สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ช
สัญลักษณ์และคำย่อ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
2. วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
3. ขอบเขตของการวิจัย	3
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
5. ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	4
6. นิยามศัพท์	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
1. บทนำ	5
2. หลักการทำงานของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์	5
3. สรุปท้ายบท	8
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3 วงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์	10
1. บทนำ	10
2. โครงสร้างวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์	10
3. วงจรส่วนสร้างสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ใช้ในการขับนำสวิทช์สองทาง	11
4. วงจรสร้างสัญญาณอินเตอร์รัพท์ (Interrupt Circuit)	19
5. วงจรตรวจจับแรงดันศูนย์ (Zero Crossing Voltage Detector Circuit)	20
6. วงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส (Single-Phase Matrix Converter)	21
7. สรุปท้ายบท	23

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการจำลองและผลการทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์	24
1. บทนำ	24
2. วงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการจำลอง	24
3. ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ใช้ในการจำลองวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์	27
4. การจำลองวงจรโดยการทดสอบกับโหลดตัวต้านทาน	33
5. การจำลองวงจรโดยการทดสอบกับโหลดตัวต้านทาน – ตัวเหนี่ยวนำ	58
6. ผลการทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์	83
7. ผลการทดสอบกับโหลดตัวต้านทาน	87
8. ผลการทดสอบกับโหลดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ	100
9. คุณลักษณะของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์	113
10. สรุปท้ายบท	120
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	122
1. สรุปผลการวิจัย	122
2. ปัญหาที่พบในการทำการวิจัย	123
3. ข้อเสนอแนะ	123
บรรณานุกรม	124
ภาคผนวก	127
ภาคผนวก ก ตารางแสดงค่าคุณลักษณะและสมรรถนะของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ที่ทำการทดสอบ	128
ภาคผนวก ข วงจรส่วนต่างๆ ของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสเครื่องต้นแบบ	135
ภาคผนวก ค ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่	139
ประวัติคณะผู้วิจัย	147

สารบัญตาราง

หน้า

ก.1 ค่าคุณลักษณะและสมรรถนะของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ที่ทำการทดสอบกับโหลดตัวต้านทานขนาด100 Watts 129

ก.2 ค่าคุณลักษณะและสมรรถนะของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ที่ทำการทดสอบกับโหลดตัวต้านทานขนาด 200 Watts 130

ก.3 ค่าคุณลักษณะและสมรรถนะของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ที่ทำการทดสอบกับโหลดตัวต้านทานขนาด 300 Watts 131

ก.4 ค่าคุณลักษณะและสมรรถนะของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ที่ทำการทดสอบกับโหลดตัวต้านทานขนาด 400 Watts 132

ก.5 ค่าคุณลักษณะและสมรรถนะของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ที่ทำการทดสอบกับโหลดตัวต้านทานขนาด 500 Watts 133

ก.6 ค่าคุณลักษณะและสมรรถนะของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ที่ทำการทดสอบกับโหลดตัวต้านทานขนาด 100 Watts -ตัวเหนี่ยวนำขนาด 0.088 Henrys 134

สารบัญภาพ

	หน้า
1.1 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบเก่าและวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่นำเสนอในงานวิจัย	1
2.1 วงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ 1-เฟส	5
2.2 การไหลของกระแสในวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์	6
2.3 โหมดการทำงานที่ 1 และ 2 ของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์	7
3.1 บล็อกไดอะแกรมรวมของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์	10
3.2 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล	12
3.3 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล	13
3.4 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล	14
3.5 การเก็บข้อมูลสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม ครั้งละ 0.2 มิลลิวินาที	15
3.6 โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมหลัก	17
3.7 โฟลว์ทชาร์ทของโปรแกรมบริการการอินเตอร์รัพท์	17
3.8 โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมสร้างสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม	18
3.9 โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมย่อยหน่วงเวลา 0.2 มิลลิวินาที	19
3.10 วงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพท์เพื่อให้เกิดการซิงโครไนซ์ของสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม	20
3.11 ลักษณะของสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่ได้มาจากสัญญาณแรงดันไฟไลน์การไฟฟ้า	20
3.12 วงจรตรวจจับแรงดันศูนย์	21
3.13 วงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ประกอบด้วยสวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด	22
3.14 ลักษณะสวิทช์สองทิศทางที่ใช้ IGBT 1 ตัว ทำงานร่วมกับ Diode ที่ต่อแบบ Bridge	22
3.15 การทำงานของสวิทช์สองทิศทาง	23
4.1 ลักษณะสวิทช์สองทางที่ใช้ในการจำลองของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส	24
4.2 ลักษณะวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ใช้ในการจำลอง	25
4.3 ลักษณะวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ใช้ในการจำลองวงจรทั้งหมด	26
4.4 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m_1, m_2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล	28
4.5 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m_1, m_2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล	30
4.6 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m_1, m_2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล	32

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

4.7 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 35
4.8 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 37
4.9 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 39
4.10 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 41
4.11 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 43
4.12 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 45
4.13 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 47
4.14 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 49
4.15 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 51
4.16 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 53
4.17 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 55

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

4.18 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์ คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 57
4.19 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์ คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 60
4.20 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์ คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 62
4.21 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์ คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 64
4.22 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์ คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 66
4.23 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์ คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 68
4.24 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์ คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 70
4.25 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์ คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 72
4.26 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์ คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 74
4.27 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์ คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 76
4.28 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์ คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 78

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

4.29 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์
คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่ 1000 Hz
จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 80
4.30 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์
คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่ 1000 Hz
จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 82
4.31 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m_1, m_2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz
จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 84
4.32 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m_1, m_2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz
จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 85
4.33 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m_1, m_2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz
จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 86
4.34 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2
ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 88
4.35 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4
ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 89
4.36 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6
ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 90
4.37 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8
ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 91
4.38 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2
ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 92
4.39 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4
ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 93
4.40 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6
ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 94
4.41 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8
ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 95
4.42 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2
ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 96
4.43 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4
ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 97

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

4.44 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 98
4.45 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 99
4.46 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 101
4.47 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 102
4.48 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 103
4.49 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล 104
4.50 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 105
4.51 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 106
4.52 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 107
4.53 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล 108
4.54 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 109
4.55 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 110
4.56 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 111
4.57 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล 112
4.58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะของวงจรใน กรณีโหลดตัวต้านทานขนาด 100 วัตต์ 114
4.59 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะของวงจรใน กรณีโหลดตัวต้านทานขนาด 200 วัตต์ 115

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

4.60 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะของวงจรใน
กรณีโหลดตัวต้านทานขนาด 300 วัตต์ 116
4.61 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะของวงจรใน
กรณีโหลดตัวต้านทานขนาด 400 วัตต์ 117
4.62 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะของวงจรใน
กรณีโหลดตัวต้านทานขนาด 500 วัตต์ 118
4.63 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของคุณลักษณะของวงจรใน
กรณีโหลดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ 120
ข.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 16F628 ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม 136
ข.2 วงจรตรวจจับสัญญาณศูนย์และวงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพท์ให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ 136
ข.3 วงจร Schematicของวงจรขับนำเกทของสวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด 137
ข.4 วงจรขับนำเกทของสวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด 137
ข.5 สวิทช์สองทางที่ใช้ในวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ทั้ง 4 ชุด 138
ข.6 แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงแก่วงจรในแต่ละส่วน 138

สัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
$S_1 - S_4$	: สวิทช์สองทางหมายเลข 1-4 ในวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์
$v_{in}(t), v_i(t)$	: แรงดันอินพุทด้านแหล่งจ่ายของวงจรคอนเวอร์เตอร์ในรูปชั่วขณะที่แปรตามเวลา
$i_{in}(t), i_i(t)$	: กระแสอินพุทด้านแหล่งจ่ายของวงจรคอนเวอร์เตอร์ในรูปชั่วขณะที่แปรตามเวลา
$v_{out}(t), v_o(t)$	: แรงดันเอาท์พุทด้านต่อกับโหลดของวงจรคอนเวอร์เตอร์ในรูปชั่วขณะที่แปรตามเวลา
$i_{out}(t), i_o(t)$	: กระแสเอาท์พุทด้านต่อกับโหลดของวงจรคอนเวอร์เตอร์ในรูปชั่วขณะที่แปรตามเวลา
f_s	: ความถี่ในการทำงานของสวิทช์สองทางความถี่สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม
f_i	: ความถี่ที่ใช้งานจริงด้านแหล่งจ่ายไฟสลับที่เป็นอินพุทให้กับวงจรคอนเวอร์เตอร์
f_o	: ความถี่ที่ใช้งานจริงด้านเอาท์พุทไฟสลับที่ต่อกับโหลดของวงจรคอนเวอร์เตอร์
m_j^k	:ค่าดิวตี้ไซเคิลของการทำงานของสวิทช์สองทางทำงานในโหมด j ที่ไซเคิล k
m_j	:ค่าดิวตี้ไซเคิลของการทำงานของสวิทช์สองทางในโหมดการทำงาน มีค่า $0 \le m_j \le 1$
m_1, m_2	:ค่าดิวตี้ไซเคิลของการทำงานของสวิทช์สองทางในโหมดการทำงานที่ 1 และ 2
Δ_j^k	:ช่วงค่าเวลาเมื่อวงจรทำงานในโหมด j ใดๆ ในไซเคิลที่ k ใดๆ
j	:โหมดการทำงาน มีค่าเท่ากับ 1 หรือ 2
k	:จำนวนไซเคิลในการทำงาน มีค่าเท่ากับ $1,2,\ldots,n,\ldots\infty$
T_s	:คาบเวลาหรือไซเคิลของการทำงานของสวิทช์สองทาง
$v_{o,av}^k(t)$	:เป็นค่าแรงดันเอาท์พุทเฉลี่ยในช่วงระหว่างไซเคิลที่ k ใดๆ
$v_i^k(t)$	:เป็นค่าแรงดันอินพุทในช่วงไซเคิลที่ k ใดๆ และในทางปฏิบัติมีค่าคงที่
ω_i	:ความถี่เชิงมุมของไฟสลับอินพุทด้านแหล่งจ่ายไฟสลับ
ω_o	:ความถี่เชิงมุมของไฟสลับเอาท์พุทของวงจรคอนเวอร์เตอร์