รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
1.1	ระบบควบคุมสำหรับหุ่นยนต์สี่ใบพัด	2
1.2	แผนภาพระบบควบคุมที่ออกแบบขึ้นในอดีต	3
2.1	โครงสร้างของหุ่นยนต์สี่ใบพัด	6
2.2	(ก) การเคลื่อนที่ขึ้น, (ข) การเคลื่อนที่ลง	7
2.3	(ก) การเคลื่อนที่ไปด้านหน้า, (ข) การเคลื่อนที่ไปด้านหลัง	7
2.4	(ก) การเคลื่อนที่ไปด้านซ้าย, (ข) การเคลื่อนที่ไปด้านขวา	8
2.5	(ก) เคลื่อนที่หมุนตามเข็มนาฬิกา, (ข) เคลื่อนที่หมุนทวนเข็มนาฬิกา	8
2.6	หลักการของตัวตรวจวัดความเร่ง	9
2.7	หลักการของตัวตรวจวัดความเร็วเชิงมุม	11
2.8	Complementary Filter	13
2.9	(ก) สัญญาณดั่งเดิม, (ข) สัญญาณหลังผ่านตัวกรองด้วยจำนวนข้อมูล 11 ค่า	15
2.9	(ค) สัญญาณหลังผ่านตัวกรองด้วยจำนวนข้อมูล 51 ค่า	15
2.10	ระบบควบคุมพีไอดี	17
2.11	ระบบควบคุมแอลคิวอาร์	19
3.1	โครงหุ่นยนต์สี่ใบพัดยี่ห้อ Tarot รุ่น F450	20
3.2	(ก) ใบพัดแบบพลาสติก, (ข) ใบพัดแบบคาร์บอนไฟเบอร์	21
3.2	(ค) ใบพัดแบบไม้, (ง) ใบพัดแบบสามใบ	22
3.3	มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน	23
3.4	บล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์	23
3.5	มอเตอร์ไร้แปรงถ่านยี่ห้อ EMAX รุ่น GT2215	24
3.6	ตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์ยี่ห้อ Hobby Wing รุ่น Fly Fun 30 A	25
3.7	บอร์ด Arduino Mega 2560	26
3.8	ตัวตรวจวัด IMU เบอร์ MPU 6050	27
3.9	Flow Chart ของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สี่ใบพัด	29
3.10	โปรแกรม Tera Term	30
3.11	การกำหนดรูปแบบการเชื่อมต่อและอัตราบอตเรต	30
3.12	การติดตั้งอุปกรณ์ทดลองพร้อมเก็บผลการทดลองสำหรับการควบคุมมุม Roll และ Pitch	31
3.13	การติดตั้งอุปกรณ์ทดลองพร้อมเก็บผลการทดลองสำหรับการควบคุม Yaw	31

รายการรูปภาพ(ต่อ)

รูป **หน้า**

4.1 พารามิเตอร์สำหรับคำควณค่าความเฉื่อย 33
4.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมพีไอดี 35
4.3 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแอลคิวอาร์ 38
5.1 ผลการจำลองระบบควบคุมพีไอดีของมุม Roll 40
5.2 ผลการจำลองระบบควบคุมพีไอดีของมุม Pitch 40
5.3 ผลการจำลองระบบควบคุมพีไอดีของมุม Yaw 41
5.4 ผลการจำลองระบบควบคุมแอลคิวอาร์ของมุม Roll 42
5.5 ผลการจำลองระบบควบคุมแอลคิวอาร์ของมุม Pitch 43
5.6 ผลการจำลองระบบควบคุมแอลคิวอาร์ ของมุม Yaw 43
5.7 สัญญาณเอาต์พุตจากตัวกรองเติมเต็ม 45
5.8 ผลการทดลองตัวกรอง Kalman 47
5.9 ผลการทดลองระบบควบคุมพีไอดีของมุม Roll ด้วยอัตราขยายจากกาจำลองระบบ 48
5.10 แรงยกของแต่ละมอเตอร์ที่ใช้ของการควบคุมมุม Roll ด้วยอัตราขยายจากกาจำลองระบบ 48
5.11 ผลการทดลอง ระบบควบคุมพีไอดี ของมุม Pitch ด้วยอัตราขยายจากกาจำลองระบบ 49
5.12 แรงยกของแต่ละมอเตอร์ที่ใช้ของการควบคุมมุม Pitch ด้วยอัตราขยายจากกาจำลองระบบ 49
5.13 ผลการทดลอง ระบบควบคุมพีไอดีของมุม Yaw ด้วยอัตราขยายจากกาจำลองระบบ 50
5.14 แรงยกของแต่ละมอเตอร์ที่ใช้ของการควบคุมมุม Yaw ด้วยอัตราขยายจากกาจำลองระบบ 50
5.15 ผลการทดลองระบบควบคุมพีไอดีของมุม Roll ด้วยการปรับอัตราขยายบนระบบจริง 52
5.16 แรงยกของแต่ละมอเตอร์ที่ใช้ของการควบคุมมุม Roll ด้วยการปรับอัตราขยายบนระบบจริง 52
5.17 ผลการทดลอง ระบบควบคุมพีไอดีของมุม Pitch ด้วยการปรับอัตราขยายบนระบบจริง 53
5.18 แรงยกของแต่ละมอเตอร์ที่ใช้ของการควบคุมมุม Pitch ด้วยการปรับอัตราขยายบนระบบจริง 53
5.19 ผลการทดลอง ระบบควบคุมพีไอดีของมุม Yaw ด้วยการปรับอัตราขยายบนระบบจริง 54
5.20 แรงยกของแต่ละมอเตอร์ที่ใช้ของการควบคุมมุม Yaw ด้วยการปรับอัตราขยายบนระบบจริง 54
5.21 ผลการทดลองระบบควบคุมแอลคิวอาร์ของมุม Roll 56
5.22 แรงยกของแต่ละมอเตอร์ที่ใช้ของการควบคุมมุม Roll 56
5.23 ผลการทดลอง ระบบควบคุมแอลคิวอาร์ ของมุม Pitch 57
5.24 แรงยกของแต่ละมอเตอร์ที่ใช้ของการควบคุมมุม Pitch 57

รายการรูปภาพ(ต่อ)

รูป **หน้า**

5.25 ผลการทดลอง ระบบควบคุมแอลคิวอาร์ ของมุม Yaw 58
5.26 แรงยกของแต่ละมอเตอร์ที่ใช้ของการควบคุมมุม Yaw 58