

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 ส่วนประกอบต่างๆของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน	7
2.2 ส่วนสเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน	8
2.3 รูปแบบการพันขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน	9
2.4 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของวัสดุแม่เหล็กชนิดต่างๆในจุดภาคที่ 2	9
2.5 ส่วนโรเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน	10
2.6 ตัวตรวจจับฮอลล์เอฟเฟกต์ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน	11
2.7 สัญญาณของตัวตรวจจับฮอลล์เอฟเฟกต์	11
2.8 วงจรสมมูลมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน	12
2.9 แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับและกระแสไฟฟ้า	14
2.10 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านโดยใช้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์	16
2.11 สัญญาณHall Sensor, สัญญาณควบคุมสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทั้ง 6 ตัวแบบ PWM-ONเทคนิค แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ และ กระแสไฟฟ้าเฟส	17
2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดผ่านศูนย์กลางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับกับจุดคอมมิวเตชัน	20
2.13 ทิศทางไหลของกระแสไฟฟ้าช่วง S3 สวิตช์ Q_3 และ Q_6 ทำงาน	21
2.14 สัญญาณควบคุมสวิตช์สวิตช์ Q_1 และ Q_2 แรงดันไฟฟ้าเฟส A และกระแสไฟฟ้าเฟส A	23
2.15 แรงดันไฟฟ้าเฟส A เฟส B และ เฟส C	23
2.16 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ช่วงสวิตช์ Q_4 สถานะสัญญาณ On	24
2.17 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ช่วงสวิตช์ Q_4 มีสถานะสัญญาณ Off	25
2.18 ทิศทางการไหลของกระแส ช่วงสวิตช์ Q_3 สถานะสัญญาณ On	26
2.19 ทิศทางการไหลของกระแส ช่วงสวิตช์ Q_3 สถานะสัญญาณ Off	27
2.20 การหาจุดผ่านศูนย์กลางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับโดยการวัดแรงดันไฟฟ้าเฟสที่ถูกปล่อยลอย ช่วงขาขึ้นของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ	28
2.21 การวัดแรงดันไฟฟ้าเฟสในช่วงสัญญาณพัลส์วัดมอดูเลชัน	29
2.22 การคำนวณคาบเวลา ใน 1 รอบการหมุนทางไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลจากตำแหน่งจุดผ่านศูนย์กลางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ	31

รูป	หน้า
2.23 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน	32
2.24 การควบคุมแบบป้อนกลับโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PID	33
2.25 การเกิด Cogging Torque	35
2.26 แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับและกระแสไฟฟ้าเฟส	36
2.27 แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับและกระแสเฟสในช่วงนำกระแสและคอมมิวเตชัน กระแสช่วง S2 และ S3	37
2.28 การไหลของกระแสไฟฟ้าช่วงคอมมิวเตชันจาก S2 และ S3	40
2.29 กระแสไฟฟ้าระหว่างการคอมมิวเตชันในกรณีต่าง ๆ	43
2.30 ช่วงเวลาการเกิดคอมมิวเตชัน	45
2.31 รูปแบบสัญญาณควบคุมสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทั้ง 6 ตัว (Q1-Q6) ด้วยเทคนิค พัลส์วิดมอดูเลชันที่นำเสนอ และช่วงเวลาคอมมิวเตชันที่ตรวจจับได้ (CMP)	46
2.32 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าช่วงคอมมิวเตชันจาก S2 และ S3	47
2.33 แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ เมื่อพันขดลวดในรูปแบบต่าง ๆ	50
2.34 สัญญาณควบคุมสวิตซ์ ทั้ง 6 ตัว (Q_1-Q_6) แรงดันไฟฟ้าจุดนิวทรัล (V_n) แรงดันไฟฟ้าเฟส (V_{an}, V_{bn} , และ V_{cn}) และแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟส A กับเฟส B (V_{ab}) แบบควาซี-ไซน์ที่นำเสนอ	53
3.1 โครงสร้างและการทำงานของโดยรวมของการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้ แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งพร้อมทั้งลดการกระเพื่อมแรงบิดมอเตอร์ที่ นำเสนอ	55
3.2 วิธีการสร้างโปรเจกใหม่ในโปรแกรม Visual Studio 2005	56
3.3 การตั้งค่าโปรเจกในโปรแกรม Visual Studio 2005	57
3.4 การตั้งค่าโปรเจก Win32 ในโปรแกรม Visual Studio 2005	57
3.5 การตั้งค่าโปรเจก Win32 ชนิด DLL ในโปรแกรม Visual Studio 2005	58
3.6 การเพิ่มไฟล์โค้ดเข้าไปในโปรแกรม	58
3.7 การสร้างไฟล์โค้ดภาษาซี	59
3.8 การสร้างฟังก์ชัน simuser	59
3.9 ตัวอย่างโปรแกรมกำหนดเวลาการเกิดอินเตอร์รัปต์	60
3.10 แสดงผลการคอมไพล์ Code โปรแกรมเพื่อสร้าง DLL ในโปรแกรม Visual Studio 2005 ที่สมบูรณ์	60
3.11 วงจรจำลองการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน	61

รูป	หน้า
3.12 หน้าต่างวาดวงจรในโปรแกรม PSIM	62
3.13 การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สร้างวงจรในโปรแกรม PSIM	62
3.14 การสร้างบล็อกควบคุม และการเลือก DLL file	63
3.15 ส่วนอินพุตที่ต่อกับ Generate DLL Block	63
3.16 การกำหนดค่าความเร็วรอบมอเตอร์อ้างอิง	64
3.17 ส่วนเอาต์พุตที่ต่อกับ Generate DLL Block	64
3.18 การกำหนดค่าความถี่ของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสามเหลี่ยม	65
3.19 กำหนดค่าแอมพลิจูดของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	65
3.20 วิธีการต่อวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส	66
3.21 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน	66
3.22 การต่ออุปกรณ์โหลดทางกลและมอเตอร์เข้ากับระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน	67
3.23 การต่ออุปกรณ์ตัวตรวจจับแรงดันไฟฟ้า และตัวตรวจจับกระแสไฟฟ้า เข้ากับระบบ ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน	67
3.24 การตั้งค่าการจำลองผลของวงจร	68
3.25 สัญลักษณ์ปุ่ม Run Simulation	68
3.26 หน้าต่าง Simview สำหรับดูกราฟสัญญาณ	69
3.27 กราฟสัญญาณกระแสไฟฟ้ามอเตอร์(Ia, Ib, Ic) และ แรงบิดมอเตอร์	69
3.28 ภาพรวมของโปรแกรม MPLAB Version 8.91	70
3.29 แผนผังการทำงานของโปรแกรมหลัก	71
3.30 บล็อกไดอะแกรมการทำงานส่วนของโปรแกรมอินเวอร์รีปต์	72
3.31 แผนผังการทำงานส่วนของโปรแกรมขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยกระแสไฟฟ้าแบบควาซิ- สแควร์ที่มีการชดเชยช่วงคอมมิวเตชัน	75
3.32 แผนผังการทำงานส่วนของโปรแกรมขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยกระแสไฟฟ้าแบบควาซิ- ไซน์	77
3.33 ชุดบอร์ดวงจรอินเวอร์เตอร์ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัว ตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์	78
3.34 วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit)	79
3.35 แสดงอินเวอร์เตอร์ (Intelligent Power Module: IPM)	80
3.36 วงจรภายในของอุปกรณ์ IPM เบอร์ STGIPS10K60T	80

รูป	หน้า
3.37 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงหลัก (Main Switching Power Supply)	81
3.38 วงจรขยายผลต่าง (Differential Amplifier)	82
3.39 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกโดยใช้ไอซี MCP4922	83
4.1 แบบจำลองการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่ง	85
4.2 กระแสไฟฟ้าเฟสในช่วงการบังคับตำแหน่งโรเตอร์ และ มุมโรเตอร์ ที่ตำแหน่งมุมโรเตอร์ ณ ขณะหยุดนิ่ง 0 องศาไฟฟ้าไปยังตำแหน่งมุม 60 องศาไฟฟ้า	87
4.3 กระแสไฟฟ้าเฟสในช่วงการบังคับตำแหน่งโรเตอร์ และ มุมโรเตอร์ที่ตำแหน่งมุมโรเตอร์ ณ ขณะหยุดนิ่ง 240 องศาไฟฟ้า	87
4.4 กระแสไฟฟ้าเฟสในช่วงการบังคับตำแหน่งโรเตอร์ และ มุมโรเตอร์ ด้วยวิธีการบังคับโรเตอร์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเริ่มต้นแบบ 2 จังหวะ	88
4.5 ช่วงคอมมิวเตชัน S1-S6 ที่สร้างขึ้น ค่าดีวีไอซีเคิล และความเร็วรอบมอเตอร์	89
4.6 Commutation_Stage_OpenLoop เทียบกับ Commutation_Stage ค่าดีวีไอซีเคิล และความเร็วรอบมอเตอร์	90
4.7 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเฟส V_a , V_b , และ V_c	91
4.8 แรงดันไฟฟ้าเฟสที่วัดในช่วงสัญญาณ PWM On	91
4.9 แรงดันไฟฟ้าเฟสที่วัดในช่วงสัญญาณ PWM On แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ ตำแหน่งจุดผ่านศูนย์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ และจุดคอมมิวเตชัน	92
4.10 จุดคอมมิวเตชัน และช่วงคอมมิวเตชัน S1-S6	93
4.11 แรงดันไฟฟ้าเฟสที่วัดในช่วงสัญญาณ PWM On ช่วงคอมมิวเตชันและช่วงเวลาคอมมิวเตชัน	94
4.12 ช่วงเวลาคอมมิวเตชัน ค่าดีวีไอซีเคิล กระแสไฟฟ้าและแรงบิดมอเตอร์	95
4.13 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเฟส V_a , V_b , และ V_c กรณีขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยกระแสไฟฟ้าแบบควาซี-ไซน์	96
4.14 แรงดันไฟฟ้าเฟสที่วัดในช่วงสัญญาณ PWM On	97
4.15 แรงดันไฟฟ้าเฟสที่วัดในช่วงสัญญาณ PWM On แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ ตำแหน่งจุดผ่านศูนย์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ และจุดคอมมิวเตชัน	98
4.16 จุดคอมมิวเตชัน และช่วงคอมมิวเตชัน S1-S12	99
4.17 ช่วงคอมมิวเตชัน S1-S12 ค่าดีวีไอซีเคิลและสัญญาณขับสวิตช์ Q1-Q6	100
4.18 แรงดันไฟฟ้าเฟสเทียบจุดนิวทรัล กระแสไฟฟ้าและแรงบิดมอเตอร์	101

รูป	หน้า
4.19 กระแสไฟฟ้าเฟสแบบควาซิ-สแควร์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านกลับเฟสแบบสี่เหลี่ยมคางหมู และแรงบิดมอเตอร์	103
4.20 กระแสไฟฟ้าเฟสแบบควาซิ-สแควร์ที่มีการชดเชยช่วงคอมมิวเตชัน แรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านกลับเฟสแบบสี่เหลี่ยมคางหมู และแรงบิดมอเตอร์	103
4.21 กระแสไฟฟ้าเฟสแบบควาซิ-ไซน์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านกลับเฟส แบบสี่เหลี่ยมคางหมู และแรงบิดมอเตอร์	104
4.22 กระแสไฟฟ้าเฟสแบบควาซิ-สแควร์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านกลับเฟสแบบไซน์	105
4.23 กระแสไฟฟ้าเฟสแบบควาซิ-สแควร์ที่มีการชดเชยช่วงคอมมิวเตชัน แรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านกลับเฟสแบบไซน์ และแรงบิดมอเตอร์	105
4.24 กระแสไฟฟ้าเฟสแบบควาซิ-ไซน์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านกลับเฟสแบบไซน์ และแรงบิดมอเตอร์	106
4.25 การเปรียบเทียบค่าดีวีไอที่เกิดกับกำลังเอาต์พุตมอเตอร์ด้วยวิธีการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านด้วยกระแสไฟฟ้าแบบควาซิ-สแควร์ กระแสไฟฟ้าแบบควาซิ-สแควร์ที่มีการชดเชยช่วงเวลาคอมมิวเตชัน และกระแสไฟฟ้าแบบควาซิ-ไซน์	107
4.26 การควบคุมความเร็วรอบที่ความเร็วอ้างอิงที่กำหนด กรณีขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยกระแสไฟฟ้าควาซิ- สแควร์ที่มีการชดเชยช่วงคอมมิวเตชัน	108
4.27 การควบคุมความเร็วรอบที่ความเร็วอ้างอิงที่กำหนด กรณีขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยกระแสไฟฟ้าควาซิ- ไซน์	111
4.28 การควบคุมความเร็วรอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภาระทางกล กรณีขับเคลื่อนด้วยกระแสไฟฟ้าแบบควาซิ-สแควร์ที่มีการชดเชยช่วงคอมมิวเตชัน	112
4.29 การควบคุมความเร็วรอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภาระทางกล กรณีขับเคลื่อนด้วยกระแสไฟฟ้าแบบควาซิ-ไซน์	112
4.30 ฮาร์ดแวร์ของชุดการทดลองการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งพร้อมทั้งลดการกระเพื่อมแรงบิดมอเตอร์	113
4.31 กระแสไฟฟ้าเฟส A ช่วงเวลาการเริ่มหมุนมอเตอร์จากสภาวะหยุดนิ่งจนถึงความเร็วรอบ 800 rpm	114
4.32 การหาจุดคอมมิวเตชัน กรณีขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยกระแสไฟฟ้าควาซิ- สแควร์ที่มีการชดเชยช่วงคอมมิวเตชัน	116

รูป	หน้า
4.33 การหาช่วงเวลาคอมมิวเตชันและการปรับค่าดีไชเลิล	117
4.34 การหาจุดคอมมิวเตชันกรณีขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยกระแสไฟฟ้าควาซิ-ไซน์	119
4.35 การสร้างกระแสไฟฟ้าแบบควาซิ-ไซน์	120
4.36 สเกตและกระแสไฟฟ้าเฟสแบบควาซิ-สแควร์	121
4.37 สเกตและกระแสไฟฟ้าเฟสแบบควาซิ-สแควร์ที่มีการชดเชยช่วงคอมมิวเตชัน	122
4.38 สเกตและกระแสไฟฟ้าเฟสแบบควาซิ-ไซน์	122
4.39 การควบคุมความเร็วรอบที่ความเร็วอ้างอิงที่ 800 rpm กรณีขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยกระแสไฟฟ้าควาซิ-สแควร์ที่มีการชดเชยช่วงคอมมิวเตชัน	123
4.40 การควบคุมความเร็วรอบที่ความเร็วอ้างอิงที่ 800 rpm กรณีขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยกระแสไฟฟ้าควาซิ-ไซน์	124