

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 หลักการของพลังงานลม	4
2.2 กังหันลม	8
2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)	16
2.4 การทดสอบ เครื่องกำเนิดขณะไม่มีโหลด (No-load Test)	43
2.5 ชุดควบคุมแรงดัน	45
2.6 ผลกระทบจากการใช้กังหันลม	61
2.7 มาตรฐาน	63
2.8 วงจรพวง-พูลคอนเวอร์เตอร์	65
2.9 ไอจีบีที (Insulated Gate Biopolar Transistors : IGBT)	69

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การดำเนินงาน	72
3.1 การวางแผนงาน	72
3.2 การเตรียมการ	74
3.3 วิธีการดำเนินการ	75
 บทที่ 4 ผลการจำลองการทำงาน และผลการทดสอบ	 100
4.1 ผลการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร ขนาด 1 กิโลวัตต์	100
4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร ขนาด 1 kW	101
4.3 ผลการจำลองระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	110
4.4 ผลการทดสอบระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	111
4.5 ผลการทดสอบระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยวงจรพวง-พูลคอนเวอร์เตอร์	114
 บทที่ 5 สรุปการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	 119
5.1 สรุปผลที่ได้จากโครงการ	119
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะในการดำเนินงานโครงการ	120
 เอกสารอ้างอิง	 121

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงความเร็วรอบและจำนวนขั้วแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดความถี่ 50 Hz	26
2.2 เปรียบเทียบค่าของไดโอดที่นำกระแส และมุมนำกระแสของไดโอด	47
2.3 อัตราส่วนระหว่างค่า RMS ของฮาร์มอนิกกับ V_s ของแรงดันสายของอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส	55
3.1 แผนการดำเนินโครงการเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรแบบ 3 เฟส	73
3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแส และตัวเก็บประจุที่มาต่อใช้งาน	83
4.1 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร ขนาด 1 kW โหลดคงที่ และความเร็วเปลี่ยนแปลง	103
4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร ขนาด 1 kW ความเร็ว คงที่ และโหลดเปลี่ยนแปลง	108
4.3 ผลการทดสอบระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	115

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะของความเร็วลมภายใต้ชั้นบรรยากาศ	5
2.2 ปริมาตรการไหลของอากาศที่ไหลผ่านกังหันลม	6
2.3 กระบวนการเกิดเทอร์โมไดนามิกส์	8
2.4 แสดงตัวอย่างส่วนประกอบของกังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า	10
2.5 กราฟการทำงานของกังหันลม	12
2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์กำลัง สัมประสิทธิ์แรงบิด กับ แลมด้า	13
2.7 เส้นทางการควบคุมกังหันลม ณ ความเร็วลมต่างๆ	14
2.8 หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	17
2.9 สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปมาภายในขดลวดจะให้กำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ	18
2.10 กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง	18
2.11 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	19
2.12 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	20
2.13 รูปแบบต่าง ๆ ของแกนแม่เหล็กสำหรับลักษณะของร่องที่ใช้พันขดลวด	20
2.14 ส่วนที่หมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Salient pole	21
2.15 ตัวหมุนแบบขั้วแม่เหล็กรูปทรงกระบอก	22
2.16 ขั้วแม่เหล็กรูปทรงกระบอกแบบ 2 ขั้ว และแบบ 4 ขั้ว	22
2.17 การติดตั้งขดลวดเคมเปอร์ในส่วนหมุน	23
2.18 เอ็กไซเตอร์แบบ Flat Compound-Wound DC Generator	23
2.19 เอ็กไซเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless Generator)	24
2.20 ขดลวดแม่เหล็กแบบ 3 เฟสพัน 2 ชั้นแบบแล็ปมีคอล์ยพิชเต็ม มี 4 ร่อง/ขั้ว/เฟส	26
2.21 แสดงการวางขดลวดแบบพิชเต็มและพิชเศษส่วน	29
2.22 การรวมแรงเคลื่อนแม่เหล็ก โดยวิธีเลขคณิต	30
2.23 การรวมแรงเคลื่อนแม่เหล็ก โดยวิธีเวกเตอร์	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.24 อาเมเจอร์ 36 ร่อง 4 ขั้วแม่เหล็ก ระยะห่างของขดลวด 1-8	32
2.25 อาเมเจอร์ 72 ร่อง 6 ขั้วแม่เหล็ก ระยะห่างของขดลวด 1-10	33
2.26 อาเมเจอร์ 96 ร่อง 6 ขั้วแม่เหล็ก ระยะห่างของขดลวด 1-12	34
2.27 ผลบวกทางเลขคณิตของแรงเคลื่อนแม่เหล็กในขดลวด	35
2.28 ผลบวกทางเวกเตอร์ของแรงเคลื่อนแม่เหล็กในขดลวด	35
2.29 สนามแม่เหล็กจากแผ่นโรเตอร์	38
2.30 แสดงการต่อขดลวดแบบสตาร์ (Star) ผ่านวงจรแปลงผัน AC-DC	40
2.31 เฟสเซอร์ไดอะแกรมไฟฟ้ากระแสสลับ 5 เฟส	40
2.32 เฟสเซอร์ไดอะแกรม V_{ab}	40
2.33 เฟสเซอร์ไดอะแกรม V_{ac}	41
2.34 ลักษณะรูปคลื่นต่างๆ	42
2.35 ลักษณะรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	42
2.36 วงจรทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำขณะไม่มีโหลดและล๊อคโรเตอร์	43
2.37 วงจรเรียงกระแส 3 เฟส	46
2.38 วงจรแปลงผันแบบทบระดับแรงดัน	47
2.39 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส	48
2.40 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส	49
2.41 กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ	51
2.42 วงจรและรูปคลื่นสัญญาณของอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสแบบ PWM	54
2.43 รูปคลื่นของแรงดัน และกระแสของอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส แสดงช่วงกำลังงาน ไม่ไหลสู่โหลด	55
2.44 บล็อกไดอะแกรมตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับแบบบูรณาการรวมหน่วย	57
2.45 สัญญาณผิดพลาดเป็นยูนิตสแต็ปกับสัญญาณทางออกของตัวควบคุมพีไอ	57
2.46 ตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับแบบบูรณาการรวมหน่วย	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.47 โครงสร้างของตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลเบอร์ ADMCF326BST	60
2.48 สถาปัตยกรรมของตัวประมวลผลหลักของ ADMCF326BST	61
2.49 การแบ่งขอบเขตการเปลี่ยนแปลงแรงดันตามมาตรฐานแรงดันต่ำเกินตาม IEEE 1159 ปี 1995	64
2.50 การแบ่งขอบเขตการแปรเปลี่ยนแรงดันตามมาตรฐานแรงดันต่ำเกินตาม IEC 61000-2-8	65
2.51 วงจรพืซ-พูลคอนเวอร์เตอร์	66
2.52 กระแสไหลผ่าน	66
2.53 ไอจีบีที (ก) สัญลักษณ์พื้นฐานจากมอสเฟต และพื้นฐานจากบีเจที (ข) คุณลักษณะของ กระแสและ (ค) คุณลักษณะในอุดมคติ	70
2.54 รูปร่างทั่วไปของไอจีบีที	71
3.1 พังงานโครงการเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรแบบ 3 เฟสและชุดควบคุม แรงดันไฟฟ้า	74
3.2 ไดอะแกรมแสดงการพันขดลวดอะเมเจอร์ แบบ 3 เฟส แบบ Whole Coil 48 Slot 48 ขด Double Layer	78
3.3 การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรขนาด 1 กิโลวัตต์ ขณะต่อ โหลดด้านกระแสสลับ	80
3.4 การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรขนาด 1 กิโลวัตต์ ขณะต่อ โหลดด้านกระแสสลับ	81
3.5 โครงสร้างพื้นฐาน และส่วนประกอบของวงจรแปลงผันกำลังงาน	82
3.6 วงจรเรียงกระแส 3 เฟส	82
3.7 วงจรทบระดับแรงดัน	83
3.8 บล็อกฟังก์ชันโอนย้าย Transfer Function ตัวควบคุมชนิด PI	85
3.9 กราฟแสดง Step Response จากการสุ่มค่าเริ่มต้น	86
3.10 กราฟแสดง Step Response ที่ได้จากกฎของ Ziegler-Nichols	87

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.11 การจำลองระบบควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเครื่องกำเนิดแม่เหล็กถาวร ขนาด 1 kW ด้วยโปรแกรม MABLAB/Simulink	89
3.12 วงจรขับเคลื่อนสำหรับวงจรแปลงผันกำลังงาน	90
3.13 วงจรการตรวจจับสัญญาณแรงดัน	91
3.14 โครงสร้างของตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลเบอร์ ADMCF326BST	92
3.15 สถาปัตยกรรมของตัวประมวลผลหลักของ ADMCF326BST	93
3.16 โครงสร้างพื้นฐาน และส่วนประกอบของวงจรพืช – พูล คอนเวอร์เตอร์	93
3.17 แสดงขาต่างๆภายในตัวไอซี	94
3.18 แสดงโครงสร้างภายในตัวไอซี	95
3.19 แสดงสัญญาณที่ขาต่างๆของตัวไอซี TL494	95
4.1 สเตเตอร์ที่พันขดลวด 3 เฟส	100
4.2 สเตเตอร์ที่พันขดลวด 3 เฟส	100
4.3 โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	101
4.4 ด้านหลังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรแบบ 3 เฟส	101
4.5 แสดงการทดสอบการหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบแม่เหล็กถาวร	102
4.6 กำลังเอาต์พุตและความเร็วรอบขณะจ่ายโหลด	104
4.7 แรงดันไฟฟ้าและความเร็วรอบขณะจ่ายโหลด	104
4.8 กำลังอินพุตและกำลังเอาต์พุตขณะจ่ายโหลด	105
4.9 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด	105
4.10 กำลังเอาต์พุตและกระแสไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด	106
4.11 ประสิทธิภาพและกระแสไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด	106
4.12 เปรียบเทียบแรงดัน กำลังเอาต์พุต อินพุต และประสิทธิภาพกับกระแสไฟฟ้า	107
4.13 ประสิทธิภาพและกำลังเอาต์พุตขณะจ่ายโหลด	109
4.14 การจำลองที่สภาวะแรงดันอินพุตคงที่ 48V ระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 100 V	110
4.15 การจำลองที่สภาวะแรงดันอินพุตไม่คงที่ ในกรณีเกิดแรงดันตกชั่วครู่	110
4.16 การทดสอบที่สภาวะแรงดันอินพุตคงที่ 48V ระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V	111

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.17 แรงดันอินพุตคงที่ 48V รักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V	112
4.18 แรงดันอินพุตต่ำสุดอยู่ที่ 44.1 V รักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V	112
4.19 แรงดันอินพุตสูงสุดอยู่ที่ 50.6 V รักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V	113
4.20 แรงดันต่ำเกินระดับแรงดันอยู่ที่ 36.9 V แรงดันเอาต์พุต 342 V	113
4.21 แรงดันสูงเกินระดับแรงดันอยู่ที่ 55.3 V แรงดันเอาต์พุตสูงสุดที่ 394 V	114
4.22 การทดสอบที่สภาวะแรงดันอินพุตคงที่ 48V ระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V	114
4.23 สัญญาณขั้ววงจรพหุผล	115
4.24 สัญญาณขั้ววงจรอินเวอร์เตอร์สามเฟส	116
4.25 ระดับแรงดันอยู่ที่ 48 V แรงดันเอาต์พุตที่ 300 V	116
4.26 แรงดันวงจรเรียงกระแส และแรงดันวงจรทบระดับเมื่อสภาวะเปลี่ยนแปลงแรงดัน	117
4.27 ระดับแรงดันอยู่ที่ 60 V แรงดันเอาต์พุตที่ 380 V	117
4.28 ระดับแรงดันอยู่ที่ 80 V แรงดันเอาต์พุตที่ 387 V	118