทัลไฮไดรด์ (NiMH)

อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน คือการเสื่อมสภาพลงเมื่อใช้งานจนแรงดันต่ำกว่า 2 V และปล่อยประจุออกเมื่อเกิดการอัดประจุเกิน (Overcharge) ซึ่งแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนไม่มีกลไกทางเคมีในการจัดการกับการอัดประจุเกินซึ่งแตกต่างจากคุณสมบัติทางเคมีของแบตเตอรี่ชนิดน้ำ โดยทั่วไปแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนจึงต้องมีวงจรและอุปกรณ์ตัดการเชื่อมต่อทางกลเพื่อป้องกันการเกิดการคายประจุเกิน (Deep discharge) และการอัดประจุเกินรวมทั้งสภาวะอุณหภูมิสูงเกิน แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนจะมีการสูญเสียความสามารถอย่างถาวรที่อุณหภูมิสูง (65°C) แม้ว่าอัตราคายประจุต่ำกว่ามากเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดนิเกิลแคดเมียมหรือนิเกิลเมทัลไฮไดรด์ [5] ข้อดีและข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนได้สรุปไว้ในตารางที่ 2.1

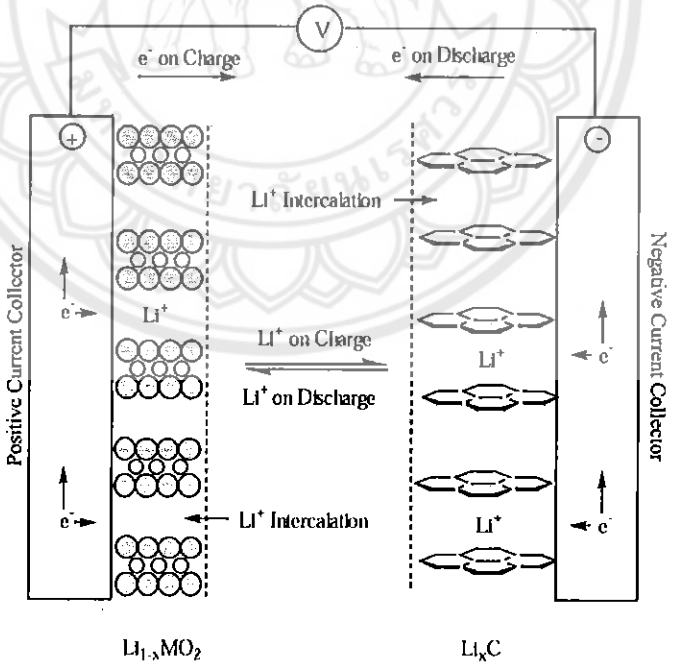
ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน [5]

ข้อดี	ข้อเสีย
1) เซลล์ปิดผนึกไม่จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษา 2) อายุการใช้งานนาน 3) ช่วงอุณหภูมิของการทำงานกว้าง 4) มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 5) อัตราการคายประจุเองต่ำ 6) สามารถอัดประจุได้อย่างรวดเร็ว 7) ความสามารถในการคายประจุออกมาอัตราที่สูงและกำลังสูง 8) ประสิทธิภาพทางประจุและพลังงานสูง 9) พลังงานจำเพาะและความหนาแน่นของพลังงานสูง 10) ไม่มีผลหน่วยความจำ (Memory effect)	1) ราคาค่อนข้างแพง 2) เสื่อมลงเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูง 3) ต้องการวงจรป้องกัน 4) สูญเสียความจุหรือเกิดความร้อนออกมาเมื่อมีการอัดประจุเกิน 5) เมื่อเกิดความเสียหายจะมีการปล่อยประจุและความร้อนออกมา 6) การออกแบบรูปทรงกระบอกจะมีความหนาแน่นของพลังงานต่ำกว่านิเกิลแคดเมียมหรือนิเกิลเมทัลไฮไดรด์

2.5.2 คุณสมบัติทางเคมีแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน

แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนที่ใช้สารประกอบออกไซด์ของโลหะลิเธียมเป็นวัสดุในการสร้างขั้วบวก ซึ่งได้แก่ลิเธียมโคบอลต์ออกไซด์ ลิเธียมแมงกานีสออกไซด์ และลิเธียมนิกเกิลออกไซด์ ($LiNiO_2$) แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ ลิเธียมโคบอลต์ออกไซด์เพราะให้ค่าความหนาแน่นพลังงานสูงที่สุด ส่วนขั้วลบใช้คาร์บอนที่มีความพรุนสูง เช่น แกรไฟต์เป็นส่วนประกอบ อิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนใช้เกลือของลิเธียมหรือฟอสเฟสของลิเธียมที่ละลายในสารละลายอินทรีย์ ในขณะที่ตัวกั้น (Separator) นิยมทำมาจากพลาสติก เช่น โพลิโพรพีลีน (Polypropylene: PP) หรือโพลิเอทีลีน (Polyethylene: PE)

ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาที่ย้อนกลับได้ โดยขณะที่อัดประจุ ออกไซด์ของโลหะลิเธียมที่ขั้วบวกแตกตัวให้ไอออนของลิเธียมและอิเล็กตรอน (e^-) ออกมา ไอออนของลิเธียมเคลื่อนที่ออกจากขั้วบวกผ่านอิเล็กโทรไลต์แล้วแทรกตัวอยู่ในชั้นของคาร์บอนที่ขั้วลบ ส่วนอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วบวกผ่านวงจรภายนอกไปยังขั้วลบเพื่อรวมตัวกับไอออนของลิเธียม และขณะที่คายประจุจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับลิเธียมไอออนและอิเล็กตรอนแยกตัวออกมา ไอออนของลิเธียมเคลื่อนที่ออกจากขั้วลบผ่านอิเล็กโทรไลต์ไปยังขั้วบวกและอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วลบผ่านวงจรภายนอกไปยังขั้วบวกเพื่อรวมตัวกับไอออนของลิเธียมอีกครั้ง [5] ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 กระบวนการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีในเซลล์ของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน [5]

ปฏิกิริยาของการอัดและคายประจุในเซลล์แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน [5] มีดังนี้

ปฏิกิริยาที่ขั้วบวก: $LiMO_2 \Leftrightarrow Li_{1-x}MO_2 + xLi^+ + xe^-$ (2.1)

ปฏิกิริยาที่ขั้วลบ: $C + xLi^+ + xe^- \Leftrightarrow Li_xC$ (2.2)

ปฏิกิริยารวม: $LiMO_2 + C \Leftrightarrow Li_xC + Li_{1-x}MO_2$ (2.3)

2.5.3 การคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน

คุณลักษณะในการทำงานโดยทั่วไปของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน ได้ระบุไว้ในตารางที่ 2.2 โดยทั่วไปแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนให้แรงดันสูงอยู่ในช่วง 2.5 – 4.2 V ซึ่งมากกว่าประมาณสามเท่าของแบตเตอรี่ชนิดนิเกิลแคดเมียมหรือนิเกิลเมทัลไฮไดรด์ โดยมีค่าพลังงานจำเพาะมากกว่า 150 Wh/Kg และค่าความหนาแน่นพลังงานมากกว่า 400 Wh/L สามารถคายประจุได้ในอัตราสูงถึง 5C อย่างต่อเนื่องหรือกระแสพัลส์ 25C มีค่าความหนาแน่นของกำลังสูงและมีอัตราการคายประจุเองต่ำนอกจากนี้ยังมีอายุการใช้งานหลายปีไม่มีผลหน่วยความจำและมีช่วงอุณหภูมิในการทำงานกว้างโดยสามารถอัดประจุในช่วงอุณหภูมิ 20°C – 60°C และคายประจุในช่วงอุณหภูมิ -40°C – 65°C [5]

2.5.4 การอัดประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน

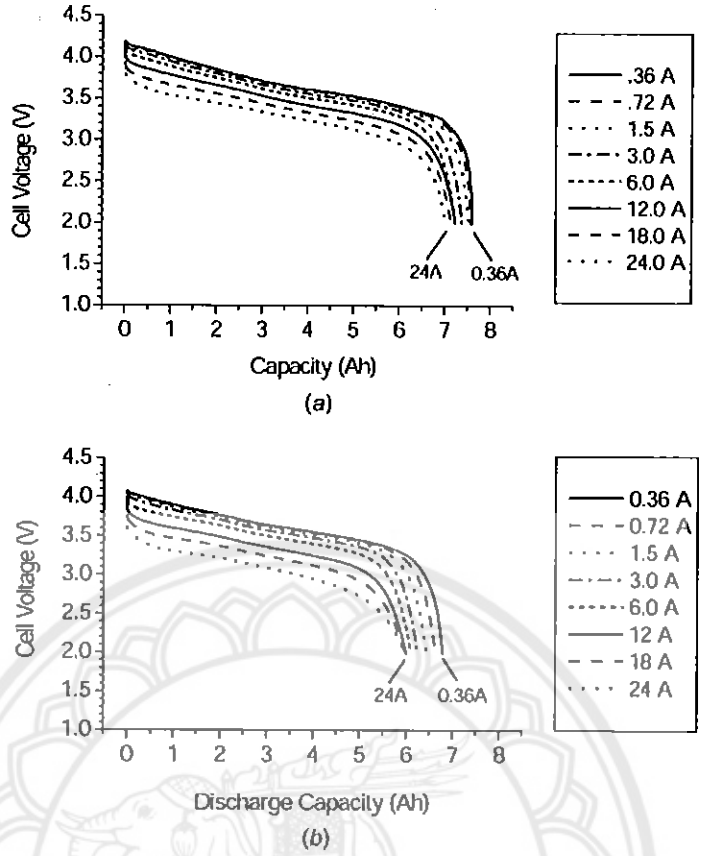
โดยทั่วไปการอัดประจุเซลล์ของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนนิยมใช้หลักการอัดประจุแบบกระแสคงที่ (Constant current: CC) หรือกระแสคงที่-แรงดันคงที่ (Constant current–constant voltage: CCCV) โดยใช้วงจรควบคุมการอัดประจุแบตเตอรี่ที่อัตราการอัดประจุต่ำ (0.2C) การอัดประจุแบบกระแสคงที่ให้ผลเดียวกันกับการอัดประจุแบบกระแสคงที่-แรงดันคงที่ เมื่อแรงดันของเซลล์มีค่าเท่ากับพิกัดแรงดันแสดงว่าเซลล์ถูกอัดประจุจนเต็ม

โดยทั่วไปแรงดันที่ใช้สำหรับอัดประจุเซลล์ชนิดลิเธียมไอออนอยู่ที่ 4.1 V หรือ 4.2 V ขณะที่เซลล์ชนิดลิเธียมโคบอลต์ออกไซด์สามารถใช้ได้กับทั้งสองแรงดัน แรงดันสิ้นสุดการอัดประจุส่งผลต่อสมรรถนะของเซลล์ชนิดลิเธียมนิกเกิลโคบอลต์ออกไซด์ ($LiNi_{1-x}Co_xO_2$) เมื่ออัดประจุเซลล์ที่ 4.2 V โดยวัสดุขั้วบวกสามารถให้ความจุสูงขึ้น แต่อายุการใช้งานและเสถียรภาพในการสะสมพลังงานลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการอัดประจุเซลล์ด้วยแรงดัน 4.1 V ความจุของเซลล์คาร์บอนลิเธียมนิกเกิลโคบอลต์ออกไซด์ที่อัดประจุด้วยแรงดัน 4.1 V และ 4.2 V สำหรับการคายประจุแบบกระแสคงที่แสดงในรูปที่ 2.21

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะการทำงานโดยทั่วไปของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน [5]

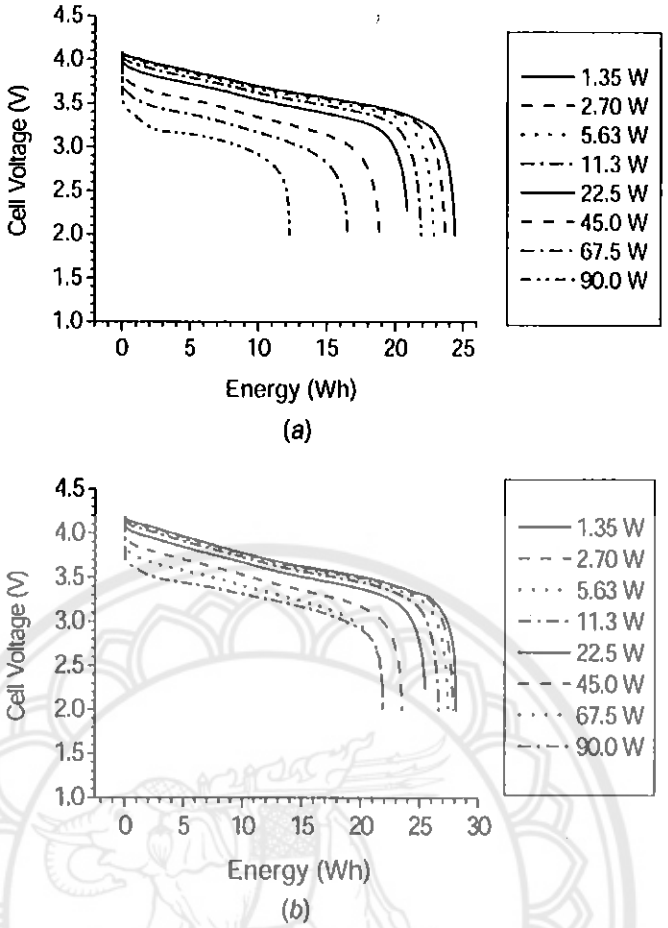
คุณลักษณะ	สมรรถนะ
แรงดันของเซลล์ที่ใช้งาน	2.5 V – 4.2 V
ค่าพลังงานจำเพาะ	100 – 158 Wh/kg
ค่าความหนาแน่นของพลังงาน	245 – 430 Wh/L
ความสามารถในการคายประจุ	ใช้งานปกติได้ 1C, สูงสุดได้ 5C
ความสามารถในการจ่ายกระแสพัลส์	สูงถึง 25C
อายุการใช้งานที่ 100% ของความลึกของการคายประจุ (Depth of discharge: DoD)	โดยทั่วไป 3,000 รอบการอัดประจุ
อายุการใช้งานที่ 20% – 40% ของความลึกของการคายประจุ	มากกว่า 20,000 รอบการอัดประจุ
อายุการใช้งาน	มากกว่า 5 ปี
อัตราการคายประจุเอง	2% – 10% ต่อเดือน
ช่วงอุณหภูมิในการทำงาน	-40°C – 65°C
ผลหน่วยความจำ (Memory effect)	ไม่มี
ค่าความหนาแน่นของกำลัง (Power density)	2,000 – 3,000 W/L
ค่ากำลังเฉพาะ (Specific power)	700 – 1,300 W/Kg

หมายเหตุ: ค่า C คือ จำนวนเท่าของความจุแบตเตอรี่ เช่น ถ้าแบตเตอรี่มีความจุ 650 mAh กระแส 1C มีค่าเท่ากับ $1 \times 650 = 650$ mA ในขณะที่กระแส 0.8 C มีค่าเท่ากับ $0.8 \times 650 = 520$ mA



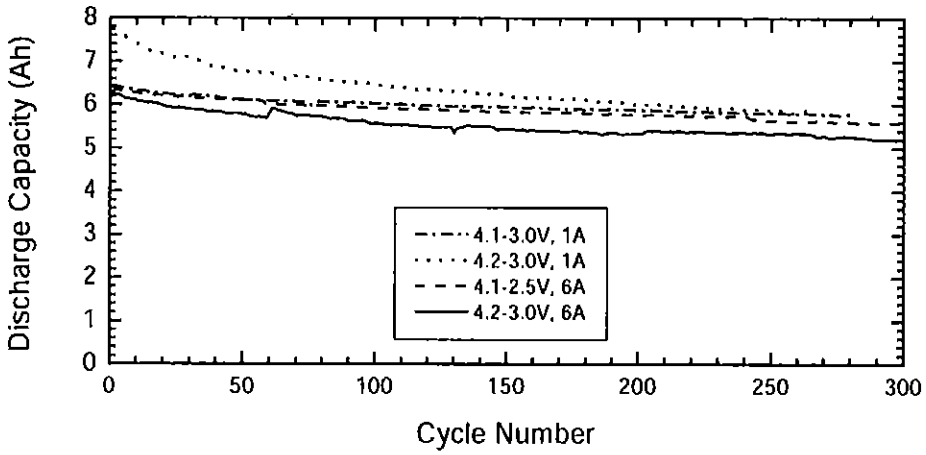
รูปที่ 2.21 การเปรียบเทียบแรงดันกับความจุสำหรับเซลล์ INCP 61/16/78 7 Ah เมื่อคายประจุด้วยกระแสคงที่ ที่ 25°C หลังจากการอัดประจุ (a) 4.1 V (b) 4.2 V ที่กระแส 1 A [5]

ความสามารถในการจ่ายพลังงานในช่วงการคายประจุด้วยกระแสคงที่แสดงในรูปที่ 2.22 จะเห็นว่าที่อัตราการอัดประจุต่ำ (0.1C) เซลล์ที่ถูกอัดประจุด้วยแรงดัน 4.2 V จ่ายพลังงานได้มากกว่าเซลล์ที่อัดประจุด้วยแรงดัน 4.1 V ประมาณ 14% และที่อัตราการอัดประจุสูง (2C) สามารถให้พลังงานมากกว่า 18% อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้แรงดันการอัดประจุสูงขึ้น ทำให้เซลล์จ่ายพลังงานได้มากขึ้น แต่ส่งผลให้การเสื่อมสภาพของเซลล์สูงขึ้นเช่นกัน

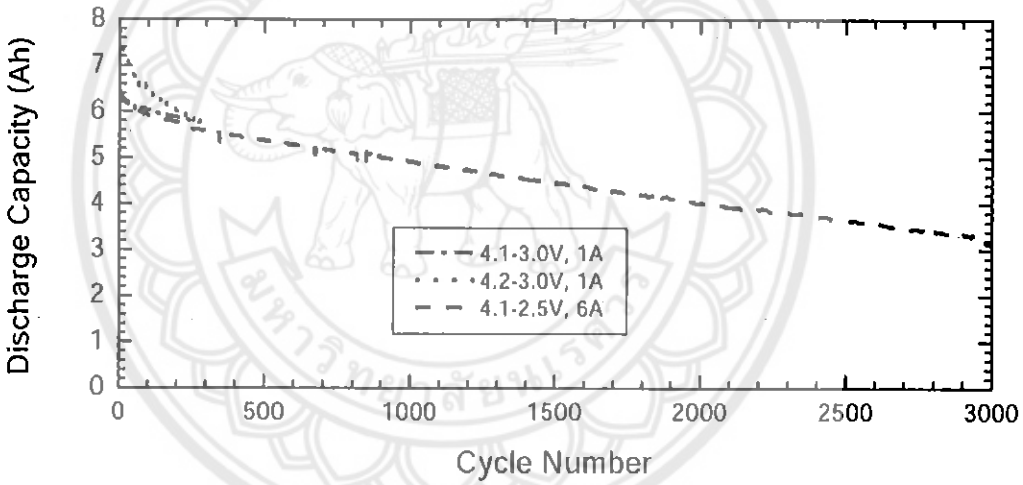


รูปที่ 2.22 การเปรียบเทียบแรงดันกับพลังงานสำหรับเซลล์ INCP 61/16/78 7 Ah เมื่อคายประจุด้วยกระแสคงที่ ที่ 25°C หลังจากการอัดประจุ (a) 4.1 V (b) 4.2 V ที่กระแส 1 A [5]

ความจุของเซลล์เมื่อคายประจุที่กระแสคงที่แสดงในรูปที่ 2.23 และรูปที่ 2.24 จะพบว่าถึงแม้อัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์ที่ถูกอัดประจุด้วยแรงดัน 4.2 V มีค่าสูงกว่าในช่วงการใช้งาน 300 รอบ ข้อมูลที่แสดงนี้บอกถึงสมรรถนะของเซลล์ชนิดลิเธียมไอออนที่ใช้อัตราการอัดประจุสูง (6 A) หรืออัตราการอัดประจุต่ำ (1 A) เซลล์ที่ใช้อัตราการอัดประจุต่ำจะให้พลังงานสูงกว่า อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างนี้ลดลงหลังใช้งาน 300 รอบ เพราะอัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์มีค่าใกล้เคียงกัน



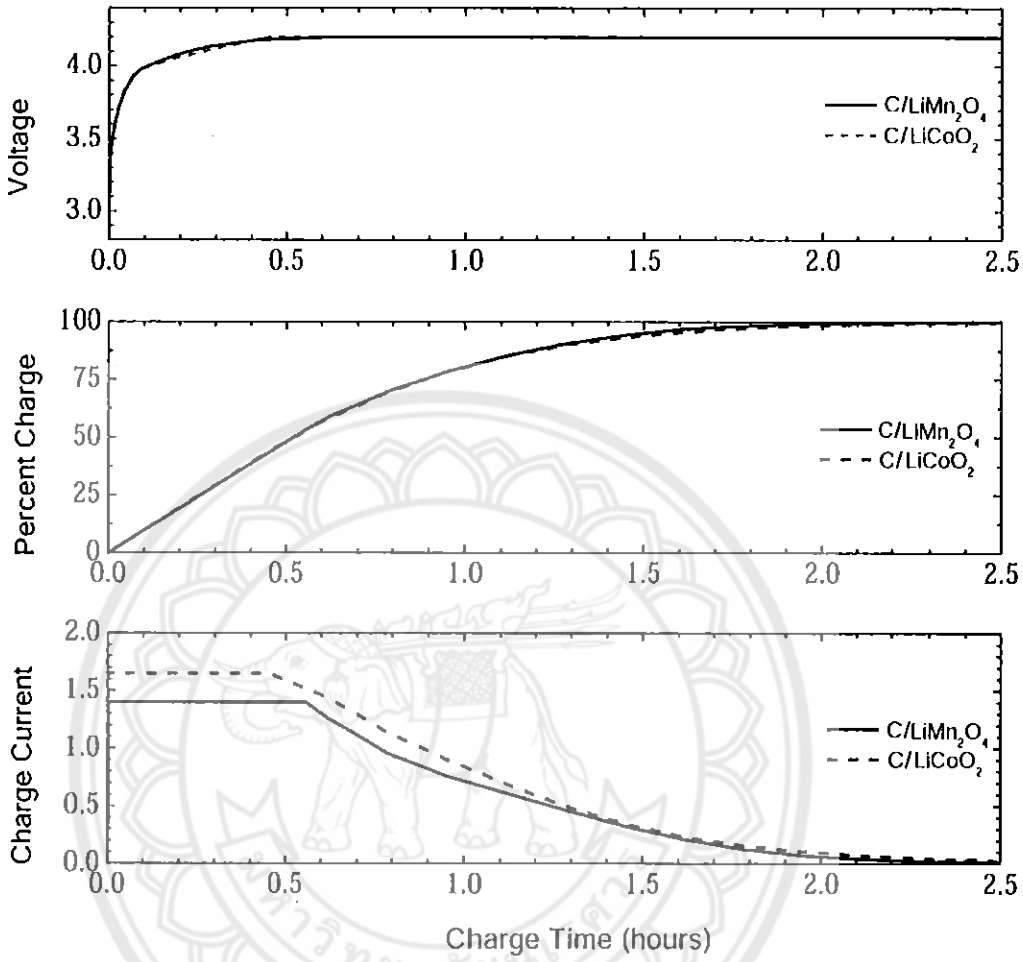
รูปที่ 2.23 ความจุของเซลล์ INCP 160/61/78 เมื่อใช้งานครบรอบด้วยกระแสคงที่ 1 A และ 6 A สำหรับการอัดประจุระหว่าง 4.1 V กับ 4.2 V และการคายประจุระหว่าง 2.5 V กับ 3.0 V ที่ 25°C [5]



รูปที่ 2.24 ความจุของเซลล์ INCP 160/61/78 เมื่ออัดประจุที่ 4.1 V กับ 4.2 V และคายประจุที่ 2.5 V กับ 3.0 V ที่ 25°C ที่ 1 A กับ 6 A โดยเซลล์ที่ใช้กระแส 1 A ใช้งานแล้ว 300 รอบ แต่เซลล์ที่ใช้กระแส 6 A ใช้งานแล้ว 3,000 รอบ [5]

รูปที่ 2.25 แสดงข้อมูลของแรงดัน เปอร์เซ็นต์จำนวนประจุ และกระแสสำหรับการอัดประจุแบบกระแสคงที่-แรงดันคงที่ของเซลล์คาร์บอนลิเธียมแมงกานีสออกไซด์ 18650 ที่ 1.4 A โดยจำกัดแรงดันอัดประจุที่ 4.2 V และเซลล์คาร์บอนลิเธียมโคบอลต์ออกไซด์ที่ 1.65 A และ 4.2 V ในขณะที่เซลล์ถูกอัดประจุในช่วงกระแสคงที่ จำนวนประจุเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นจนกระทั่งขณะแรงดันเซลล์เข้าใกล้ 4.2 V ในการอัดประจุช่วงแรงดันคงที่ กระแสมีค่าลดลงจนกระทั่งเซลล์ถูกอัดอัดประจุจนเต็ม เซลล์ชนิดลิเธียมไอออนมีประสิทธิภาพทางด้านประจุสูง (99.9%) และมี

ประสิทธิภาพทางด้านพลังงานสูง (95 – 98%) เพราะในปฏิกิริยาเคมีของเซลล์ไม่มีกระบวนการสร้างแก๊สดังที่พบในเซลล์ที่มีน้ำ

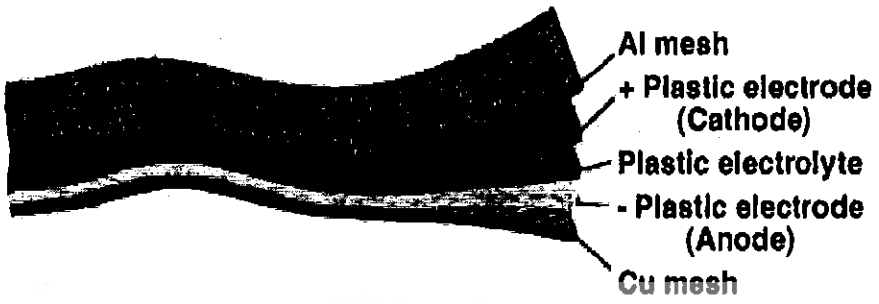


รูปที่ 2.25 เปอร์เซ็นต์จำนวนประจุ และกระแสอัดประจุ สำหรับเซลล์ชนิด $C/LiMnO_2$ และ $C/LiCoO_2$ 18650 ในการอัดประจุแบบกระแสคงที่แรงดันคงที่เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง ด้วยกระแสสูงสุดที่ 1.4 A กับ 1.65 A และแรงดันสูงสุดที่ 4.2 V [5]

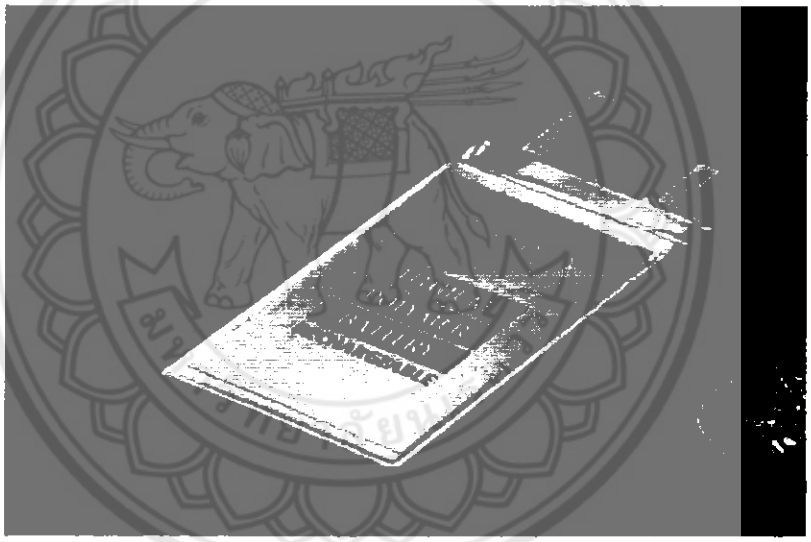
2.5.5 แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์

แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์มีค่าพลังงานจำเพาะและความหนาแน่นของพลังงานสูง นิยมประยุกต์ใช้งานในอุปกรณ์สื่อสารชนิดพกพาได้และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ต้องการความบาง เซลล์ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ใช้วัสดุเนื้อสารเหมือนกับเซลล์ชนิดลิเธียมไอออน ขั้วบวกและขั้วลบภายในเซลล์มีลักษณะแบนเรียบและติดกันเพื่อให้สามารถสร้างเซลล์ที่บางได้และบรรจุในฟิล์มกั้นดังรูปที่ 2.26 ซึ่งแตกต่างจากการใช้เหล็กหรือใช้อะลูมิเนียมในเซลล์

ชนิดลิเธียมไอออน ที่แสดงชั้นต่างๆภายในโครงสร้าง ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่ชนิดนี้แสดงดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.26 โครงสร้างของเซลล์ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ [5]



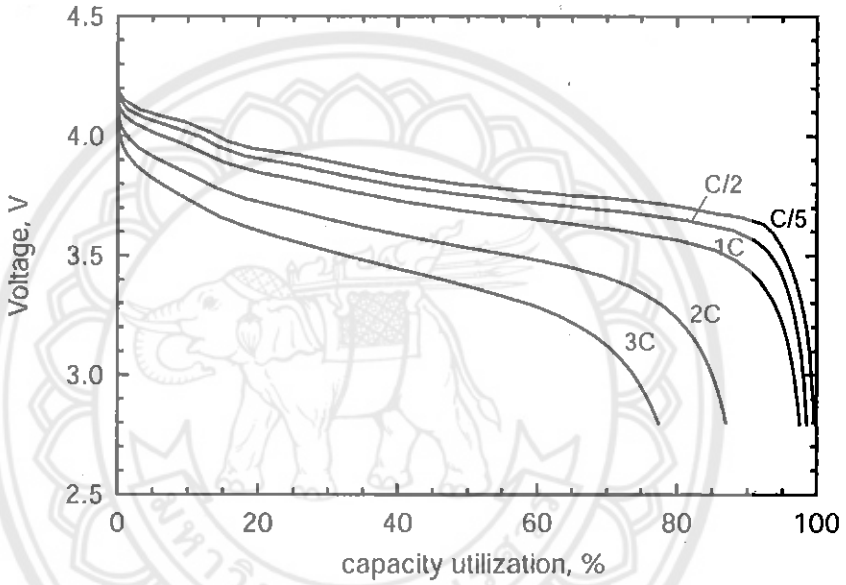
รูปที่2.27 แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ 0.57 Ah [5]

ปัจจุบันเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ทำให้ได้ค่าพลังงานจำเพาะและความหนาแน่นของพลังงานค่อนข้างสูงกว่าชนิดลิเธียมไอออนชนิดอิเล็กโทรไลต์เหลว แต่คุณสมบัติด้านไฟฟ้าเคมี ปริมาตร และสัดส่วนน้ำหนักของส่วนประกอบต่างๆในเทคโนโลยีสองอย่างนั้นยังคงเดิม ซึ่งอาจเหมาะสำหรับใช้งานในอวกาศมากขึ้นเพราะใช้วัสดุห่อหุ้มเบาและบางกว่าที่ใช้ในแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์

i7197707X ปร ฆ2156 2557
12 ต.ค. 2560
สำนักหอสมุด

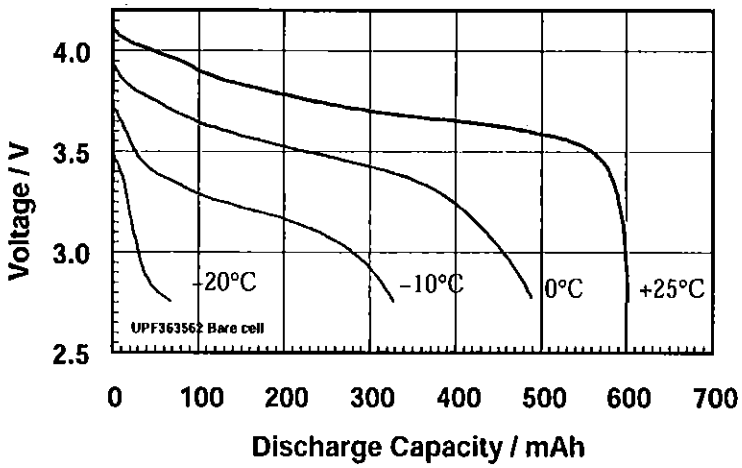
2.5.6 การคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์

ความสามารถในการคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ชนิด $C/LiCoO_2$ แสดงในรูปที่ 2.28 จากรูปจะเห็นได้ว่าการคายประจุที่ค่ากระแส 1C ได้พลังงาน 95% และค่าแรงดันเฉลี่ยที่ 3.8 V การคายประจุที่ค่า 2C ได้พลังงาน 87% และค่าแรงดันเฉลี่ยที่ 3.55 V ส่วนการคายประจุที่ค่า 3C ได้ค่าพลังงานเพียง 77% และค่าแรงดันเฉลี่ยที่ 3.45 V จากรูปจะเห็นว่าการคายประจุที่กระแสสูงทำให้ได้ค่าพลังงานและแรงดันเฉลี่ยขณะคายประจุน้อยลง โดยทั่วไปแบตเตอรี่สามารถให้พลังงานได้มากกว่า 80% ของค่าพิกัดถ้ากระแสคายประจุมีค่าน้อยกว่า 2C



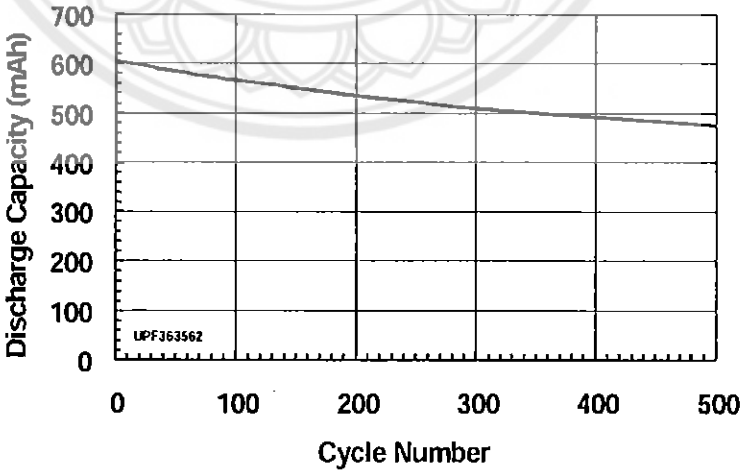
รูปที่ 2.28 การคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ชนิด $C/LiCoO_2$ ขนาด 0.120 Ah ที่ค่ากระแสคายประจุ 0.2 – 3C ที่อุณหภูมิ 21°C [5]

คุณลักษณะของการคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิต่ำแสดงในรูปที่ 2.29 ซึ่งเป็นการทดสอบการคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ชนิด $C/LiCoO_2$ ขนาด 0.57 Ah ที่กระแสคายประจุ 1C และระดับอุณหภูมิตั้งแต่ -20°C – +25°C จากรูปจะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่ให้พลังงานได้น้อยลงถ้าถูกใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ โดยสามารถให้พลังงานได้เพียง 58% ที่อุณหภูมิ -10°C



รูปที่ 2.29 การคายประจุแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ชนิด C/$LiCoO_2$ ขนาด 0.120 Ah ค่ากระแสคายประจุ 1C ที่อุณหภูมิตั้งแต่ -20°C – +25°C [5]

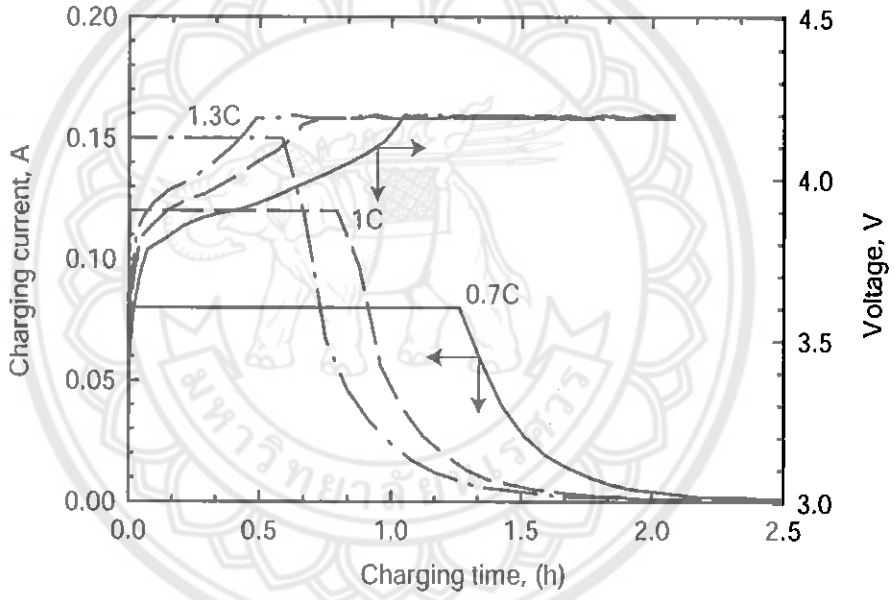
สมรรถนะด้านจำนวนรอบการใช้งานของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ชนิด C/LiCoO2 ขนาด 0.57 Ah แสดงในรูปที่ 2.30 ซึ่งทดสอบโดยอัดประจุด้วยวิธี CCCV ที่แรงดัน 4.2 V ค่ากระแสอัดประจุ 1C และคายประจุที่ค่า 1C จนแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่า 2.57 V จึงหยุดการคายประจุ จากรูปจะเห็นได้ว่าค่าความจุของแบตเตอรี่ลดลงเพียงเล็กน้อยถึงแม้ว่ามีจำนวนรอบการใช้งานที่สูง จึงทำให้แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์เป็นแบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานยาวนาน [5]



รูปที่ 2.30 ค่าความจุในแต่ละจำนวนรอบการใช้งานของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ชนิด C/$LiCoO_2$ ขนาด 0.57 Ah [5]

2.5.7 การอัดประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์

แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ชนิด C/LiCoO2 สามารถอัดประจุโดยวิธีใช้กระแสคงที่หรือกระแสคงที่ แรงดันคงที่-กระแสและแรงดันอัดประจุสำหรับแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ขนาด 0.012 Ah ที่กระแสอัดประจุ 0.7C 1C และ 1.3C แสดงในรูปที่ 2.31 ในแต่ละกรณีแบตเตอรี่ถูกอัดประจุด้วยกระแสคงที่จนมีแรงดันถึงค่าพิกัดที่ 4.2 V หลังจากนั้นจึงอัดประจุด้วยแรงดันคงที่จนกระแสอัดประจุมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ จึงถือว่าแบตเตอรี่เต็ม จากรูปจะเห็นได้ว่าการอัดประจุแบตเตอรี่ที่กระแสสูงไม่ได้ช่วยให้แบตเตอรี่เต็มเร็ว เพียงแต่ช่วยให้ในช่วงแรกแรงดันของแบตเตอรี่เพิ่มสูงถึงค่าพิกัดได้เร็วขึ้นเท่านั้น จากทั้ง 3 กรณีจะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการอัดประจุให้เต็มนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน



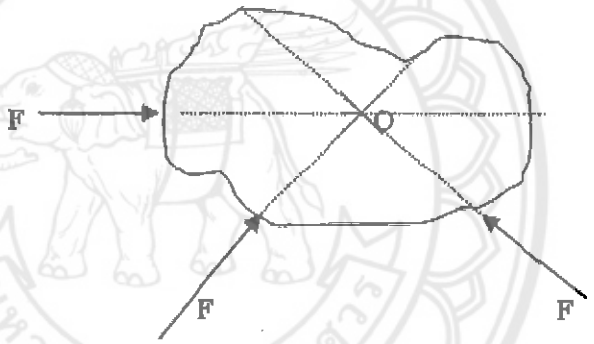
รูปที่ 2.31 การอัดประจุแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนพอลิเมอร์ชนิด C/$LiCoO_2$ ขนาด 0.120 Ah ที่ค่ากระแสอัดประจุ 0.7C 1C และ 1.3C ที่อุณหภูมิ 21°C [5]

2.6 ทฤษฎีการวิเคราะห์โครงสร้าง

ในการออกแบบฐานรองรับกล้องที่จะทำการติดตั้งกับตัวเครื่องบิน มีความจำเป็นที่จะต้องให้จุดศูนย์ถ่วงหรือจุกศูนย์กลางมวลอยู่ที่กึ่งกลางมากที่สุด จึงได้ศึกษาทฤษฎีการหาจุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์ถ่วงเพื่อการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้จุดศูนย์กลางมวลหรือจุดศูนย์ถ่วงอยู่ที่แกนกลางมากที่สุด

2.6.1 จุดศูนย์กลางของมวล

จุดศูนย์กลางของมวล (Center of mass) คือ จุดที่เสมือนเป็นที่รวมของมวลทั้งก้อน จุดนี้จะอยู่ภายในหรือภายนอกวัตถุก็ได้ การหาจุดศูนย์กลางมวล หาได้โดยการออกแรงกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ตามแนวแรง หากวัตถุไม่หมุนแสดงว่าแนวแรงนั้นผ่านจุดศูนย์กลางมวล กระทำหลายๆ แนวแรงจะพบว่าแนวแรงเหล่านั้นจะตัดกันที่ตำแหน่งหนึ่ง ซึ่งนั่นก็คือ จุดศูนย์กลางมวล ดังแสดงในรูปที่2.32



รูปที่ 2.32 จุดศูนย์กลางมวลของวัตถุ [6]

จากรูปที่ 2.32 จุด O เป็นจุดที่แนวแรง F กระทำผ่านวัตถุแล้ววัตถุไม่หมุน โดยวัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง F ด้วยความเร่ง a ดังนั้นจุด O จึงเป็นจุดศูนย์กลางมวล

2.6.2 จุดศูนย์กลางมวลของวัตถุรูปทรงต่างๆ

ก) คานตรงสม่ำเสมอ จุดศูนย์กลางมวลอยู่ที่จุดกึ่งกลางคาน

ข) ทรงกระบอก จุดศูนย์กลางมวลอยู่ที่จุดกึ่งกลางของเส้นแกนกลางของทรงกระบอก

ค) สี่เหลี่ยมลูกบาศก์ จุดศูนย์กลางมวลอยู่ที่จุดกึ่งกลางของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

ง) ทรงกลม จุดศูนย์กลางมวลอยู่ที่จุดกึ่งกลางของทรงกลม

จ) แผ่นรูปสามเหลี่ยมสม่ำเสมอ จุดศูนย์กลางมวลอยู่ที่จุดตัดของเส้นมัธยฐานทั้งสาม

ฉ) แผ่นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน จุดศูนย์กลางมวลอยู่ที่จุดตัดของเส้นทแยงมุมทั้งสอง

ช) แผ่นกลมสม่ำเสมอ จุดศูนย์กลางมวลอยู่ที่จุดศูนย์กลางของแผ่นกลม

ซ) ทรงกรวย จุดศูนย์กลางมวลอยู่ในแนวเส้นแกนของกรวยเป็นระยะ ¼ ของความสูงจากฐาน

2.6.3 หลักการหาจุดศูนย์ถ่วง

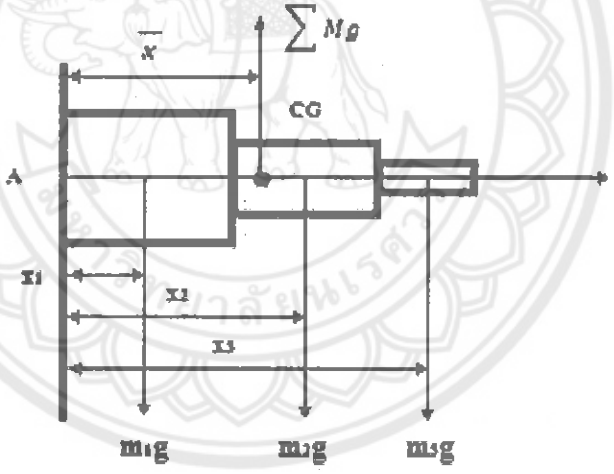
พิจารณาอุปกรณ์ในรูปที่ 2.33 ซึ่งประกอบด้วยหลายชิ้นส่วน (จากรูปคือ 3 ชิ้นส่วน) น้ำหนักของอุปกรณ์นี้ประกอบด้วยแรงคู่ขนานซึ่งถูกแทนที่ด้วยน้ำหนักลัพธ์ค่าเดียว (เทียบเท่า) และจุดที่กระทำจุดนี้เรียกว่าจุดศูนย์ถ่วง ค่าน้ำหนักลัพธ์สามารถคำนวณหาได้จากผลรวมของน้ำหนักของชิ้นส่วนทั้งหมด นั่นคือ

$$W_R = \sum W_i$$

โดยที่ W_R คือน้ำหนักลัพธ์ (N), W_i คือน้ำหนักของชิ้นส่วนที่ i หรือสามารถเขียนได้

$$\sum M \cdot g = \sum m_i \cdot g \tag{2.4}$$

โดยที่ $\sum M$ คือมวลรวม (kg), m_i คือมวล (kg) ของชิ้นส่วนที่ i และ g คือค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)



รูปที่ 2.33 แผนภาพแสดงวิธีพิจารณาหาจุดศูนย์ถ่วง

จากรูปที่ 2.33 ผลรวมของโมเมนต์ของน้ำหนักของชิ้นส่วนทั้งหมดรอบแกน x และแกน y เท่ากับโมเมนต์ของน้ำหนักลัพธ์รอบแกนดังกล่าว ดังนั้นการหาค่าพิกัดตามแนวแกน x ของจุดศูนย์ถ่วง ($\bar{x}$) สามารถคำนวณหาจาก

$$\bar{x}W_R = \sum x_i W_i$$

ดังนั้น

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i W_i}{W_R} \tag{2.5}$$

โดยที่ $\bar{x}$ คือค่าพิกัดตามแนวแกน x ของจุดศูนย์ถ่วงของอุปกรณ์ และ x_i คือค่าพิกัดตามแนวแกน x ของจุดศูนย์ถ่วงของชิ้นส่วนที่ i

ในทำนองเดียวกัน การคำนวณหาค่าพิกัดตามแนวแกน y สามารถคำนวณหาได้จาก

$$\bar{y}W_R = \sum y_i W_i$$

ดังนั้น

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i W_i}{W_R} \qquad (2.6)$$

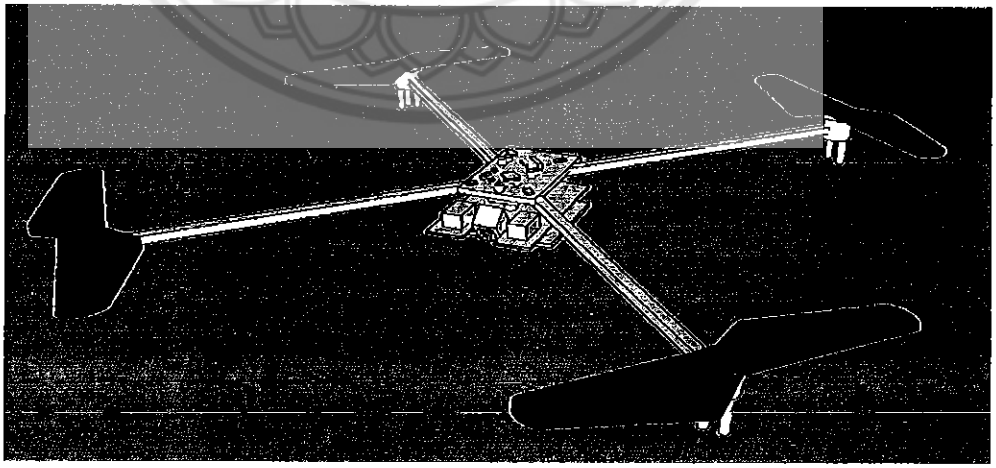
โดยที่ $\bar{y}$ คือค่าพิกัดตามแนวแกน y ของจุดศูนย์ถ่วงของอุปกรณ์ และ y_i คือค่าพิกัดตามแนวแกน y ของจุดศูนย์ถ่วงของชิ้นส่วนที่ i

บทที่ 3
การออกแบบเครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูง

3.1 การออกแบบและสร้างโครงงาน

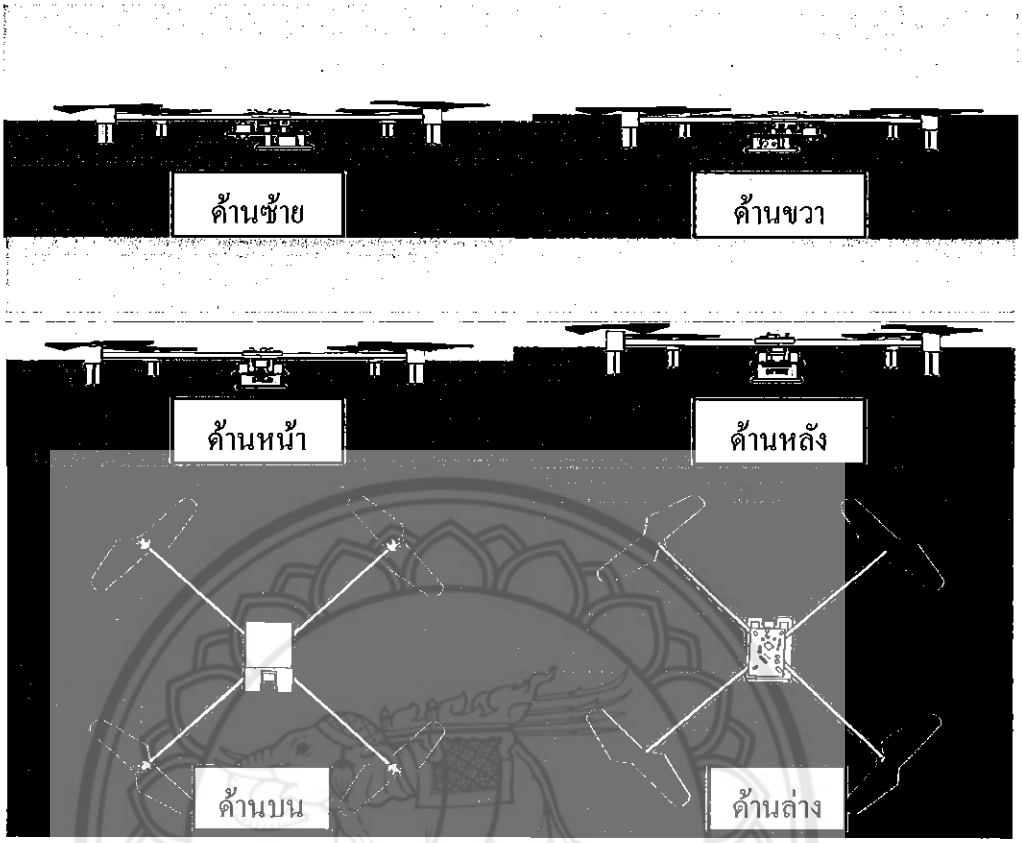
เครื่องบินแบบสี่ใบพัดนั้นมีความน่าสนใจอยู่ตรงที่ระบบควบคุมทิศทางและเสถียรภาพการบิน ที่สร้างขึ้นเพื่อง่ายต่อการควบคุม ทำให้การบันทึกภาพและวีดิทัศน์มีคุณภาพที่สูงและชัดเจน และสามารถลดความเสี่ยงที่กล้องบันทึกภาพจะเสียหายจากการกระแทกพื้น

จากที่ผู้จัดทำโครงงานได้ค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องบินแบบสี่ใบพัดนี้ ผลที่ได้คือปัจจัยหลักของการทำโครงการนี้คือต้องสามารถบันทึกภาพนิ่งและวีดิทัศน์ที่ชัดเจน ซึ่งเครื่องบินแบบสี่ใบพัดนั้นมีหลายขนาดมีทั้งที่มีขนาดใหญ่และขนาดเล็กกว่านี้ เครื่องบินสี่ใบพัดขนาดใหญ่จะมีข้อดีคือสามารถบินลอยตัวอยู่ในอากาศได้นิ่งและสามารถต้านแรงลมได้พอสมควรแต่ข้อเสียคือมีราคาที่แพงและจัดหาอุปกรณ์ได้ยาก ส่วนเครื่องบินสี่ใบพัดขนาดเล็กนั้นข้อดีคือราคาถูกแต่ข้อเสียคือไม่สามารถแบกน้ำหนักของอุปกรณ์ที่จะติดตั้งลอยขึ้นไปได้ เพราะฉะนั้นแล้วผู้จัดทำโครงงานจึงได้เลือกเครื่องบินแบบสี่ใบพัดรุ่น v262 ซึ่งผู้จัดทำโครงงานได้ทำการทดสอบและประมาณการแบกน้ำหนักของอุปกรณ์เสริมที่จะติดตั้งแล้วเครื่องบินสี่ใบพัดสามารถแบกน้ำหนักให้ลอยขึ้นไปได้และยังมีราคาที่พอเหมาะตรงตามจุดประสงค์ของผู้จัดทำ จึงทำให้สามารถออกแบบและเลือกกล้องบันทึกภาพและวีดิทัศน์ต่อไป



รูปที่ 3.1 การออกแบบเครื่องบินบังคับสี่ใบพัด แบบสามมิติ

ภาพย่อยในมุมต่างๆ ของการออกแบบเครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัดแสดงได้รูปที่ 3.2

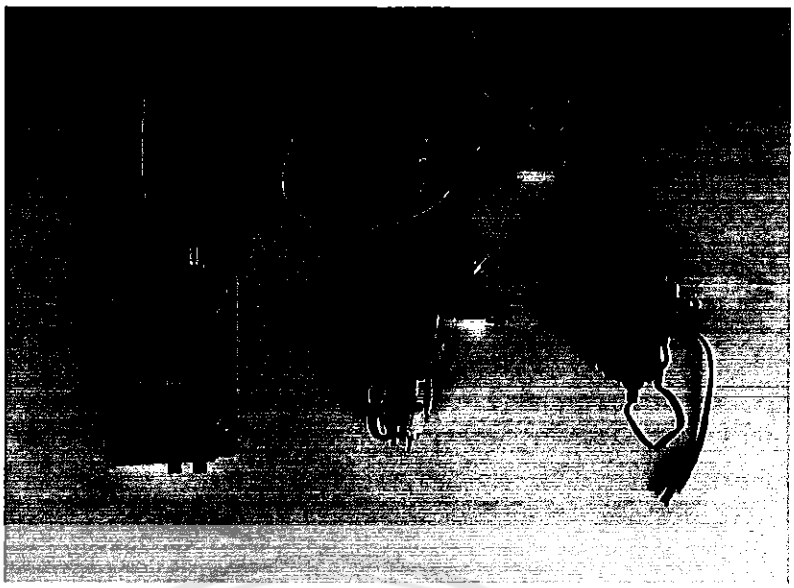


รูปที่ 3.2 เครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัดเมื่อมองจากด้านต่างๆ

3.2 กล้องวิดิทัศน์ขนาดเล็กและฐานรองรับ

3.2.1 กล้องวิดิทัศน์ขนาดเล็ก

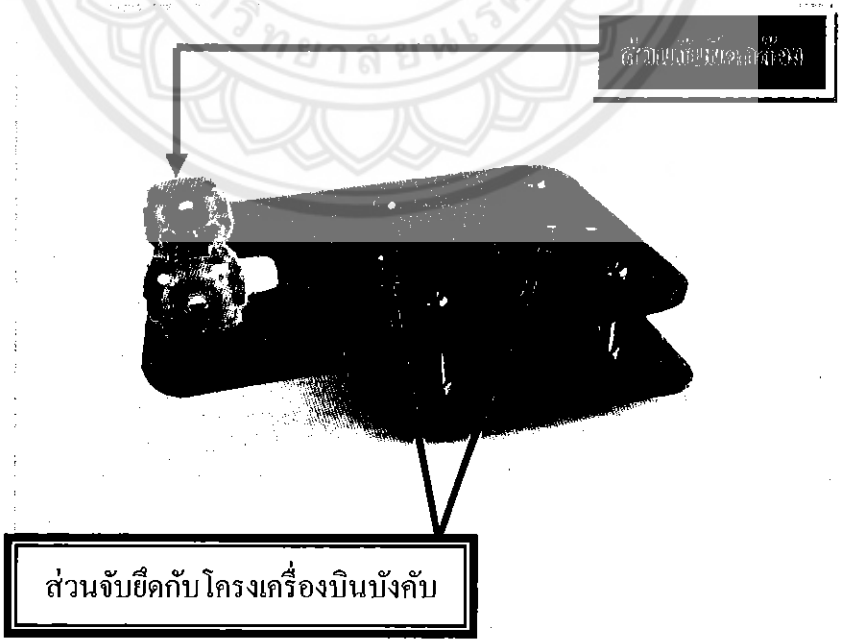
การบันทึกภาพนิ่งและวีดิทัศน์ขณะที่เครื่องบินสี่ใบพัดลอยตัวอยู่นั้น ทางผู้จัดทำได้เลือกกล้องประเภทกล้องรูเข็ม รุ่น SMK-007AS ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งมีคุณสมบัติตรงตามที่จุดประสงค์ที่ต้องการ ทั้งในเรื่องของน้ำหนักและการส่งสัญญาณภาพแบบไร้สาย รวมถึงขนาดที่เหมาะสมกับการติดตั้ง



รูปที่ 3.3 กล้องแบบไร้สายและอุปกรณ์รับสัญญาณ

3.2.2 ฐานรองรับกล้อง

การติดตั้งกล้องวีดิทัศน์เข้าไปกับเครื่องบินสี่ใบพัดนั้น เนื่องจากที่ตัวเครื่องบินไม่มีอุปกรณ์ในการติดตั้งและยึดจับกล้องบันทึกภาพเพื่อให้ตรงจุดประสงค์กับการใช้งาน ผู้จัดทำโครงงานจึงสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาเพื่อจับยึดกล้องไว้กับตัวเครื่องบิน ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ฐานรองรับสำหรับยึดกล้องกับตัวเครื่องบินบังคับ

เนื่องจากความสมดุลมีผลต่อการทรงตัวของเครื่องบินบังคับอย่างมาก ดังนั้นในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มได้แก่ กล้องวีดิทัศน์ แบตเตอรี่ของเครื่องบินบังคับและของกล้อง รวมทั้งฐานรองรับ จึงจำเป็นพิจารณาจุดศูนย์ถ่วงหรือจุดศูนย์กลางมวลดังแสดงในรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 การแสดงตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของชุดอุปกรณ์เสริม

3.3 โปรแกรมแสดงและการบันทึกสัญญาณภาพจากกล้อง

เมื่อส่งเครื่องบินและกล้องขึ้นไปบนอากาศแล้วเมื่อกล้องส่งสัญญาณเข้ามาที่อุปกรณ์รับสัญญาณผ่านอุปกรณ์แปลงสัญญาณ จึงจำเป็นต้องมีโปแกรมเพื่อแสดงภาพและบันทึกภาพ ทั้งแบบภาพนิ่งและแบบวีดิทัศน์

3.3.1 โปรแกรม KM Player

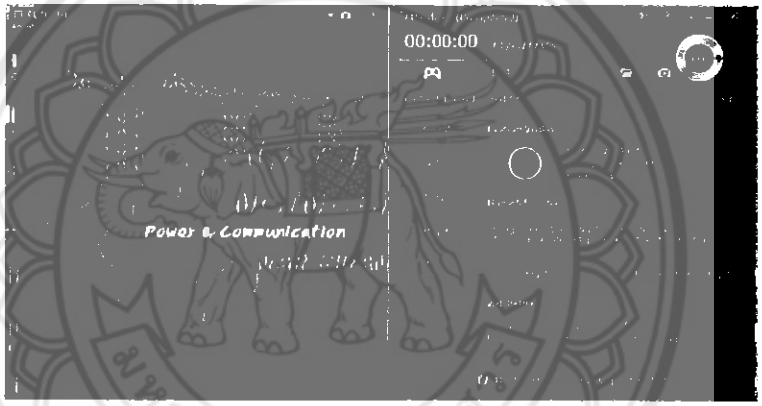
ทางผู้จัดทำโครงงานได้เลือกโปรแกรมแสดงภาพคือ KM Player ซึ่งปกติแล้วโปรแกรม KM Player เป็นโปรแกรมไว้สำหรับเล่นภาพยนตร์หรือวีดิทัศน์ที่คมชัดมากๆและยังสามารถแสดงภาพในระบบความคมชัดสูง (High definition) ที่มีไฟล์ขนาดใหญ่มากๆได้ดี และยังสามารถแสดงภาพแบบต่อเนื่องที่มีความละเอียดและคมชัดสูงได้ดี ซึ่งเมื่อคอมพิวเตอร์รับสัญญาณภาพมาแล้วโปรแกรม KM Player สามารถแสดงภาพได้โดยไม่ต้องดาวน์โหลดตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัส (Coder/decoder, Codec) มาเพิ่ม

3.3.2 โปรแกรม Bandicam

เมื่อกล้องส่งสัญญาณภาพมาที่อุปกรณ์ภาครับและมาแสดงผลที่โปรแกรม KM Player แล้ว สามารถบันทึกภาพที่ต้องการได้ทั้งในรูปแบบภาพนิ่งและรูปแบบวีดิทัศน์ ซึ่งโปรแกรมที่ทางผู้จัดทำได้นำมาเป็นโปรแกรมบันทึกนั้น คือ โปรแกรม Bandicam ซึ่งสามารถบันทึกภาพและแสดงผลส่งออกไปยังโฟลเดอร์ที่ได้กำหนดไว้ตามต้องการ

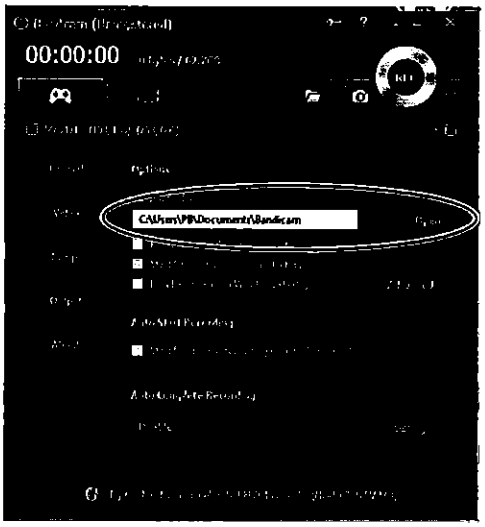
3.3.3 การตั้งค่าของโปรแกรม Bandicam

หน้าจอแรกของโปรแกรม Bandicam ดังรูปที่ 3.6 โดยหน้าต่างของโปรแกรมด้านซ้ายมือแสดงผลการจับภาพจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ ส่วนหน้าต่างด้านขวามือคือส่วนที่เราสามารถปรับตั้งค่าต่างๆของโปรแกรมได้ตามความต้องการ



รูปที่ 3.6 หน้าจอแรกของโปรแกรม Bandicam

ขั้นที่ 1 การกำหนดโฟลเดอร์ที่ต้องการให้ภาพหรือวีดิทัศน์ที่เราบันทึกนั้นไปปรากฏขึ้นโดยถ้ากดที่ปุ่ม Open ในวงกลมสีแดงดังรูปที่ 3.7 โปรแกรมจะเปิดโฟลเดอร์ที่เราเลือกไว้ก่อนหน้าขึ้นมาแสดงทันที ซึ่งสามารถเปลี่ยนโฟลเดอร์สำหรับบันทึกข้อมูลจากโปรแกรมได้ตามความต้องการโดยการกดปุ่ม

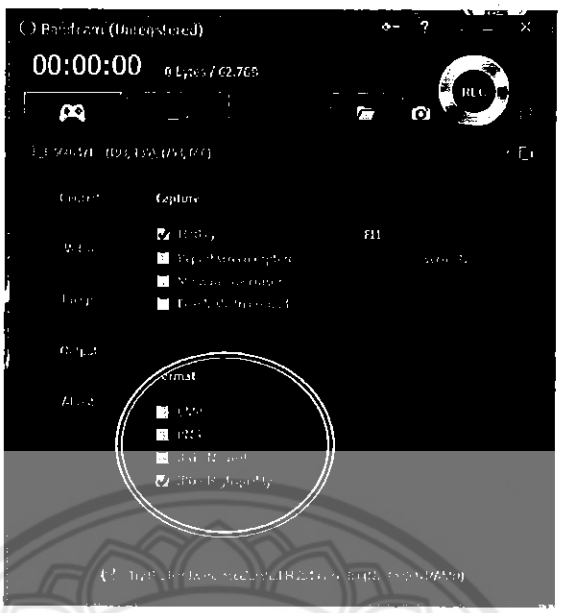


รูปที่ 3.7 การเลือกโฟลเดอร์สำหรับเก็บข้อมูล

ขั้นที่ 2 การกำหนดประเภทของวีดิทัศน์ สามารถเลือกการตั้งค่าทั้งความคมชัดของภาพและคุณภาพของเสียงที่บันทึกได้ตามความต้องการโดยการคลิกเข้าไปที่ปุ่ม Settings ในวงกลมสีแดง ดังแสดงในรูปที่ 3.8

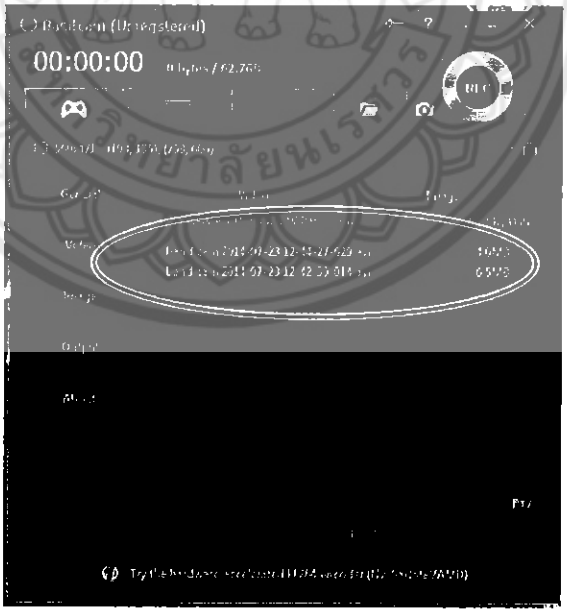
รูปที่ 3.8 การกำหนดประเภทของวีดิทัศน์

ขั้นที่ 3 การกำหนดประเภทของภาพนิ่ง สามารถเลือกกำหนดไฟล์ภาพนิ่งได้สี่ประเภทด้วยกัน คือ BMP, PNG, JPG – Normal, และ JPG – High quality ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การกำหนดประเภทของภาพนิ่ง

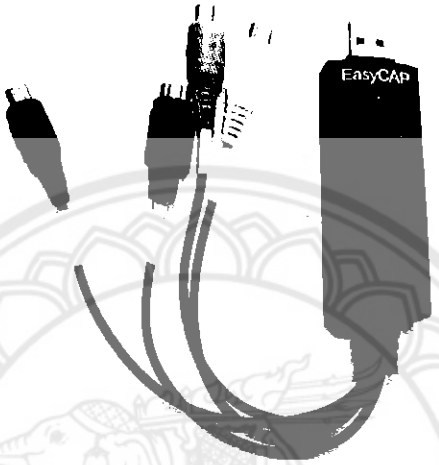
ขั้นที่ 4 แสดงไฟล์ทั้งหมดในโฟลเดอร์ที่บันทึกไว้ ซึ่งตัวโปรแกรมจะแสดงข้อมูลวัน เดือนปีที่ทำการบันทึก และขนาดของไฟล์แต่ละไฟล์ที่ได้ทำการบันทึกไว้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 โปรแกรมทำการแสดงไฟล์ที่ทำการบันทึก

3.4 อุปกรณ์แปลงสัญญาณจากเอวีเป็นยูเอสบี

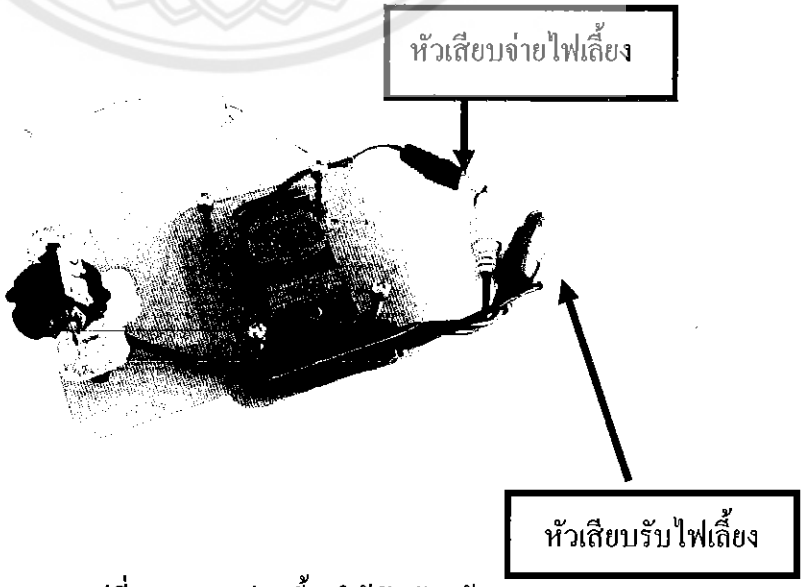
อุปกรณ์รับสัญญาณจะทำการส่งสัญญาณออกมาในรูปแบบเอวี (Audio and video, AV) แต่ที่ตัวคอมพิวเตอร์พกพาไม่มีช่องรับหัวเสียบสัญญาณแบบเอวี จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์แปลงหัวเสียบจากเอวีเป็นหัวเสียบแบบยูเอสบี (USB) เข้ามาช่วย ซึ่งทางผู้จัดทำได้ใช้ EasyCapture เป็นอุปกรณ์ในการแปลง ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 อุปกรณ์แปลงสัญญาณภาพและเสียง

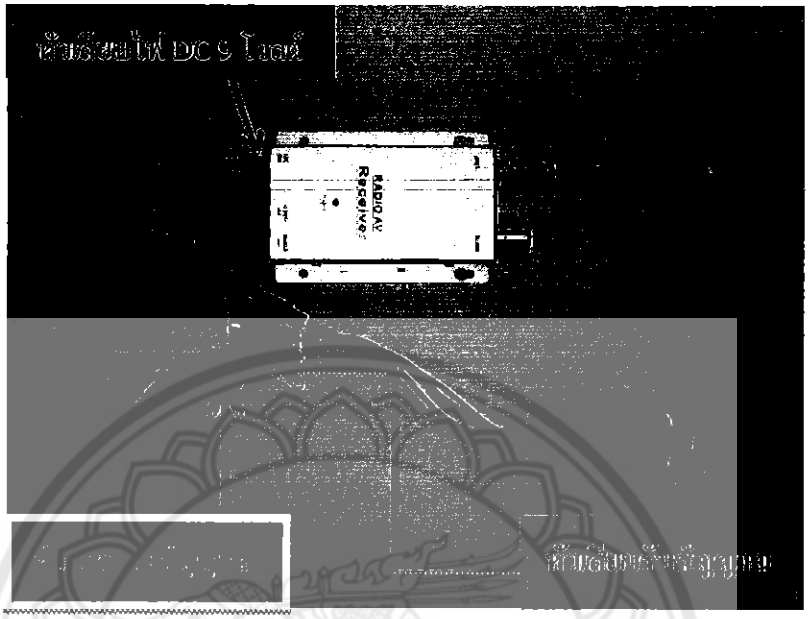
3.5 การบันทึกเป็นภาพนิ่งและวีดิทัศน์

ขั้นที่ 1 ทำการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับตัวกล้อง โดยเสียบสายสีแดงเข้ากับแบตเตอรี่ 9 V ดังรูปที่ 3.12



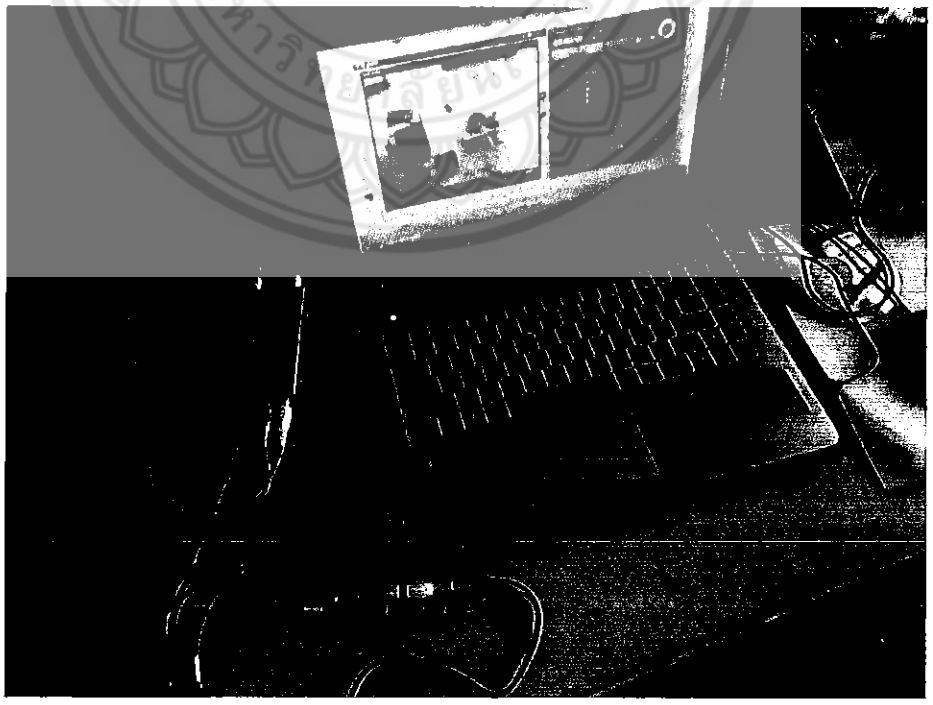
รูปที่ 3.12 การจ่ายเลี้ยงให้กับตัวกล้อง

ขั้นที่ 2 เสียบสายไฟ DC 9 โวลต์เข้ากับอุปกรณ์รับสัญญาณพร้อมต่อสายส่งสัญญาณเอวี จากอุปกรณ์รับสัญญาณไปยังอุปกรณ์แปลงสัญญาณจากเอวีเป็นยูเอสบี ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การเชื่อมต่ออุปกรณ์รับสัญญาณกับอุปกรณ์แปลงสัญญาณ

ขั้นที่ 3 ต่ออุปกรณ์แปลงสัญญาณเอวีเป็นยูเอสบีเข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.14

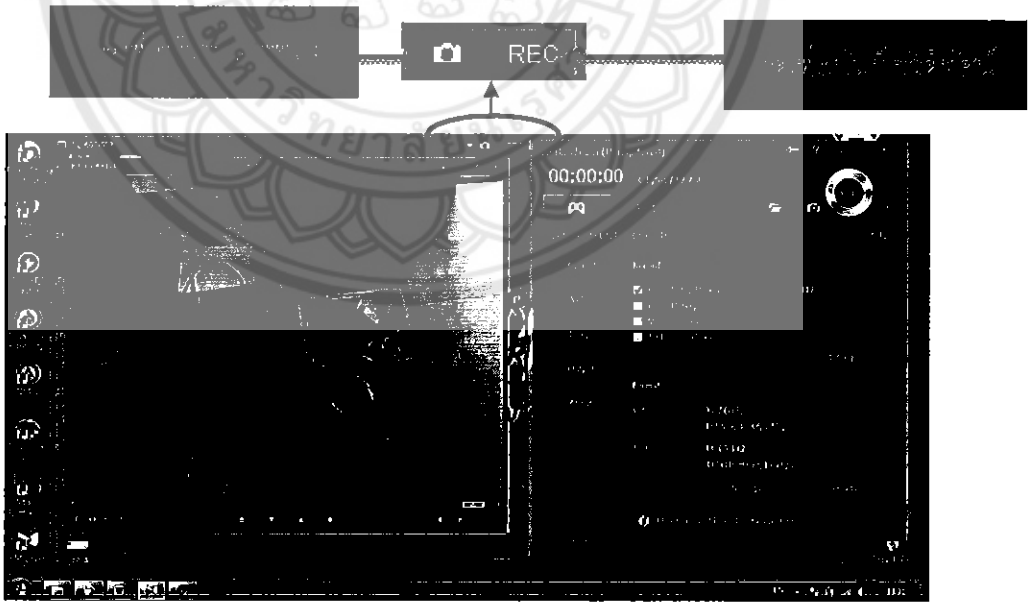


รูปที่ 3.14 การเสียบหัวยูเอสบีเข้ากับคอมพิวเตอร์

ขั้นที่ 4 เปิดโปรแกรม KM Player เพื่อทำการแสดงภาพที่กล้องบันทึกได้ ดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 การใช้โปรแกรม KM Player ทำการแสดงภาพ

ขั้นที่ 5 เปิดโปรแกรม Bandicam เพื่อทำการบันทึกภาพนิ่งหรือวีดิทัศน์ ดังรูปที่ 3.16



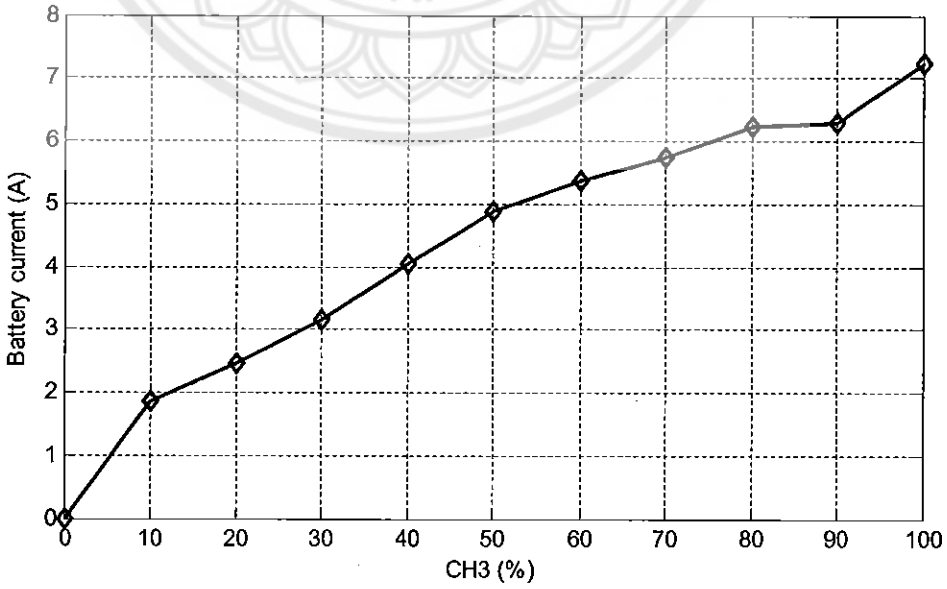
รูปที่ 3.16 การเปิดโปรแกรม Bandicam เพื่อทำการบันทึกภาพ

บทที่ 4
ผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบการใช้กระแสในการบินขึ้นในแนวดิ่ง

ในการบังคับเครื่องบินให้เคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่งทำให้มอเตอร์ทั้ง 4 ตัวทำงานพร้อมกัน และจะใช้ปริมาณกระแสที่ต่างกันตามค่าเปอร์เซ็นต์ที่ปรากฏอยู่บนหน้าจอรีโมทคอนโทรล ซึ่งการบินขึ้นของเครื่องบินจะใช้ช่องสัญญาณที่ 3 ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 หน้าจอแสดงเปอร์เซ็นการทำงานของมอเตอร์ช่องสัญญาณที่ 3



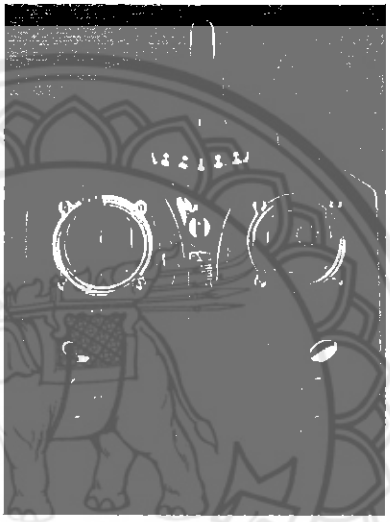
รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบการใช้กระแสของเครื่องบินบังคับ

จากรูปที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบปริมาณกระแสที่ใช้ในแต่ละค่าเปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อทำการปรับค่าปริมาณกระแสจะแปรผันตรงกับค่าเปอร์เซ็นต์ของรีโมท

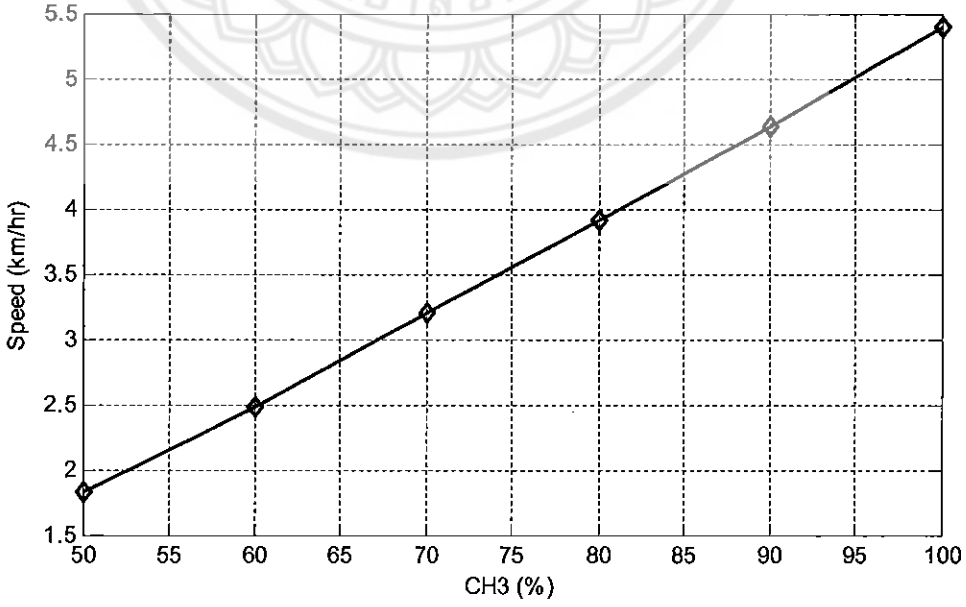
4.2 การทดสอบความเร็วในการบิน

4.2.1 การทดสอบความเร็วในการบินขึ้นในแนวดิ่ง

มีการจับเวลาที่ใช้ในการบินขึ้นในแนวดิ่งเป็นระยะ 9 เมตร โดยที่แต่ละระดับเปอร์เซ็นต์ของช่องสัญญาณที่ 3 ดังรูปที่ 4.3 มีการทดสอบวัดค่า 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยมาวาดกราฟ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 หน้าจอแสดงช่องสัญญาณที่ 3



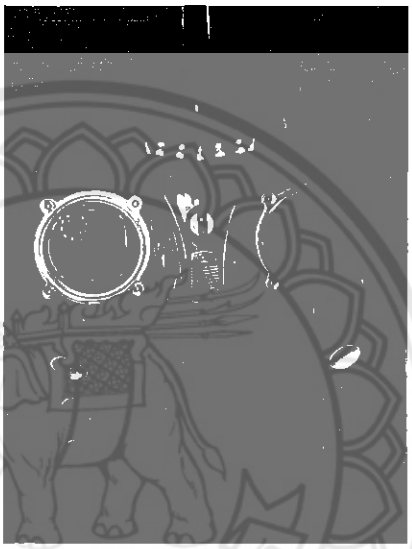
รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบความเร็วในการบินขึ้นในแนวดิ่ง

4.2.2 การทดสอบความเร็วในการบินในแนวระดับ

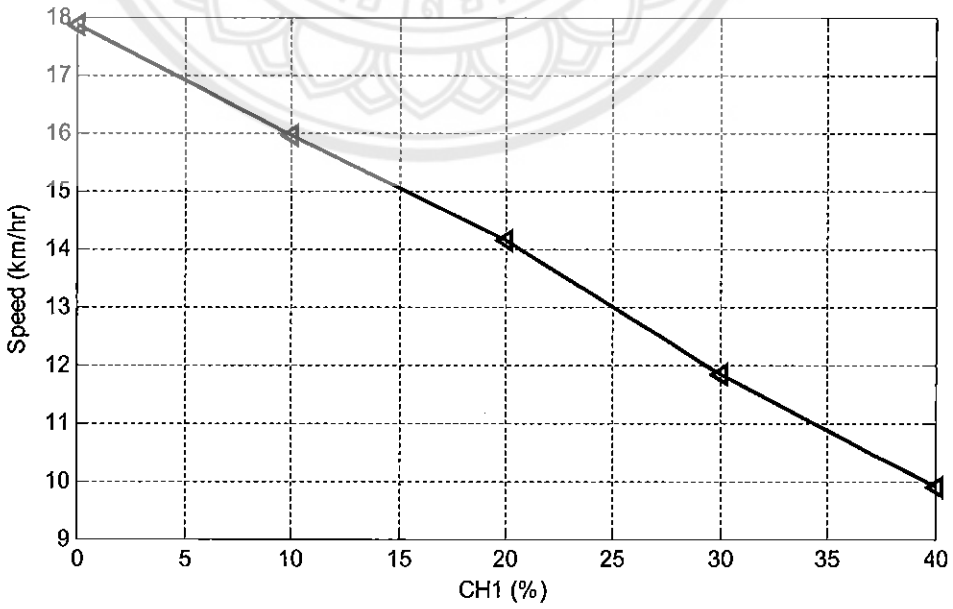
ตั้งช่องสัญญาณที่ 3 ไว้ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จับเวลาที่ใช้ในการบินเป็นระยะ 15 เมตร ในทิศทางต่าง ๆ ได้แก่ ด้านซ้าย ขวา หน้า และ หลัง โดยที่แต่ละระดับเปอร์เซ็นต์ ของช่องสัญญาณที่ 1 มีการทดสอบวัดค่า 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยมาวาดกราฟดังต่อไปนี้

ก) การบินไปทางซ้าย

เมื่อเครื่องบินลอยตัวไปยังระดับความสูงที่ต้องการแล้ว โยกคันเร่งขวาไปทางซ้ายเพื่อบังคับทิศทางให้เคลื่อนที่ไปทางซ้ายตามรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 หน้าจอแสดงช่องสัญญาณที่ 1 ในการบินไปทางซ้าย

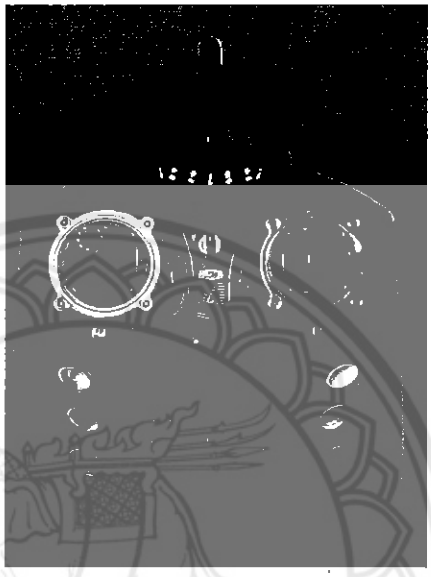


รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบความเร็วในการบินไปทางซ้าย

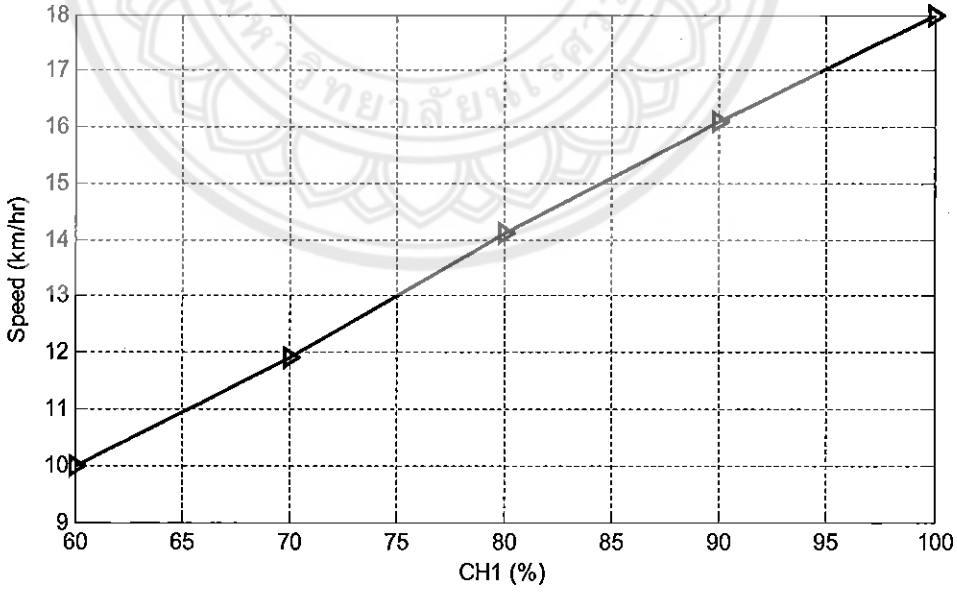
จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการบินไปทางซ้ายค่าเปอร์เซ็นต์ของช่องสัญญาณที่ 1 จะมีค่าตั้งแต่ 50 ถึง 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่า 0 จะมีความเร็วสูงสุด

ข) การบินไปทางขวา

เมื่อเครื่องบินลอยตัวไปยังระดับความสูงที่ต้องการแล้ว โยกคันเร่งขวาไปทางขวาเพื่อบังคับทิศทางให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปทางขวาตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 หน้าจอแสดงช่องสัญญาณที่ 1 ในการบินไปทางขวา

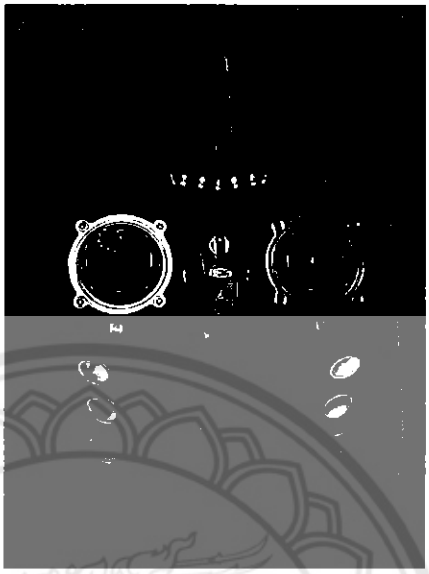


รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบความเร็วในการบินไปทางขวา

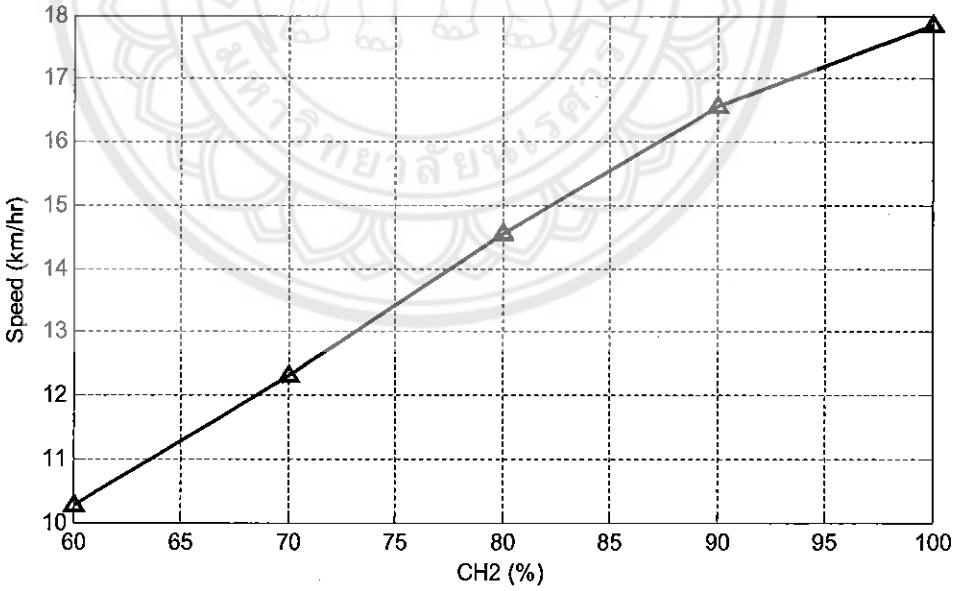
จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการบินไปทางขวาค่าเปอร์เซ็นต์ของช่องสัญญาณที่ 1 จะมีค่าตั้งแต่ 50 ถึง1 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่า 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีความเร็วสูงสุด .

ค) การบินไปด้านหน้า

เมื่อเครื่องบินลอยตัวไปยังระดับความสูงที่ต้องการแล้ว โยกคันเร่งขวาไปข้างหน้า เพื่อบังคับทิศทางให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปทางข้างหน้าตามรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 หน้าจอแสดงช่องสัญญาณที่ 2 ในการบินไปข้างหน้า

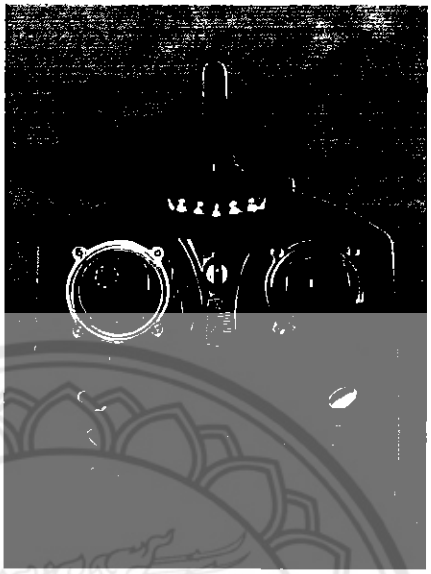


รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบความเร็วในการบินไปด้านหน้า

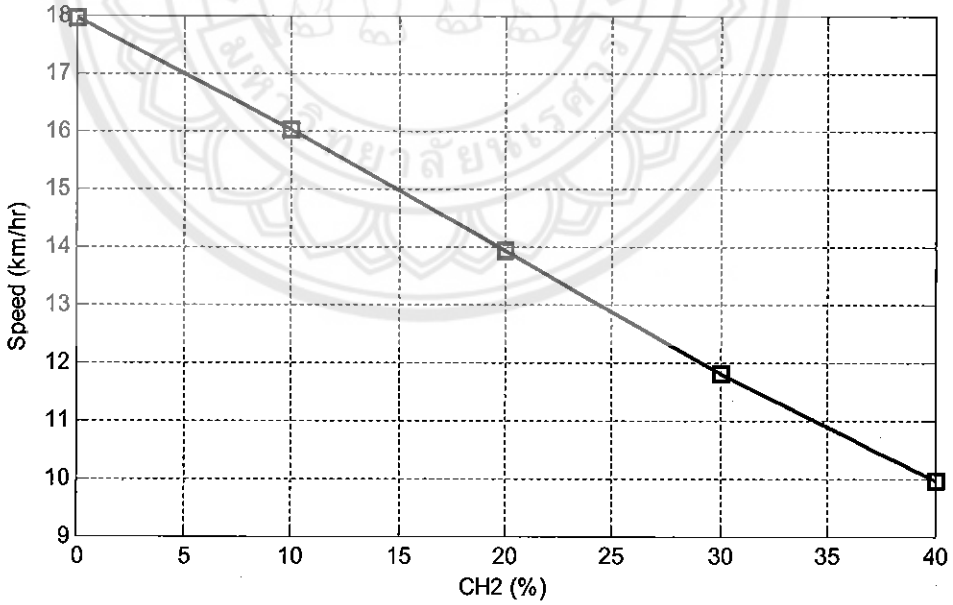
จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการบินไปทางซ้ายค่าเปอร์เซ็นต์ของช่องสัญญาณที่ 2 จะมีค่าตั้งแต่ 50 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่า 100 เปอร์เซ็นต์จะมีความเร็วสูงสุด

ง) การบินถอยหลัง

เมื่อเครื่องบินลอยตัวไปยังระดับความสูงที่ต้องการแล้ว โยกคันเร่งขวาไปข้างหน้าเพื่อบังคับทิศทางให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปทางข้างหน้าตามรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 หน้าจอแสดงช่องสัญญาณที่ 2 ในการบินไปข้างหลัง



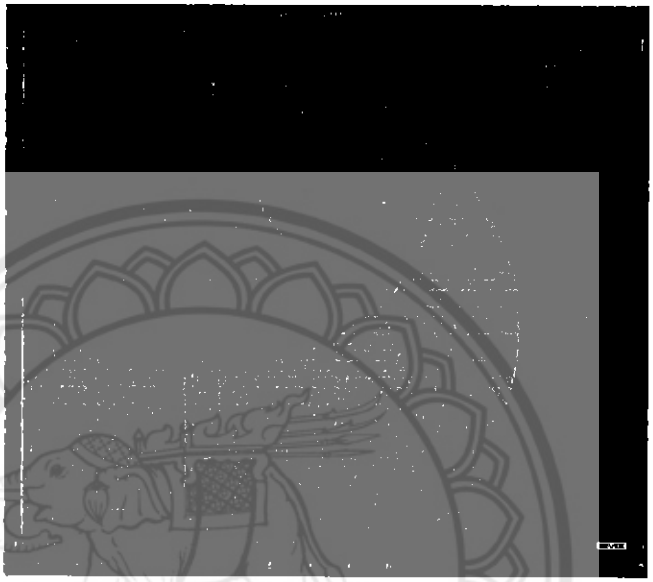
รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบความเร็วในการบินถอยหลัง

จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการบินไปทางซ้ายค่าเปอร์เซ็นต์ของช่องสัญญาณที่ 2 จะมีค่าตั้งแต่ 50 ถึง 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่า 0 เปอร์เซ็นต์จะมีความเร็วสูงสุด

4.3 การส่งสัญญาณภาพ

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์กล้องวีดิทัศน์เข้ากับตัวเครื่องบินแล้ว ได้มีการทดสอบการส่งสัญญาณภาพจากการสำรวจโดยการ ขึ้นบินสำรวจสถานที่ดังต่อไปนี้

4.3.1 ภาพนิ่งจากการสำรวจสภาพภายนอกของเครื่องทำความเย็น อาคารอเนกประสงค์ ม.นเรศวร



รูปที่ 4.13 สภาพภายนอกของเครื่องทำความเย็นของอาคารอเนกประสงค์ ม.นเรศวร

4.3.2 ภาพนิ่งจากการสำรวจหม้อแปลงไฟฟ้าหน้าหอพักบ้านไออุ่น

รูปที่ 4.14 ภาพถ่ายหม้อแปลงไฟฟ้าหน้าหอพักบ้านไออุ่น รูปที่ 1

รูปที่ 4.15 ภาพถ่ายหม้อแปลงไฟฟ้าหน้าหอพักบ้านไออุ่น รูปที่ 2

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานเครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูงนี้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งคือส่วนของโปรแกรมซึ่งส่วนของโปรแกรมนี้เป็นซอฟแวร์สำเร็จรูปที่ถูกตั้งค่ามาพร้อมกับบอร์ดควบคุมเครื่องบินเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ส่วนที่สองคือส่วนของโครงสร้างเครื่องบินบังคับซึ่งประกอบด้วยชุดกล้องวีดีทัศน์ถ่ายภาพทางอากาศ ชุดโครงสร้างสำหรับติดตั้งกล้อง ซึ่งการทำงานของเครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูงนี้ สามารถบินขึ้นไปเพื่อสำรวจการเสียหายเบื้องต้น เช่น การขึ้นไปสำรวจอาคารที่เกิดไฟไหม้หรือทรุดตัวว่ามีความเสียหายมากน้อยเพียงใดเพื่อการวิเคราะห์พิจารณาถึงความปลอดภัยที่จะส่งเจ้าหน้าที่ขึ้นไปซ่อมแซม และสามารถบินขึ้นไปสำรวจสายฟ้าแรงสูงที่เกิดการชำรุดเพื่อเป็นการประหยัดเวลาและหลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่อเจ้าหน้าที่ขึ้นไป โดยเครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูงจะทำการบินไปยังจุดที่ต้องการสำรวจและถ่ายทอดภาพแบบเวลาจริงลงมายังอุปกรณ์รับสัญญาณและส่งมาแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีโปรแกรมที่สามารถบันทึกภาพได้ทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวเก็บไว้เพื่อเปิดตรวจสอบความละเอียดของภาพที่ได้ ทั้งนี้ผู้จัดทำได้ทำการทดสอบเครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูง เพื่อหาศักยภาพในหลายๆด้าน เช่น ความเร็วในการเคลื่อนที่แนวระดับ ความเร็วการลอยตัวแนวดิ่ง การกินกระแสของมอเตอร์ทั้งหมดในระดับเปอร์เซ็นต์ต่างๆที่อ้างอิงจากรีโมทคอนโทรล

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

1) กล้องวีดีทัศน์ที่ติดตั้งขึ้นไปกับตัวเครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูงนี้ มีความละเอียดไม่เพียงพอเท่าที่ควรจึงทำให้การถ่ายทอดภาพไม่ชัดเจนเท่าที่ควร แนวทางการแก้ไขนี้คือสมควรใช้กล้องวีดีทัศน์ที่มีความละเอียดมากขึ้น ซึ่งจะมีความละเอียดเหมาะสมตามต้องการ
2) เครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูงนี้เป็นต้นแบบการทดลองจึงเป็นเครื่องบินที่มีน้ำหนักเบาและมอเตอร์ที่มีขนาดเล็กแรงลมจึงมีผลอย่างมากต่อการลอยตัวซึ่งเมื่อลมแรงจะทำให้การลอยตัวไม่นิ่งเท่าที่ควรการถ่ายทอดภาพจึงเป็นไปได้ค่อนข้างยาก แนวทางแก้ไขคือบินขึ้นสำรวจตอนที่ไม่มีกระแสลมแรงหรือบินวนซ้ำๆไปหลายๆรอบเพื่อคัดเลือกภาพนิ่งหรือวีดิทัศน์ที่ชัดเจนที่สุดมาพิจารณา

3) เครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูงนี้ มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณซึ่งจะอยู่ที่ระยะ 50 ถึง 80 เมตร แนวทางการแก้ไขคือ ใช้อุปกรณ์ที่มีการรับ-ส่งสัญญาณได้ไกลกว่านี้ซึ่งจะมีราคาที่สูงตามศักยภาพของอุปกรณ์

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

เครื่องบินบังคับเพื่อการสำรวจในที่สูงนี้เป็นต้นแบบจำลองที่มีขนาดเล็กซึ่งประสิทธิภาพการบินโต้ลมและการลอยตัวแบบสมดุลนั้นยังไม่ดีพออีกทั้งกล้องวีดีทัศน์ที่นำมาใช้ยังเน้นไปทางด้านขนาดและน้ำหนักเพื่อให้เกิดความสมดุลกับสมรรถนะของเครื่องบินบังคับ แนวทางในการศึกษาและพัฒนาต่อไปทำได้โดยการเพิ่มขนาดของเครื่องบินและเพิ่มขนาดของมอเตอร์ซึ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพในการบินโต้ลมและการลอยตัวแบบสมดุลได้ ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรับน้ำหนักของกล้องวีดีทัศน์ซึ่งขนาดและน้ำหนักที่สามารถรับได้มากขึ้น จะส่งผลให้การถ่ายทอดภาพมีความคมชัดและมีประสิทธิภาพสำหรับการตรวจสอบมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ร้าน Arty Toy: สืบค้นวันที่ 14 กรกฎาคม 2557, จาก http://artytoy.tarad.com

[2] ร้านฮ็อบบี้ไทย: สืบค้นวันที่ 14 กรกฎาคม 2557, จาก http://www.boomerang-rc.com

[3] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยราชมงคลธัญบุรี: สืบค้นวันที่ 14 กรกฎาคม 2557, จาก http://www.research.rmutt,ac.th

[4] วรรณษมล กันภัย: สืบค้นวันที่ 14 กรกฎาคม 2557, จาก http://www.tdhobby.com

[5] Grant M. Ehrlich, "Lithium-Ion Batteries", In: Handbook of Batteries, 3rd ed.: New York: McGraw-Hill, 2002.

[6] ติวเตอร์ คณิต ฟิสิกส์.คอม: สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2557 ; จาก http://www.tutormathphysics.com/

ภาคผนวก

คู่มือการใช้งานเครื่องบินบังคับแบบสี่ใบพัด

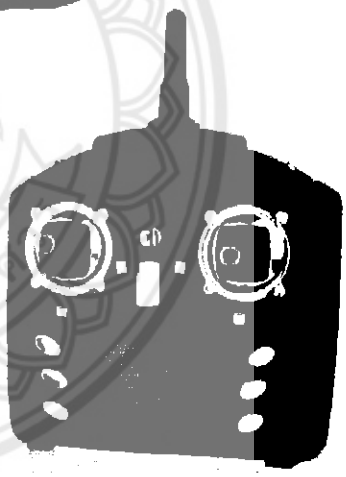
V262

WLTOYS

VERSATILE 6-AXIS GYROSCOPE QUADROCOPTER
多功能6轴陀螺仪四轴飞行器
INSTRUCTION MANUAL
使用说明书

Helicopter In The House!

2.4G WLTOYS



Contents

1	INTRODUCTION 前言
1~2	SAFETY NOTES 安全注意事项
2	PACKAGE ILLUSTRATION 包装说明
2	FITTING /UPGRADE PARTS 配件 /升级配件
3	NOMENCLATURE 飞行器各个部位名称
3	PARTS OF THE INSTALLATION 配件的安装
4	NOMENCLATURE 遥控器各部位名称
5	TRANSMITTER BATTERY INSTALLATION 遥控器电池安装
5	CHARGING BATTERIES 电池的充电 BATTERY AND CHARGER SPECIFICATION 电池与充电器相关规格
6	BINDING OF RADIO TRANSMITTER AND RECEIVER 遥控器与接收器的对接
6~7	FLIGHT ADJUSTMENT AND SETTING 飞行调节调整与设定
8~9	TROUBLE SHOOTING DURING FLIGHT 故障排除 飞行中状况
10~41	PARTS LIST 各种零件名称

Thank you for buying WLTOYS products. The V262 is the latest technology in Rotary RC models. Please read this manual carefully before assembling and flying the new V262 helicopter. We recommend that you keep this manual for future reference regarding tuning and maintenance.

承蒙阁下选用伟力遥控世界系列产品，谨表谢意。进入遥控世界之前必须告诉您许多相关的知识与注意事项，以确保您能够在学习的过程中始得心应手。在开始操作之前，请务必详阅本说明书，相信一定能够给您带来相当大的帮助，也请您妥善保管这本说明书，以作为日后参考。

1.INTRODUCTION 前言

Thanks for using witoys products.Helicopter is the first helicopter which can fly outdoor in a wild weather. In order to play Helicopter more convenient and easy, pleasure read it carefully before playing the helicopter.Meanwhile ,please keep it well,and take it for teference when adjustment and maintenance.

感谢您选购伟力产品！这是一台能在较小空间及室外飞行的4轴飞行器，为了让您更方便，更容易操控飞行器，请您仔细阅读完此说明书后，再操作这台飞行器。同时请你妥善保管这本说明书，作为日后调整及维修的参考。

flight vehicle can satify you whatever rainy or sunny,even when outdoor wild grade 3-4, it will keep moving.

飞行器，无论何时何地，不管晴天雨天，包括室外风力不大于3-4级，都可以满足您对飞行的渴望。

WARNING LABEL LEGEND 标志代表含义

⚠ WARNING 警告	Mishandling due to failure to follow these instructions may result in damage or injury. 因为疏忽这些操作说明，而使用错误可能造成财产损失或严重伤害。
⚠ CAUTION 注意	Mishandling due to failure to follow these instructions may result in danger. 因为疏忽这些操作说明，而使用错误可能造成危险。
⊘ FORBIDDEN 禁止	Do not attempt under any circumstances. 在任何禁止的环境下，请勿尝试操作。

IMPORTANT NOTES 重要声明

Helicopter is not a toy, miniature remote control four-axis aircraft, but there is still some risk of the matter with instructions to correctly use the model in accordance with the Security, the dismantling of any modification or improper use of the product are not familiar with may be dangerous to the risk of unexpected or accidental, please do not overlook.

四轴飞行器并非玩具，虽然是中型的遥控四轴飞行器，但是仍然有一定的危险性，请您依安全注意事项与操作说明来正确的使用该模型，任意的改装拆解或使用不当以及产品的不熟悉，都可能造成不可预期的危险或意外，请勿轻忽。

Manufacturer and dealer assume no liability for accidental damages by abnormal wear of parts,inproper assembly,or operation in unsafe manners.This product is intended for use by age 15 years or older.Please ensure the product is operated under safe environment.

注意！任何遥控飞行器的使用，制造商或经销商是无法对使用者零件使用的损耗异常，组装不当或不安全的环境操作所发生的意外负任何责任，本产品适用年龄15岁以上，请确保在安全无虞的环境下操作，产品售出题本公司不负责因不当操作/拆卸/改装所引起的财产损失与人身伤害。

We recommend that you seek the assistance or an experienced pilot before attempting to fly our products for the first time. A local expert is the best way to properly assemble, setup, and fly your model for the first time. The requires a certain degree of skill to operate, and is an item subject to normal wear and tear. Any damage or dissatisfaction as a result of accidents or modifications are not covered by any warrantee and cannot be returned for repair orreplacement. Please contact our distributors are not covered by any warranties and cannot discounted rates when you experience problems during operation or maintenance.

模型商品属于需高操作技术且为消耗性商品，如经拆装使用后，会造成不可预测情况零件损坏，任何使用情况所造成商品不良或不满意，将无法于保固条件内更换新品或退货，如遇有使用操作维修问题，本公司主营分公司或代理将提供技术指导，特价零件供应服务。

2. SAFETY NOTES 安全注意事项

⚠ CAUTION 注意

Fly inly insafe areas away from other people.Do not operate R/C aircraft within the cloinity of crowds or poople.R/C aircraft are prone to accidents ,failures,and responsible for their actions and damage or injury occurred during pilot error,and radio interference.pilots are responsible for their actions and damage or injury occurred during the operation or as of a result of R/C aircraft models.

遥控模型，四轴飞行器属于危险性商品，飞行时务必远离人群，人为操控不当或执件损坏，电子控制设备不良，以及操控上的不熟悉，都有可能导致飞行失控而伤害不可预期的意外，请飞行者务必注意飞行安全，并需了解自负疏忽所造成任何意外 之责任。

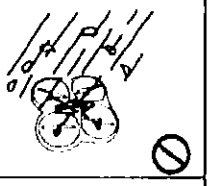
⊘ FORBIDDEN 禁止 Special designe for indoor & outdoor,please keep away from obstacle
室内、室外专用机，请远离障碍物

This product is suitable for indoor and outdoor(the wind grade should be no more than 4), please choose a place without obstacle, and keep distance from crowd and pets, don't play it under unsafty, for instance, heat source, wire or electonic power source, in order not to be damaged by collision landing, entanglement and lead to a fire, electric shock and cause losses of livps and property.

本产品适合室内、室外（包括室外风力不要大于4级）环境飞行的遥控飞行器，飞行时请妥善选择无障碍的室内、室外场地，并与人群或宠物等保持区当距离，切勿于不安全的环境下操作，如热源、电线、电源等处，以免飞行器撞损、坠降、纠缠而引起火灾，电击等危险，造成生命财产损失。

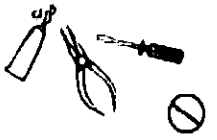
PREVENT MOISTURE 远离潮湿环境

R/C models are composed of many precision electrical components.It is critical to keep the model and associated equipment away from moisture and other contaminants.The introduction or exposure to water or moisture in any form can cause the midel to malfunction resulting in malfunction,or a crash .Do not operate or exposeTo rain or moisture.
飞行器内部也是由许多精密的电子零组件组成，所以必须绝对的防止潮湿或水汽，避免在浴室或雨天时使用，防止水汽进入机身内部而导致机件及电子零件故障而引发不可预期的意外!



PROPER OPERATION 勿不当使用本产品

To avoid potential fire hazard from batteries, please do not short, reverse polarity, or puncture batteries. Battery charging must be done under supervision at all times, and at location out of reach by children. Double check the four AA batteries are rechargeable NI-CD/MH batteries before charging. The manufacturer or this product will not be liable for accidental damages incurred by charging non-rechargeable batteries.
请勿任意拆卸或任意改造加工，任何的升级改装或维修，请使用作为产品目录的零件，以确保结构的安全，请确认于产品限界内操作，请勿过载使用，并勿用于安全法令外其它非法用途.

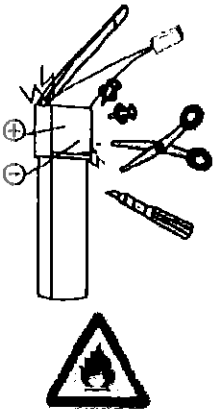


SAFETY NOTE FOR NI-MH BATTERIES 镍氢电池使用安全

Make sure the batteries are installed based on polarity indicated in the case and do not mix batteries of different chemistry/spec. Please take out the batteries if you are not going to use for a long time to avoid potential leakage which may damage the transmitter. Please dispose depleted batteries according to local laws and ordinances. Do not dispose improperly.
安装时请确认正负极位置，新旧电池请勿同时混用以免影响电池寿命，若长时间不使用本产品，请取出电池，以免造成电池漏液，故障，若电池有漏液状况请勿使用，废弃的电池，请依照该使用国家或地区的废弃物清理法令回收，切勿任意弃以免污染环境.

SAFETY NOTE ON LI-POLYMER BATTERIES 锂聚电池使用安全

LI Polymer batteries poses higher operational risks compared to other battery chemistry, thus it is imperative to follow its usage instructions. Manufacturer and dealer assume no liability for accidental damages caused by improper usage.
Do not use charger other than the factory supplied unit to avoid potential fire and explosion.
Do not crush, disassemble, burn, and reverse polarity. Avoid metallic materials to come into contact with battery"s polarity and cause it short and never puncture batteries to avoid fire hazards.
Battery charging must be done under supervision at all times, and at location out of reach by children.
Please stop the use or charge of the battery should there be an unusual increase in battery temperature after use. Continue use of this battery may cause it to expand, deform, explode, or even result in fire hazards.
Please dispose depleted batteries according to local laws and ordinances. Do not dispose improperly.
锂聚电池较其它电池有更高的危险性，使用锂聚务必详读并遵照下列注意事项使用本电池，本公司将不对任何不当使用所造成的损害负责。
严禁使用原厂以外的充电器进行充电，以免发生爆炸起火的危险.
严禁撞击、拆解、正负极反接、短路电池，避免金属物品碰触电池正负极造成短路，并请防止尖锐的物品刺穿电池，以避免电池起火的危险.
充电时请适当小心，确保在您的视线范围内进行充电，并远离幼童可以接触的地方，以免发生危险.
电池使用后如有发热情况，严禁充电，否则会造成电池膨胀、变型、爆炸甚至起火燃烧，危害生命财产的安全.
废气的电池，请严格依照该使用国家或地区的废弃物清理法令回收，以免污染环境.

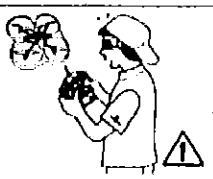


KEEP AWAY FROM HEAT 远离热源

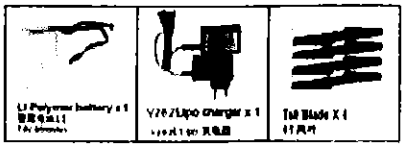
R/C models are made of various forms or plastic. Plastic is very susceptible to damage or deformation due to extreme heat and cold climate .Make sure not to store the model near any source of heat such as an oven,or heater .It is best to store the model indoors ,in a climate-controlled,room temperature environment.
飞行器多半是以PA纤维或聚乙烯，电子产品为主要材料质，因此要尽量远离热源，日晒，以避免因高温而变形甚至有损坏的可能.

OBTAIN THE ASSISTANCE OF AN EXPERIENCED PILOT 避免独自操控

The products are suitable for more than 15 years old age.
at the beginning it will have some certain difficulty in learing, suggestion guidance by exprienced when playing.
本产品适用年龄15岁以上，遥控四轴飞行器在学习初期有着一定难度，建议要有经验的人士在旁指导才可以飞行.

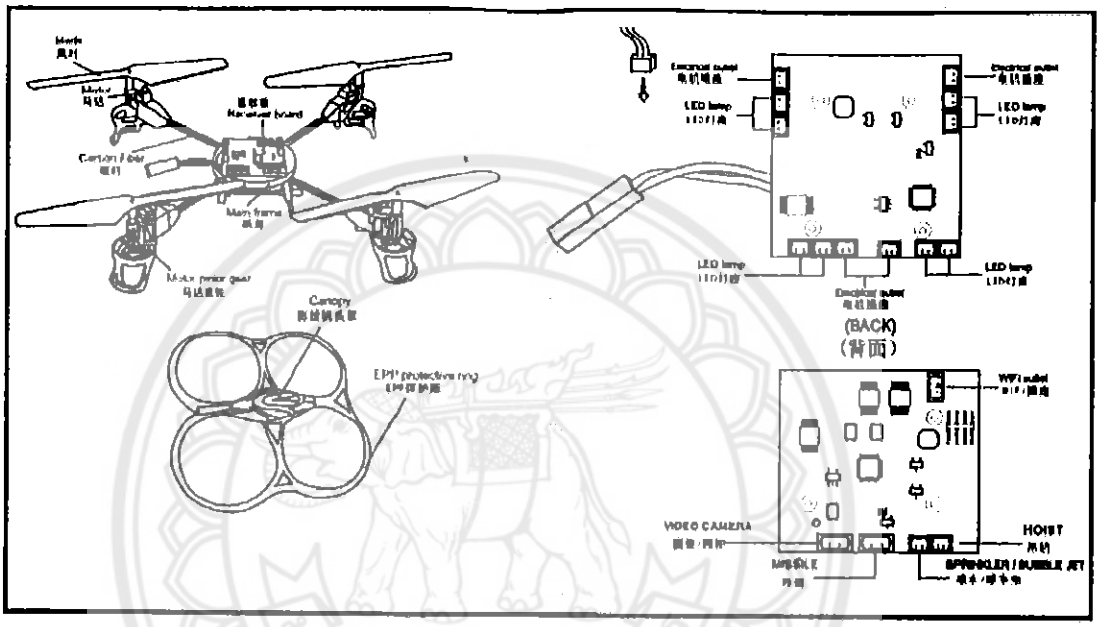


3. FITTING配件

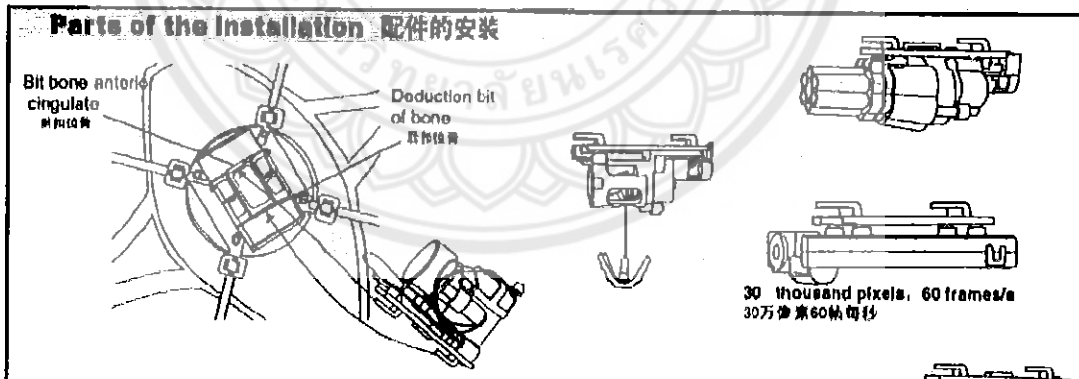


UPGRADE PARTS 升级配件

4.NOMENCLATURE 飞行器各部位名称

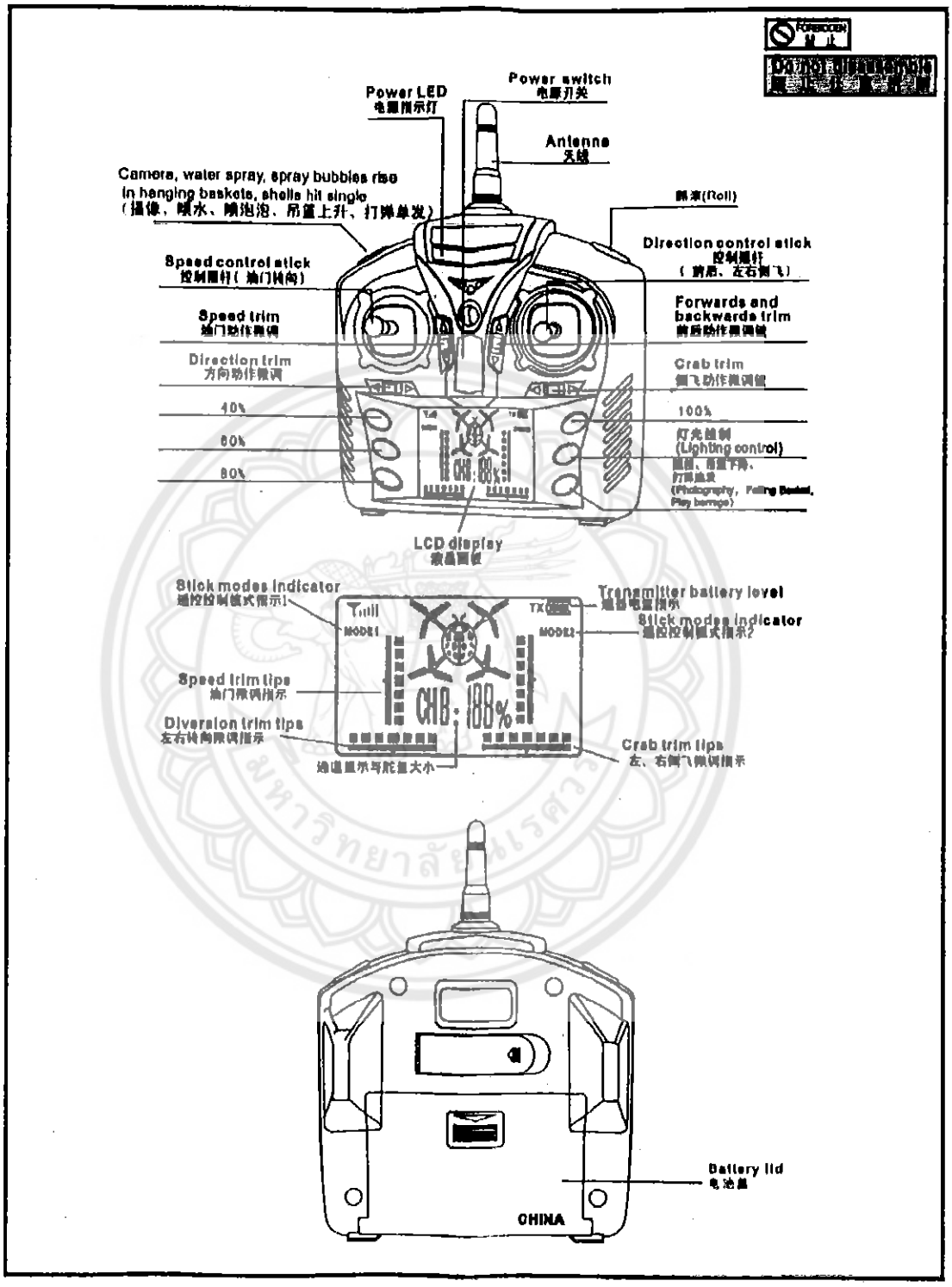


Parts of the installation 配件的安装

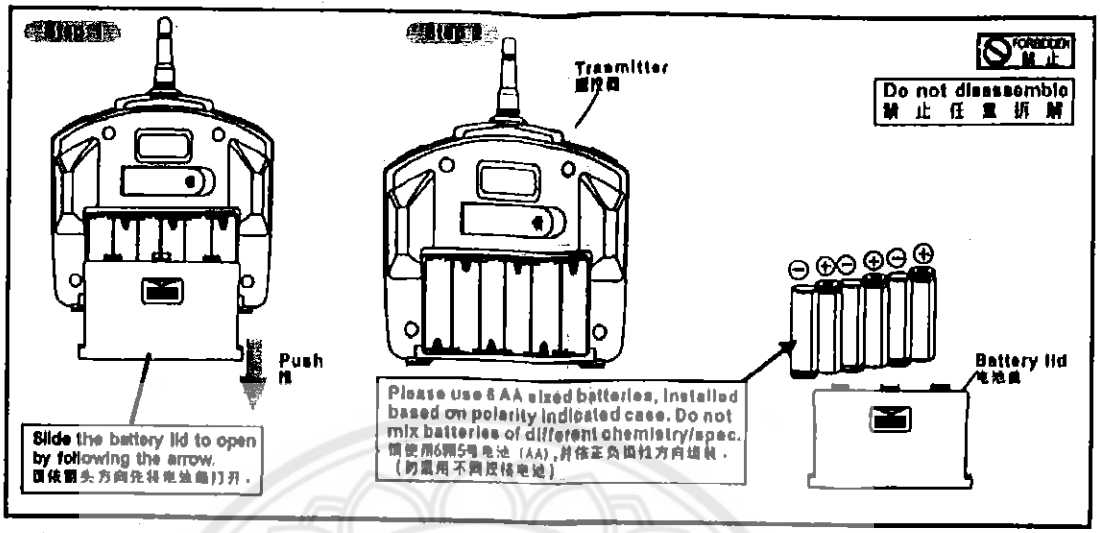


Turn the spacecraft and place on aflat position,push accessories to the position at the mbottom of fusolage as shown,
The accessory buckle bit aligned base toward the front buckle bit Arrow bone, firmly press the arrow fastened
将飞行器反过来置于平坦位置后，将相应各配件依图所示方向推入机身底部至定位.
将配件扣位箭头朝前方.对齐底座扣位骨，用力按箭头方向扣紧

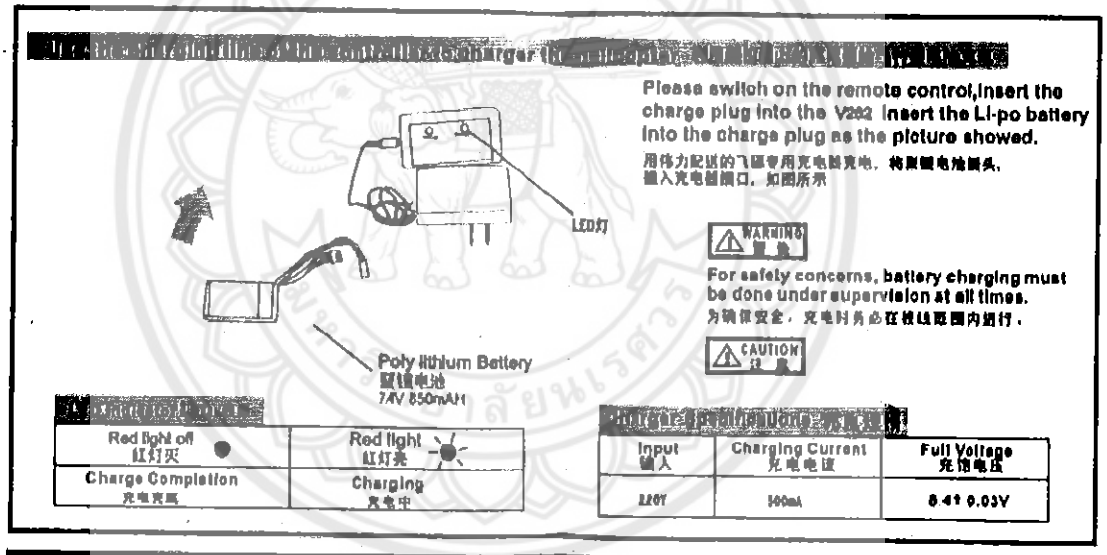
5.NOMENCLATURE 遥控器各部位名称



6.TRANSMITTER BATTERY INSTALLATION 遥控器电池安装



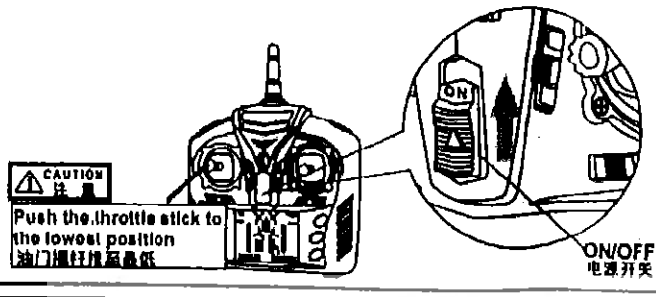
7.CHARGING BATTERIES 电池的充电



8.BATTERY AND CHARGER SPECIFCATION 电池与充电器相关规格

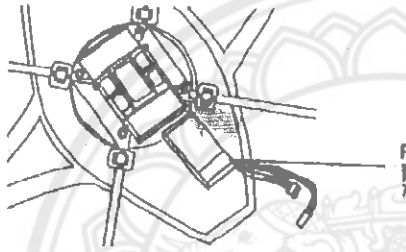
Battery type 电池种类	Battery Specification 电池规格	Usage Duration 可使用时间		Charge Time 充电所需时间
Poly lithium Battery 聚锂电池	7.4，850mAH	UFO flight time 飞碟飞行时间	Approx. 7-8Minutes 约7-8分钟	500 ma. About 60 minutes 500mA.约60分钟
Carbon-Zinc (Non Rechargeable) 碳锌电池（不可充电）	1.5V (GP 15G R6P)	Transmitter Operation Time 供遥控器开机时间	10 Hours 10小时	Non Rechargeable 不可充电

9.BINDING OF RADIO TRANSMITTER AND RECEIVER 发射器与接收器的对频



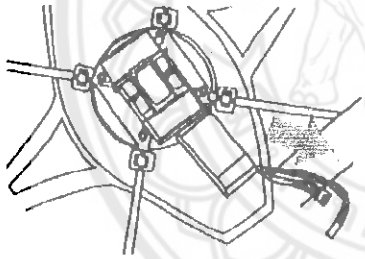
The throttle stick to the bottom, turn the remote control power.

将油门摇杆推至最低，打开遥控器电源。



The vehicle on a flat position, the LI-PO battery in the direction shown by electrical socket pushed into position, the board flashes at this time not to move the body, so the frequency remote control gyro reading neutral point, 3 seconds after pushing the joystick to the highest, and then pulled the lowest point Receiver board lights stop flashing on the code completion

将飞行器置于平坦位置后，将LI-po电池依图所示方向插入电源座至定位，主板指示灯闪烁此时不要再移动机身，使遥控器对风车陀螺仪读取中立点，3秒后把摇杆推向最高，然后拉到最低，此时接收板灯停止闪烁对码完成



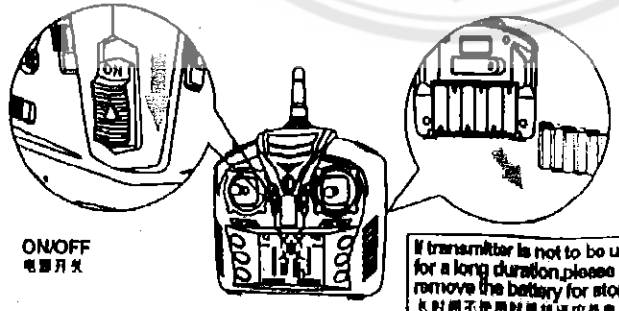
Remove the flight vehicle battery safely at the conclusion of flight .this should be made into a post flight habit to acoid unforeseeable problems.

结束飞行时，请将飞行器电池安全取下，请养成良好习惯以免造成遗憾。

WARNING
警告

Warning: If left connected in the flight vehicle for long duration,the battery may be damaged due to over-discharge,or even become fire hazards.

电池未取下，将导致电池过放电而损坏，甚至造成起火燃烧的危险。



Turn off the transmitter.if transmitter is not to be used for a long duration,please remove the battery for storage.

关闭发射器电源，长时间不使用时请将遥控器电池取出并妥善保管。

WARNING
警告

Warning:if the AA batteries are left in the transmitter,potential leakage could occur which may damage the transmitter,and create fire hazards.

电池未取下，将导致电池漏液损坏遥控器，甚至造成起火燃烧的危险。

10.FLIGHT ADJUSTMENT AND SETTING 飞行调整与设定

PLEASE PRACTICE SIMULATION FLIGHT BEFORE ACTUAL FLYING 请在实际飞行前先练习模拟飞行

Before you are familiar with the flight vehicle,pleasure don ' t set it fly,read the instruction carefully.
Ger familiar with all kinds of direction control and keep repeating until you can play it as you perform your wishes
1.Place the flight vehicle a clear open field and the tail of helicopter point to yourself.
2.Practice to operate the throttle stick(as below illustration)and repeat practicing
" Throttle high/low ", " Aileron left/right ", " Rudder left/right " ,and " Elevator up/down ".
3.The simulation flight practice is very important,please keep practicing until the fingers move naturally when you hear operation orders being call out

在还没有了解飞行器各个动作的操控前，严禁离机飞行，请先阅读说明书，熟悉各种方向的操控并不断的重复，
直到手指可熟练的控制各种动作以及方向.
1、将飞行器在空旷的地方，并将飞行器背面对准自己.
2、练习操作遥控器的各摇杆（各动作的操作方式如下图），并反复练习油门高/低、副翼左/右、升降舵前/后及方向舵左/右操作方式.
3、模拟飞行的练习相当重要，请重复练习直到不需要思索，手指能自然随着喊出的指令移动控制.

Mode	Illustration 图示	Mode	Illustration 图示
Aileron 副翼	Move left 左移 / Move right 右移	Throttle 油门	Ascent 上升 / Descent 下降
Elevator 升降/俯仰	Fly forward 前进 / Fly backward 后退	Rudder 方向	Turn left 左旋 / Turn right 右旋

FLIGHT ADJUSTMENT AND NOTICE FOR BEGINNER 初学者飞行调整与注意

CAUTION 注意

- Check if the screws are firmly tightened
- Check if the transmitter and receivers are fully charged.
- 再次确认螺丝是否锁紧?
- 发射器和接收器电池是否足够.

When arriving at the flying field.
请在没有人及障碍物的空旷室内、室外飞行

CAUTION 注意

- Make sure that no people or obstructions in the vicinity.
- You must first practicehovering for flying safety.this is a basic flight action. (flight vehicle means keeping the helicopter in mid air in a fixed position)
- Please stand approximately 2m diagonally behind the helicopter.
- 确认练地区没有人和障碍物.
- 为了飞行安全，你必须先练习停悬，这是飞行动作的基础（停悬：飞行机得固空中并保持固定位置）.
- 练习时，请站在飞行器后方2公尺.

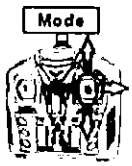
STEP 1 THROTTLE CONTROL PRACTICE 油门控制练习

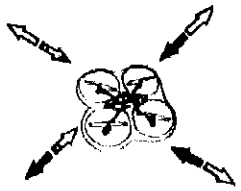
Mode

When the flight vehicle begins to lift-off the ground,slowly reduce the throttle to bring the flight vehicle back down. Keep practicing this action until you control the throttle smoothly.

当飞行器离地后，慢慢降低油门将飞行器降下.
持续练习飞行器从地面上升和下降知道你觉得油门控制很顺.

STEP 2 AILERON AND ELEVATOR CONTROL PRACTICE 副翼和升降控制练习





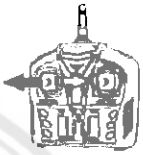
1.慢慢升起油门摇杆
2.使飞行器依指示：移动向后/向前/向左向右，慢慢的反向移动副翼和升降摇杆并将飞行器开回原来位置.

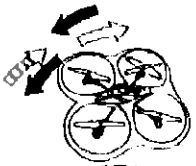
CAUTION 注意

- If the nose of the flight vehicle moves,please lower the throttle stick and tangd the flight vehicle.Then move your position diagonally behind the flight vehicle 2m and continue practicing.
- If the flight vehicle flies too far away from you,please land the flight vehicle and move your position behind 2m and continue practicing
- 当飞行器偏移时，请降低油门并且降落，然后移动到自己的位置到飞行器的正后方2公尺再继续练习.
- 假如飞行器离你太远，请先降飞行器，并到飞行器后2公尺再继续练习.

STEP 3 RUDDER CONTROL PRACTICING 方向控制练习

1.Slowly raise the throttle stick.
2.Move the nose of the flight vehicle to right or left,and then slowly move the rudder stick in the opposite direction to fly back to its original position.
1.慢慢升起油门摇杆
2.将飞行器左右移动，然后慢慢的反向移动方向舵摇杆并将飞行器飞回原来的位置.





STEP 4

After you are familiar with all actions from Step 1 to 3 ,draw a circle on the ground and practice within the circle to increase your accuracy.
当你觉得Step1-3动作熟悉了，在地上画圆圈并在这个圆圈的范围内练习飞行，以增加你的操控的准确度.
- You can reduce the size of the circle as you become familiarized with the control reflexes.
- 当你更加习惯操作动作，你可以画更小的圆圈.

STEP 5 DIRECTION CHANGE AND HOVERING PRACTICE 改变飞行方向和悬停练习

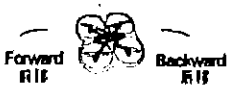
After you are familiar with Step 1 to 4, stand at side of the helicopter and continue practicing Sterp 1 to 4.
Ther repeat the Step 1 to 4 by standing in front of the helicopter.
当你更得step1-4动作熟悉了站在面对飞行器侧边并继续练习step1-4.之后，站在飞行器前方重复步骤练习.

ADJUSTMENT OF EACH TRIM 飞行动作微调

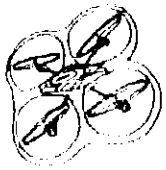
Slowly raise the throttle stick and just as the helicopter lift-off the ground,
you can use the trim to correct the action if the helicopter leans in a different direction.
慢慢升起油门摇杆，当飞行器刚刚离开地面时，若飞行器倾向不同方向，可使用微调修正动作.

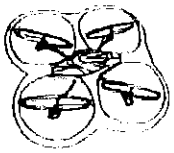
1.Adjustment of rudder trim 调整方向舵微调
Just before the helicopter lift-off, the nose lean left/right...
When leans right, adjust the trim to left side.
When leans left, adjust the trim to right side.
在飞行器正要起飞时，飞行器机头左/右方向倾斜...
向右偏移时，微调向左调整.
向左偏移时，微调向右调整.

2.Adjustment of elevator trim 调整升降舵微调
Just before the helicopter lift-off, the nose lean forward/backward...
When leans forward, adjust the trim to down.
When leans backward, adjust the trim up.
在飞行器正要起飞时，飞行器机头前/后方向倾斜...
向前偏移时，微调向下调整.
向后偏移时，微调向上调整.



3.Adjustment of aileron trim 调整副翼微调
Just before the helicopter lift-off, the body lean left/right...
When leans right, adjust the trim to left side.
When leans left, adjust the trim to right side.
在飞行器正要起飞时，飞行器机左/右方向倾斜...
向右偏移时，微调向左调整.
向左偏移时，微调向右调整.





Stable, flexible, flight routes,
Drift, 3D to roll easily
飞行稳定、灵活、航线、
甩尾、3D翻滚动作轻松实现

★ The current face of the basic movements are skilled when you can play some thrilling tumbling action, and then click on any rudder upper right corner of the remote control buttons, the remote emits a continuous sound drops, this time into the 3D rollover state, then hit the remote control joystick in any direction to achieve 3D tumbling.

★当前面的基本动作都很熟练时就可以玩一些惊险的翻滚动作，再任何舵量按一下遥控器右上角按键，遥控器发出连续的滴滴响声，此时进入3D翻滚状态，这时打遥控器摇杆任何方向实现3D翻滚.

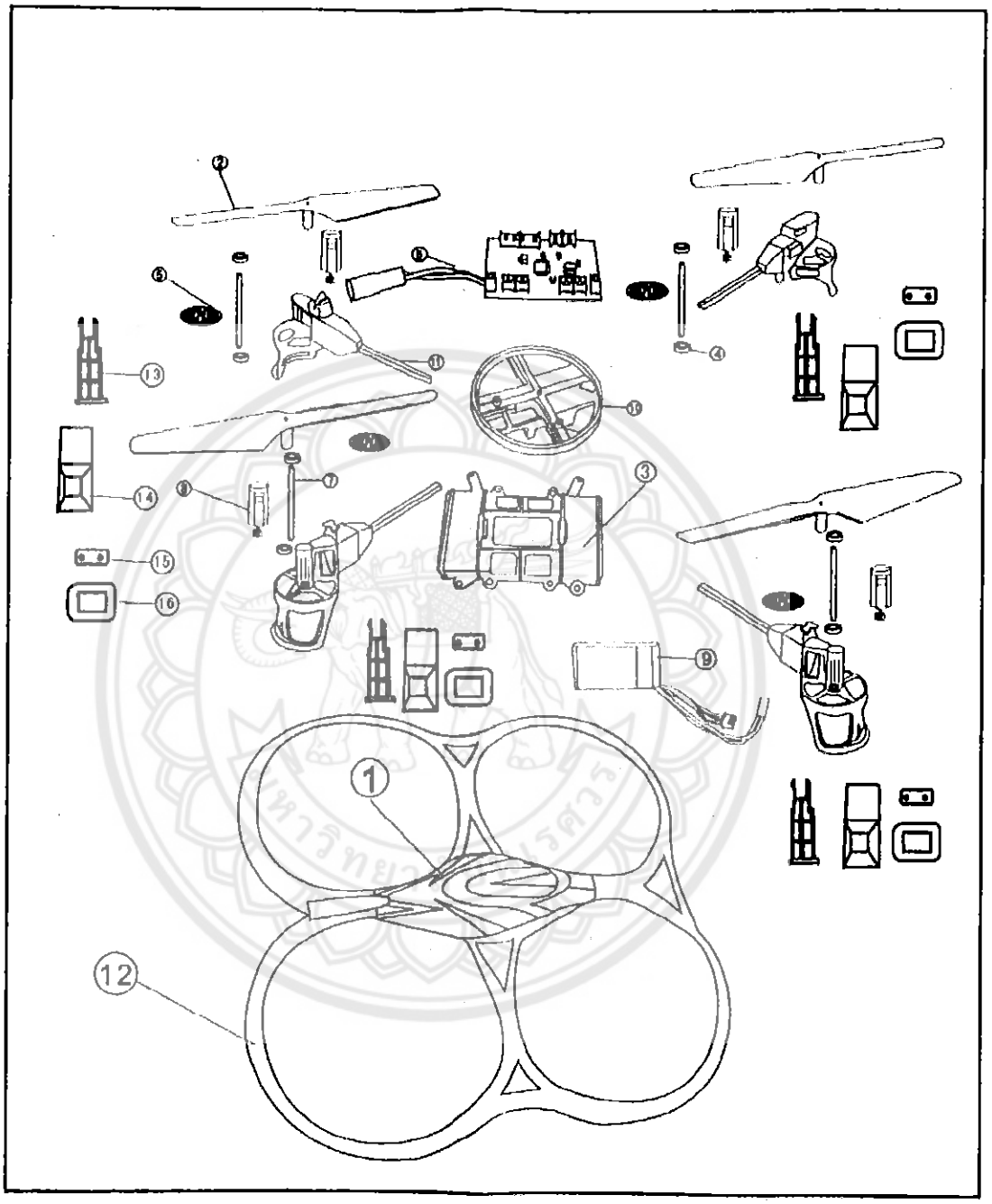
★ Hinweis: Wenn Schwebeluftfahrzeug abgewichen mehr, das Fahrzeug auf einem ebenen Boden und setzen Sie dann die Fernbedienung Ruder Größe bis 100%, die Feinabstimmung Gyrus, während der Fernbedienung zwei Joysticks, um am Ende in die linke untere Ecke spielen etwa 2 Sekunden, dann das Flugzeug Motherboard Licht blinkt, lassen Sie den Hebel, der Vorstand für 2 Sekunden blinkt, dann hört auf zu blinken, ist die Kalibrierung bit abgeschlossen.

★注意：当飞行器悬停偏离较多时，把飞行器平放在平坦的地面上然后把遥控器舵量大小调到100%，各微调回中，同时把遥控器的两个操纵杆向左下角打到底约2秒钟，此时飞行器主板指示灯闪烁，松开操纵杆，主板闪烁2秒钟后停止闪烁，校准中位完成.

11.TROUBLE SHOOTING DURING FLIGHT 如何排除飞行中的状况

	Situation 状况	Cause 原因	Way to deal 对策
1	Receiver status LED blinks continuously for more than 4 seconds after helicopter battery inserted. No response to control input. 接上飞行器电池接收器指示灯持续闪烁，操作无反应	Unable to bind to transmitter. 遥控器与接收器未对码成功	Repeat the power up initializing process. (Refer to P.6:Binding of radio transmitter and receiver) 重从新执行遥控器与接收器的对码动作（请参阅P.6遥控器与接收器的对码）
2	No response after battery is connected to helicopter. 接上飞行器电池后飞行器没有任何反应	1.power to transmitter and receiver. 2.Check transmitter and receiver voltage. 3.Poor contact on battery terminals. 1 检查遥控器和接收器是否接通电源 2 检查遥控器和接收电池的电压 3 电池极片接触不良	1.Turn on transmutter and ensure flight vehicle battery is inserted properly. 2.Use fully charged batteries. 3.Re-seat the battery and ensure good contact between battery contacts. 1 打开发射器与确实插入飞行器电池正常位 2 使用完全充电充饱的电池 3 从新插入电池，确认电池和电池极片的接触是否正常
3	Motor does not respond to throttle stick, receiver LED flashes. 推动油门摇杆时马达不转，且接收器指示灯开始闪烁.	Helicopter battery depleted. 飞行器锂电池电量不足	Fully charge the battery, or replace with a fully charged battery. 将电池充电或更换另一个充饱的电池
4	Main rotor continue to spin after landing 降落之后，主旋翼仍在旋转未停止	Throttle trim accidentally increased during flight. 飞行中误将油门微调调高	Confirm throttle trim is in center or slightly below. 确认油门微调在中间位置或是稍微向下调
5	Main rotor spins but unable to takeoff. 飞行器主旋翼有持续转动但不能起飞	1.Deformed main blades. 2.Helicopter battery depleted 1 主旋翼变形 2 飞行器电池电量不足	1.Replace main blades 2.Charge or replace with a fully charged battery. 1.更换主旋翼 2.将电池充电或是更换另一个充饱的电池
6	Strong vibration of helicopter 飞行器震动得很厉害	1.Deformed main blades 1.主旋翼变形	1.Replace main blades 1.更换主旋翼
7	Tail still off trim after tab adjustment, or inconsistent speed during left/right pirouette. 已调整方向微调，但机身仍会打转、左旋/右旋速度不一致	1.Damaged tail rotors 2.Damaged tail drive motor 1 旋翼变形 2 马达不良	Replacement of the main wing Replace the main motor 更换主翼 更换主马达
8	Helicopter still wonders forward after trim adjustment during hover. 飞行器全自动悬停后偏移	1.Elevator servo not level during power up. 2.Elevator pushrod too long or too short. 开机后中点不对.	The boot will IIht fine-tune the normalized neutral point, the new boot. 开机后将方向微调打中立点，从新开机.
9	Can not fly the aircraft tall 飞行器起落后飞不起来	1、motor fall out 2、gear loosen 1、电机脱落 2、牙轮松脱	1、Install the motor again 2、tighten the gear 1、从新装回电机 2、拧紧轮装置

12.PARTS LIST 各种零件名称



ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายพยนต์ ทรัพย์พัตร

ภูมิลำเนา 20 หมู่ 8 ต.สามง่ามท่าโบสถ์ อ.หันคา จ.ชัยนาท

ประวัติการศึกษา

– จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนชัยนาทพิทยาคม

– ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 6 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: payon_010833@hotmail.co.th

ชื่อ นายภาณุพงศ์ คงเวทย์

ภูมิลำเนา 102/6 หมู่ 5 ต.บ้านไร่ อ.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

– จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบ้านไร่พิทยาคม

– ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 6 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: panupong_seal1993@hotmail.com