

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาความสำคัญของปัญหา	1
1.2 แนวทางการแก้ปัญหา	1
1.3 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับการวิจัย	6
1.6 แผนดำเนินการ ขอบเขต และวิธีการทำวิจัย	6
บทที่ 2 วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	
2.1 วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	8
2.2 หลักการทำงานของบูสต์คอนเวอร์เตอร์	9
2.2.1 ณะสวิตช์นำกระแส	9
2.2.2 ณะสวิตช์ไม่นำกระแส	10
2.3 การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	14
2.4 ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก	15
2.5 ตัวควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม	17
2.6 การกระทำการควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับแบบบูรณาการรวมหน่วย	17

บทที่ 3 การออกแบบสร้าง

3.1 หลักการออกแบบสร้าง	21
3.2 การออกแบบและสร้างส่วนวงจรกำลัง	22
3.3 การออกแบบสร้างส่วนควบคุมการสวิตช์	23
3.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC เบอร์ dsPIC30F4011 ที่ใช้ในส่วนวงจรควบคุม	23
3.3.2 โมดูลเปรียบเทียบข้อมูล (Output Compare)	24
3.3.3 โหมดการทำงานของโมดูลเปรียบเทียบข้อมูล	25
3.3.4 รีจิสเตอร์หลักของโมดูลเปรียบเทียบข้อมูล	25
3.4 การกำเนิดสัญญาณ PWM ของโมดูลเปรียบเทียบข้อมูล	27
3.5 การคำนวณเกี่ยวกับคาบเวลาของสัญญาณ PWM	28
3.6 การออกแบบวงจรตรวจวัดสัญญาณ	29
3.6.1 การออกแบบวงจรตรวจวัดสัญญาณแรงดัน	29
3.6.2 การออกแบบวงจรตรวจวัดสัญญาณกระแส	32
3.7 การออกแบบค่าความเหนี่ยวนำ	33

บทที่ 4 ผลการจำลองการทำงาน และผลการทดสอบ

4.1 การจำลองวงจรที่ไม่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรง	45
4.1.1 กรณีแรงดันตกชั่วขณะชนิด 1 เฟส (แรงดันตกที่เฟส A)	45
4.1.1.1 กรณีแรงดันตก 90% (0.9 pu) 1 เฟส แบบทันทีทันใด (0.6s)	45
4.1.1.2 กรณีแรงดันตก 90% (0.9 pu) 1 เฟส แบบชั่วขณะ (1.5s)	46
4.1.1.3 กรณีแรงดันตก 90% (0.9 pu) 1 เฟส แบบชั่วคราว (3s)	47
4.1.1.4 กรณีแรงดันตก 10% (0.1 pu) 1 เฟส แบบทันทีทันใด (0.6s)	48
4.1.1.5 กรณีแรงดันตก 10% (0.1 pu) 1 เฟส แบบชั่วขณะ (1.5s)	49
4.1.1.6 กรณีแรงดันตก 10% (0.1 pu) 1 เฟส แบบชั่วคราว (3s)	50

4.1.2 กรณีแรงดันตกชั่วขณะชนิด 3 เฟส	51
4.1.2.1 กรณีแรงดันตก 90% (0.9 pu) 3 เฟส แบบ ทันทีทันใด (0.6s)	51
4.1.2.2 กรณีแรงดันตก 90% (0.9 pu) 3 เฟส แบบชั่วขณะ (1.5s)	52
4.1.2.3 กรณีแรงดันตก 90% (0.9 pu) 3 เฟส แบบชั่วคราว (3s)	53
4.1.2.4 กรณีแรงดันตก 10% (0.1 pu) 1 เฟส แบบ ทันทีทันใด (0.6s)	54
4.1.2.5 กรณีแรงดันตก 10% (0.1 pu) 1 เฟส แบบชั่วขณะ (1.5s)	55
4.1.2.6 กรณีแรงดันตก 10% (0.1 pu) 1 เฟส แบบชั่วคราว (3s)	56
4.2 การจำลองวงจรที่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงด้วยบูสท์คอนเวอร์ เตอร์	57
4.2.1 กรณีแรงดันตกชั่วขณะชนิด 1 เฟส (แรงดันตกที่เฟส A)	59
4.2.1.1 กรณีแรงดันตก 90% (0.9 pu) 1 เฟส แบบ ทันทีทันใด (0.6s)	59
4.2.1.2 กรณีแรงดันตก 90% (0.9 pu) 1 เฟส แบบชั่วขณะ (1.5s)	60
4.2.1.3 กรณีแรงดันตก 90% (0.9 pu) 1 เฟส แบบชั่วคราว (3s)	61
4.2.1.4 กรณีแรงดันตก 10% (0.1 pu) 1 เฟส แบบ ทันทีทันใด (0.6s)	62
4.2.1.5 กรณีแรงดันตก 10% (0.1 pu) 1 เฟส แบบชั่วขณะ (1.5s)	63
4.2.1.6 กรณีแรงดันตก 10% (0.1 pu) 1 เฟส แบบชั่วคราว (3s)	64
4.2.2 กรณีแรงดันตกชั่วขณะชนิด 3 เฟส	65
4.2.2.1 กรณีแรงดันตก 90% (0.9 pu) 3 เฟส แบบ ทันทีทันใด (0.6s)	65
4.2.2.2 กรณีแรงดันตก 90% (0.9 pu) 3 เฟส แบบชั่วขณะ (1.5s)	66

4.2.2.3 กรณีแรงดันตก 90% (0.9 pu) 3 เฟส แบบชั่วคราว (3s)	67
4.2.2.4 กรณีแรงดันตก 10% (0.1 pu) 1 เฟส แบบทันทีทันใด (0.6s)	68
4.2.2.5 กรณีแรงดันตก 10% (0.1 pu) 1 เฟส แบบชั่วขณะ (1.5s)	69
4.2.2.6 กรณีแรงดันตก 10% (0.1 pu) 1 เฟส แบบชั่วคราว (3s)	70
4.3 การทดสอบการทำงานบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ที่ได้ออกแบบสร้าง	74
4.3.1 ผลการทดสอบการทำงานในสภาวะแรงดันแหล่งจ่ายปกติ	74
4.3.2 ผลการทดสอบการทำงานในสภาวะเกิดแรงดันตกชั่วขณะ	75
4.3.2.1 การทดสอบวงจรที่แรงดันตกชั่วขณะ 80% 3-เฟส (Va, Vb, Vc) ในกรณีที่ไม่มีวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	76
4.3.2.2 การทดสอบวงจรที่แรงดันตกชั่วขณะ 80% 3-เฟส (Va, Vb, Vc) ในกรณีที่มีวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	77
4.3.2.3 การทดสอบวงจรที่แรงดันตกชั่วขณะ 60% 3-เฟส (Va, Vb, Vc) ในกรณีที่ไม่มีวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	78
4.3.2.4 การทดสอบวงจรที่แรงดันตกชั่วขณะ 60% 3-เฟส (Va, Vb, Vc) ในกรณีที่มีวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	79
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	
5.1 สรุปผลการวิจัย	82
5.2 ข้อเสนอแนะ	83
เอกสารอ้างอิง	84
ภาคผนวก	85
ภาคผนวก ก ส่วนวงจรกำลังของบูสต์คอนเวอร์เตอร์	86
ภาคผนวก ข ส่วนวงจรควบคุม และตรวจวัดสัญญาณ	88
ภาคผนวก ค ส่วนโปรแกรม	92
ภาคผนวก ง ภาพจริงของบูสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ได้ออกแบบสร้าง	96
ประวัติผู้เขียน	100

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 สรุปวิธีการแก้ปัญหาแรงดันตกชั่วขณะในแบบต่างๆ	5
2.1 อัตราการขยายแรงดันของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่า D	13
3.1 องค์ประกอบเพื่อการพิจารณาในการสร้างวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	22
4.1 แสดงข้อมูลการจำลองวงจรที่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงด้วยวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ตามมาตรฐาน IEEE	37
4.2 พารามิเตอร์ในการจำลองการทำงาน	37
4.3 รายละเอียดอุปกรณ์ในรูปที่ 4.1	39
4.4 รายละเอียดอุปกรณ์ในรูปที่ 4.2 (ก)	39
4.5 รายละเอียดอุปกรณ์ในรูปที่ 4.3	41
4.6 รายละเอียดอุปกรณ์ในรูปที่ 4.18	58
4.7 ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดสอบ	81

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 รูปแบบวงจรที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้	2
2.1 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	8
2.2 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส	9
2.3 (ก) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (ข) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ	10
2.4 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส	10
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขยายแรงดันกับ D	13
2.6 กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ	16
2.7 บล็อกไดอะแกรมตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับแบบบูรณาการรวมหน่วย	18
2.8 สัญญาณผิดพลาดเป็นยูนิตสแต็ปกับสัญญาณทางออกของตัวควบคุมพีไอ	19
2.9 ตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับแบบบูรณาการรวมหน่วย	19
3.1 ไดอะแกรมภายในของ IC TLP250 เพื่อใช้เป็นภาคขับ IGBT [TLP 250 Datasheet]	22
3.2 ฟังก์ชันต่อ dsPIC เพื่อควบคุมบูสต์คอนเวอร์เตอร์	24
3.3 ฟังก์ชันออกแบบโปรแกรมในตัวประมวลผล dsPIC	29
3.4 โครงสร้างภายในของ IC HCPL-788J	30
3.5 วงจรใช้งานของ HCPL-788J เพื่อตรวจวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้า	32
3.6 วงจรการตรวจวัดกระแสที่ใช้ IC เบอร์ HCPL-788J ในการตรวจวัด	32
3.7 ขนาดของแกนเฟอร์ไรต์ที่ทำการเลือกสำหรับการพันตัวเหนี่ยวนำ	34
3.8 ตัวเหนี่ยวนำที่ออกแบบสร้าง	35
4.1 วงจรการจำลองวงจรที่ไม่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรง	38
4.2 (ก) วงจรสร้างสัญญาณแรงดันตกชั่วขณะ (ข) วงจรเรียงกระแส 3-เฟส	38
4.3 การจำลองระบบ ADS เมื่อไม่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรง โดยมีมอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นโหลด	41
4.4 การจำลองวงจรการจำลองระบบ ADS เมื่อไม่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรง แรงดันตก 90% 3 เฟส เป็นเวลา 3 วินาที	42
4.5 การจำลองวงจรการจำลองระบบ ADS เมื่อไม่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรง แรงดันตก 10% 3 เฟส เป็นเวลา 3 วินาที	44
4.6 ผลการจำลองที่ไม่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรง ในสภาวะแรงดันตกชั่วขณะ 90% 1 เฟส แบบทันทีทันใด (0.6s)	45

4.23 ผลการจำลองที่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงด้วยวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในสถานะแรงดันตกชั่วขณะ 10% 1 เฟส แบบทันทีทันใด (0.6s)	62
4.24 ผลการจำลองที่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงด้วยวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในสถานะแรงดันตกชั่วขณะ 10% 1 เฟส แบบชั่วขณะ (1.5s)	63
4.25 ผลการจำลองที่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงด้วยวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในสถานะแรงดันตกชั่วขณะ 10% 1 เฟส แบบชั่วคราว (3s)	64
4.26 ผลการจำลองที่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงด้วยวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในสถานะแรงดันตกชั่วขณะ 90% 3 เฟส แบบทันทีทันใด (0.6s)	65
4.27 ผลการจำลองที่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงด้วยวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในสถานะแรงดันตกชั่วขณะ 90% 3 เฟส แบบชั่วขณะ (1.5s)	66
4.28 ผลการจำลองที่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงด้วยวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในสถานะแรงดันตกชั่วขณะ 90% 3 เฟส แบบชั่วคราว (3s)	67
4.29 ผลการจำลองที่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงด้วยวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในสถานะแรงดันตกชั่วขณะ 10% 3 เฟส แบบทันทีทันใด (0.6s)	68
4.30 ผลการจำลองที่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงด้วยวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในสถานะแรงดันตกชั่วขณะ 10% 3 เฟส แบบชั่วขณะ (1.5s)	69
4.31 ผลการจำลองที่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงด้วยวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในสถานะแรงดันตกชั่วขณะ 10% 3 เฟส แบบชั่วคราว (3s)	70
4.32 การจำลองวงจรการจำลองระบบ ADS เมื่อไม่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรง แรงดันตก 90% 3 เฟส เป็นเวลา 3 วินาที	72
4.33 การจำลองวงจรการจำลองระบบ ADS เมื่อไม่มีการชดเชยแรงดันเชื่อมโยงไฟตรง แรงดันตก 90% 3 เฟส เป็นเวลา 3 วินาที	73
4.34 สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ	74
4.35 สัญญาณแรงดันไฟตรงเชื่อมโยงและสัญญาณกระแสตรงเอาต์พุต	75
4.36 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายก่อนวงจรเรียงกระแส	76
4.37 แรงดันเชื่อมโยงไฟตรงและกระแสเอาต์พุต	76
4.38 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายก่อนวงจรเรียง	77
4.39 แรงดันเชื่อมโยงไฟตรงก่อนเข้าวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	77
4.40 แรงดันเชื่อมโยงไฟตรงเอาต์พุตที่ผ่านวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	78
4.41 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายก่อนวงจรเรียงกระแส	78

4.42 แรงดันเชื่อมโยงไฟตรงและกระแสเอาต์พุต	79
4.43 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายก่อนวงจรเรียงกระแส	80
4.44 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเชื่อมโยงก่อนวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	80
4.45 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตที่ผ่านวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	81



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved