

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย		I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		II
กิตติกรรมประกาศ.....		III
สารบัญ.....		IV
สารบัญตาราง.....		VII
สารบัญภาพ.....		VIII
บทที่		
1	บทนำ.....	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของวิทยานิพนธ์.....	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของของวิทยานิพนธ์.....	2
	1.3 คำถาม/สมมติฐานของวิทยานิพนธ์.....	2
	1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	2
	1.5 กรอบแนวความคิดของวิทยานิพนธ์.....	3
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
	1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2	แนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
	2.1 ความรู้พื้นฐานงานวิจัย.....	7
	2.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้า.....	7
	2.3 กระบวนการเชื่อมไฟฟ้า.....	9
	2.4 กระแสเชื่อม.....	11
	2.5 วงจรเรียงกระแส.....	12
	2.6 วงจรคอนเวอร์เตอร์.....	14
	2.7 ทฤษฎีสาร์โมนิก.....	15
	2.8 คุณภาพไฟฟ้า.....	28
	2.9 เหตุผลหลักที่ทำให้มีการพิจารณาถึงคุณภาพไฟฟ้า.....	29
	2.10 ปัญหาคุณภาพไฟฟ้า.....	30

สารบัญ (ต่อ)

2.11	การผิเคเพี้ยนของรูปคลื่น.....	36
2.12	แรงดันกระเพื่อม.....	38
2.13	การแปรเปลี่ยนความถี่กำลังไฟฟ้า.....	38
2.14	การป้องกันความผิเคเพี้ยนของรูปคลื่นที่เกิดจากฮาร์โมนิก.....	38
2.15	มาตรฐานของฮาร์โมนิก.....	40
2.16	ทฤษฎีตัวเหนี่ยวนำ.....	47
2.17	ทฤษฎีของวงจร Valley Fill.....	49
2.18	การประยุกต์ใช้วงจร Valley Fill ในวงจรเรียงกระแส 3 เฟส.....	51
2.19	ทฤษฎีของวงจรชอปปเปอร์กระแสตรง.....	53
2.20	หลักการควบคุมสัญญาณพีคดับเปิลยูเอ็ม.....	54
3	ระเบียบวิธีวิจัย.....	57
3.1	โครงสร้างของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า.....	57
3.2	วงจรเรียงกระแส.....	58
3.3	ภาคควบคุมเกท.....	59
3.4	วงจรผกผัน.....	60
3.5	วงจรเรียงกระแสเอาท์พุท.....	61
3.6	วงจรควบคุมกระแสป้อนกลับ.....	62
4	การทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	65
4.1	วัตถุประสงค์ของการทดลอง.....	65
4.2	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	66
4.3	ขั้นตอนการทดลอง.....	67
4.4	การวัดกระแสฮาร์โมนิกจากตัวอย่างเครื่องเชื่อมไฟฟ้า 2 ตัวอย่าง.....	68
4.5	การออกแบบ ดีซี โชค เพื่อติดตั้งในบัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของตัวเรียงกระแส 3 เฟส.....	74

สารบัญ (ต่อ)

4.6	เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Valley Fill ในบัสแรงดันไฟฟ้า กระแสตรงของตัวเรียงกระแส 3 เฟส.....	81
4.7	เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ของตัวเรียงกระแส 3 เฟส.....	91
4.8	ผลของรอยเชื่อมจากการทดลองทั้ง 3 วิธี.....	103
5	สรุปผลของวิทยานิพนธ์และข้อเสนอแนะ.....	106
5.1	สรุปผลของวิทยานิพนธ์.....	106
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	107
	เอกสารอ้างอิง.....	108
	ภาคผนวก.....	111
	ประวัติผู้วิจัย.....	121

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าฮาร์มอนิกลำดับต่างๆ.....	21
2.2	ค่าระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้นกับช่วงระยะเวลาการเกิดของอิมพัลส์.....	31
2.3	ขนาดแรงดันและช่วงเวลาตามความถี่ของสวิตช์.....	31
2.4	ระยะเวลาการเกิดแรงดันตกแรงดันเกินและไฟดับของการเปลี่ยนแปลงแรงดัน ช่วงเวลาสั้นๆ.....	33
2.5	รายการพื้นฐานสำหรับกระแสฮาร์มอนิก.....	41
2.6	ค่าฮาร์มอนิกตามขนาดของโหลดตามขนาดของระบบไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับ โหลด.....	41
2.7	ค่าความผิดเพี้ยนของแรงดันไฟฟ้า.....	42
2.8	ระดับการวางแผนแรงดันฮาร์มอนิกในมาตรฐาน IEC 61000-3-6.....	42
2.9	ขีดจำกัดของกระแสฮาร์มอนิกสำหรับ MV.....	44
2.10	ปัจจัยการถ่วงน้ำหนักสำหรับอุปกรณ์การผลิตฮาร์มอนิกประเภทต่างๆ.....	45
4.1	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดกระแสฮาร์มอนิกของเครื่องเชื่อมตัวอย่าง 2 เครื่อง...	73
4.2	การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการติดตั้ง คีชี โฉ็ค ที่บัสแรงดันกระแสตรง.....	80
4.3	การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้ เทคนิคการออกแบบและติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 1.....	86
4.4	การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้ เทคนิคการประยุกต์การออกแบบและติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 2.....	90
4.5	การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้ เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านลบ.....	97
4.6	การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้ เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านบวก.....	102

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดของวิทยานิพนธ์.....	3
2.1	โครงสร้างทั่วไปของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า.....	8
2.2	วงจรเครื่องเชื่อมทั่วไป.....	8
2.3	ไฟฟ้ากระแสตรงต่อขั้วลบ.....	11
2.4	ไฟฟ้ากระแสตรงต่อขั้วบวก.....	11
2.5	วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น.....	12
2.6	แรงดันทางด้านเอาต์พุต.....	12
2.7	การใช้ตัวเหนี่ยวนำและการทำงานของตัวต้านทาน.....	13
2.8	การเก็บประจุและคายประจุของคาปาซิเตอร์.....	13
2.9	วงจร Full Bridge Converter.....	14
2.10	ฮาร์มอนิกลำดับต่างๆ.....	16
2.11	ฮาร์มอนิกลำดับที่ 3,5 และ 7 ที่มุมต่างๆทำให้สัญญาณไซน์มีรูปร่างผิดเพี้ยน.....	17
2.12	ฮาร์มอนิกที่เกิดจากอุปกรณ์ที่มีการทำงานประเภทอาร์ค.....	20
2.13	ตัวอย่างรูปคลื่นที่เกิดฮาร์มอนิกลำดับที่ 1 และ 3 รวมกัน.....	21
2.14	ส่วนประกอบของกระแสไฟฟ้าเมื่อมีกระแสฮาร์มอนิกรวม.....	29
2.15	กระแสที่เกิดขึ้นจากการเกิดอิมพัลส์ชั่วครู่เกิดโดยฟ้าผ่า.....	30
2.16	กระแสออสซิลเลทชั่วครู่เกิดจากการสวิตชิงคาปาซิเตอร์แบบ Back-to-Back.....	32
2.17	แรงดันออสซิลเลทความถี่ต่ำชั่วครู่เกิดจากการสวิตชิงคาปาซิเตอร์แบบเข้าระบบ.....	32
2.18	แรงดันออสซิลเลทความถี่ต่ำชั่วครู่เกิดจากเฟอโรเรโซแนนซ์ในสภาวะหม้อแปลง ไม่มีโหลด.....	33
2.19	Voltage Sag จากสาเหตุการเกิดความผิดพลาดทางไฟฟ้าลงดิน.....	34
2.20	Voltage Sag จากผลของการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่.....	35
2.21	Voltage Swell จากสาเหตุการเกิดความผิดพลาดทางไฟฟ้าลงดิน.....	35
2.22	กระแสฮาร์มอนิก.....	37
2.23	คลื่นรบกวนเกิดจากคอนเวอร์เตอร์ ชนิด 3 เฟส.....	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

2.24	สัญญาณรบกวน (Noise).....	38
2.25	Active Filter.....	39
2.26	Passive Filter.....	39
2.27	วงจร Valley Fill	49
2.28	รูปคลื่นที่สำคัญของ VFPPC.....	50
2.29	สเปกตรัมความถี่ของกระแสอินพุทของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเดิม และ VFPPC.....	51
2.30	การประยุกต์ใช้วงจร Valley Fill ในวงจรเรียงกระแส 3 เฟส.....	51
2.31	รูปคลื่นกระแสทางด้านเอาต์พุท กรณีที่ไม่ต่อวงจร MVF.....	52
2.32	รูปคลื่นกระแสทางด้านเอาต์พุท กรณีที่ต่อวงจร MVF.....	53
2.33	องค์ประกอบต่างๆ ของวงจรชอปเปอร์พื้นฐาน.....	54
2.34	การควบคุมสัญญาณพีคเปิดยูเอ็ม.....	54
3.1	โครงสร้างเครื่องเชื่อมไฟฟ้า.....	57
3.2	วงจรเรียงกระแส.....	58
3.3	วงจรกำเนิดสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์.....	59
3.4	วงจรขั้วนำเกท.....	60
3.5	วงจรผกผัน DC to AC.....	61
3.6	วงจรเรียงกระแสเอาต์พุท.....	62
3.7	วงจรควบคุมกระแสป้อนกลับ.....	62
3.8	เครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่สร้างขึ้น.....	63
3.9	เครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่สร้างขึ้นและทดสอบการใช้งานจริง.....	64
4.1	เครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้าและตำแหน่งการวัดแรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิก.....	66
4.2	แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสที่จ่ายเข้าและสเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้า.....	68
4.3	รูปคลื่นกระแสอินพุทในสายที่จ่ายเข้าและสเปกตรัมของกระแสไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้งานทั่วไป.....	70

สารบัญญภาพ (ต่อ)

4.4	รูปคลื่นกระแสอินพุทในสายที่จ่ายเข้าและสเปคตรัมของกระแสไฟฟ้าของเครื่อง เชื่อมไฟฟ้าที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม.....	71
4.5	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดกระแสฮาร์โมนิกของเครื่องเชื่อมตัวอย่าง 2 เครื่อง..	74
4.6	การติดตั้งดีซี โช๊คที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง.....	76
4.7	แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสที่จ่ายเข้าและสเปคตรัมของแรงดันไฟฟ้า.....	76
4.8	รูปคลื่นกระแสอินพุทในสายที่จ่ายเข้าและสเปคตรัมของกระแสไฟฟ้า หลังการ ติดตั้งดีซี โช๊ค ทั้ง 3 เฟส.....	77
4.9	การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์โมนิกก่อนและหลังการปรับปรุงติดตั้งดีซี โช๊ค บัสแรงดันกระแสตรง.....	81
4.10	วงจร Valley Fill พื้นฐาน.....	82
4.11	วงจร Valley Fill ที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุและดีซี โช๊ค.....	83
4.12	รูปคลื่นกระแสอินพุทที่สายและสเปคตรัมของกระแสไฟฟ้าหลังการติดตั้ง Valley Fill แบบที่ 1.....	83
4.13	การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์โมนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้ เทคนิคการออกแบบและติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 1.....	86
4.14	การประยุกต์วงจร Valley Fill ที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุและดีซี โช๊ค.....	87
4.15	รูปคลื่นกระแสอินพุทที่สายและสเปคตรัมของกระแสไฟฟ้าหลังการติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 2.....	88
4.16	การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์โมนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้ เทคนิคการติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 2.....	91
4.17	วงจรสร้างสัญญาณ PWM โดย IC เบอร์ TL494.....	92
4.18	วงจรสร้างสัญญาณขับนำเกต โดย Opto เบอร์ H11L1M.....	92
4.19	วงจรขยายสัญญาณขับนำเกต โดย IC เบอร์ TC4426.....	93
4.20	วงจรชอปเปอร์ โดย IGBT เบอร์ IRG4PH50KPBF.....	93
4.21	สัญญาณที่ได้จากวงจรชอปเปอร์.....	94
4.22	เทคนิคการติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านลบ.....	94

สารบัญญภาพ (ต่อ)

4.23	รูปคลื่นกระแสอินพุทที่สายและสเปคตรัมของกระแสไฟฟ้าหลังการติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านลบ.....	95
4.24	การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์โมนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านลบ.....	98
4.25	เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้า ทางฝั่งด้านบวก.....	99
4.26	รูปคลื่นกระแสอินพุทที่สายและสเปคตรัมของกระแสไฟฟ้าหลังการติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านบวก.....	99
4.27	การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์โมนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านบวก.....	102
4.28	รอยเชื่อมของเครื่องเชื่อมที่สร้างขึ้น ก่อนการติดตั้ง.....	103
4.29	รอยเชื่อมของการติดตั้ง ดีซี โฉ้ค.....	103
4.30	รอยเชื่อมของการติดตั้งวงจร Valley Fill.....	104
4.31	รอยเชื่อมของการติดตั้งวงจร DC Chopper.....	104
ก-1	วงจรวงจรเรียงกระแส.....	113
ก-2	วงจรภาคควบคุมการสร้างสัญญาณ PWM.....	114
ก-3	วงจรควบคุมเกท.....	115
ก-4	วงจรขับเกท.....	116
ก-5	วงจรขับนำเกท.....	117
ก-6	วงจรควบคุมเอาต์พุท.....	118
ก-7	วงจรพิมพ์ภาคจ่ายไฟ.....	119
ก-8	วงจรพิมพ์ภาคควบคุม.....	119
ก-9	วงจรพิมพ์ภาคขับเกท.....	119
ก-10	วงจรพิมพ์ภาคควบคุมเอาต์พุท.....	120
ก-11	เครื่องเชื่อมที่สร้างขึ้น.....	120