

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นFiO Standard	5
2.2 เซนเซอร์วัดความเร่งและเซนเซอร์วัดความเอียงชนิด MEM 5DOF (5Degree Of Freedom)	6
2.3 การทำงานสมการ Kalman Filter	8
2.4 กระบวนการทำงานของสมการKalman Filter	9
2.5 บอร์ดสำเร็จรุ่นET- MOSFET DC MOTOR DRIVER	10
2.6 การจัดเรียงขาขั้วต่อ 5 ขา บนบอร์ด	11
2.7 ฟังก์ชันการทำงานของตัวควบคุมแบบสัดส่วน	13
2.8 ฟังก์ชันการทำงานของตัวควบคุมแบบอินทิเกรต	13
2.9 ฟังก์ชันการทำงานของตัวควบคุมแบบอนุพันธ์	13
2.10 การทดสอบระบบด้วยวิธีการของZiegler-Nichols Compensation	14
2.11 ลักษณะของผลตอบสนองที่ได้จากวิธีของZiegler-Nichols Compensation	14
2.12 โครงสร้างพื้นฐานของตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control	16
2.13 ทิศทางแรงที่ต้องจ่ายให้มอเตอร์ เพื่อต้นแบบระบบขับเคลื่อนล้อเดียวเกิดการรักษาสถิตในมุม ล้มหน้า	17
2.14 ทิศทางแรงที่ต้องจ่ายให้มอเตอร์เพื่อต้นแบบระบบขับเคลื่อนล้อเดียวเกิดการรักษาสถิตในมุม ล้มหลัง	18
2.15 โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา	19
2.16 โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา	19
2.17 ตัวอย่างของวัตถุอยู่ในสภาวะสมดุล	20
2.18 ตัวอย่างของคานลักษณะดีด	20
2.19 ตัวอย่างของคานอันดับที่ 1	21
2.20 ตัวอย่างของคานอันดับที่ 2	22
2.21 ตัวอย่างของคานอันดับที่ 3	22
2.22 แรงที่กระทำบนคานทั้งหมดตัวอย่างที่ 1	23
2.23 แรงที่กระทำบนคานทั้งหมดตัวอย่างที่ 2	24
3.1 แผนภูมิภาพแสดงการทำงาน	26-28
3.2 แรงที่กระทำต่อระบบขับเคลื่อนล้อเดียวรักษาสถิตแนวตรง	31
3.3 จุดเริ่มต้นของการวาดภาพบนโปรแกรมโชติติเวิร์ก	32
3.4 ระยะระหว่างจุดเริ่มต้นถึงจุดศูนย์กลางน้ำหนักบนโปรแกรมโชติติเวิร์ก	33

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.5 วงจรไฟฟ้าควบคุมชุดขับกำลังของมอเตอร์	34
3.6 แผนภูมิการสร้างโค้ดของไมโครคอนโทรลเลอร์	35
3.7 วงจรไฟฟ้ารับค่าจากสัญญาณเซนเซอร์	35
3.8 การวางตำแหน่งอุปกรณ์และน้ำหนักของอุปกรณ์	37
3.9 FBD ของโครงสร้างระบบขับเคลื่อนล้อเดียวรักษาสถิตแนวตรง	37
3.10 น้ำหนักทางด้านซ้ายของระบบขับเคลื่อนล้อเดียวรักษาสถิตแนวตรง	39
3.11 ระยะของแต่ละจุดซึ่งจุด L เป็นจุดอ้างอิง	40
3.12 แผนผัง BMD	45
3.13 FBD ของแรงเมื่อพิจารณาจากน้ำหนักแบตเตอรี่	46
3.14 โครงสร้างบนโปรแกรมเขียนแบบด้วยโซลิดเวิร์ค (Solid work)	47
3.15 ระบบขับเคลื่อนล้อเดียวรักษาสถิตแนวตรง	48
3.16 น้ำหนักด้านข้างของระบบขับเคลื่อนล้อเดียวรักษาสถิตแนวตรง	49
3.17 ค่ามุมของความเร่งลัพธ์ระหว่างความเร่งในแกน Y และแกน Z	49
3.18 สมการเซนเซอร์วัดความเร่งเพื่อหาค่ามุมบนโปรแกรมMATLAB TM	50
3.19 ความเร็วเชิงมุมของแนวแกน X	50
3.20 สมการการใช้เซนเซอร์วัดความเอียงบนโปรแกรมMATLAB TM	51
3.21 กระบวนการทำงานของสมการKalman Filter	51
3.22 สมการKalman FilterบนโปรแกรมMATLAB TM	55
3.23 โครงสร้างตัวควบคุมแบบPID Control	56
3.24 โปรแกรมตัวควบคุมแบบPID Control บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	56
3.25 ชุดการรับค่าและคำสั่งปรับตัวคอนโทรลเลอร์บนคอมพิวเตอร์	57
3.26 สัญญาณที่รับค่ามุมเมื่อปรับค่าอัตราการขยายที่ค่าเท่ากับ 500	58
3.27 โค้ดโปรแกรมในการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบPID Control	59
3.28 โครงสร้างการออกแบบตัวควบคุมแบบFuzzy logic control	60
3.29 รูปแบบของตัวควบคุมแบบFuzzy logic controlแบบหลายอินพุตและหนึ่งเอาต์พุต (Multi Input Single Output)	60
3.30 โครงสร้างพื้นฐานของตัวควบคุมแบบFuzzy logic control	60
3.31 รูปแบบการตั้งค่าตัวควบคุมแบบFuzzy logic controlบนโปรแกรมMATLAB TM	61
3.32 การกำหนดตัวแปรในรูปแบบเชิงภาษาของค่าความผิดพลาดบนโปรแกรมMATLAB TM	61

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.33 การกำหนดตัวแปรในรูปแบบเชิงภาษาของค่าอินทิเกรตความผิดพลาดบนโปรแกรมMATLAB TM	62
3.34 การกำหนดตัวแปรในรูปแบบเชิงภาษาของคลื่นสัญญาณPWM	62
3.35 การกำหนดค่าความผิดพลาดเพื่อนำมาวิเคราะห์พิจารณากฎของตัวควบคุมแบบ Fuzzy logic control	63
3.36 ความสัมพันธ์ระหว่างความผิดพลาดกับค่าของการอินทิเกรตความผิดพลาดของมุม	65
3.37 กฎของตัวควบคุมแบบFuzzy logic controlบนโปรแกรมMATLAB TM	67
3.38 ความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและค่าอินทิเกรตค่าความผิดพลาดในรูปแบบเชิงกราฟิก	67
3.39 โค้ดโปรแกรมการเขียนตัวควบคุมแบบFuzzy logic control	68
4.1 เซนเซอร์วัดความเร่งและเซนเซอร์วัดความเร็ว	70
4.2 การเปรียบเทียบค่ามุมที่ได้จากความเร่งลัพท์กับไม้ค้ำวงกลมที่มีสเกลมุมร่วมกับระดับน้ำ	71
4.3 ความถี่ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมของเซนเซอร์วัดความเร่งในแกนแนวดิ่งเปรียบเทียบกับ เวลาการทำงาน	72
4.4 การเปรียบเทียบระหว่างเซนเซอร์วัดความเร่งและเซนเซอร์วัดความเอียง	73
4.5 ผลค่ามุมที่ได้จากสมการKalman Filter กับมุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร่งการทำงานเปรียบเทียบกับ กับเวลาการทำงาน	74
4.6 ผลจากการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบPID	74
4.7 ผลจากการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control	75
4.8 ผลการเปรียบเทียบตัวควบคุมแบบPIDและตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control	75