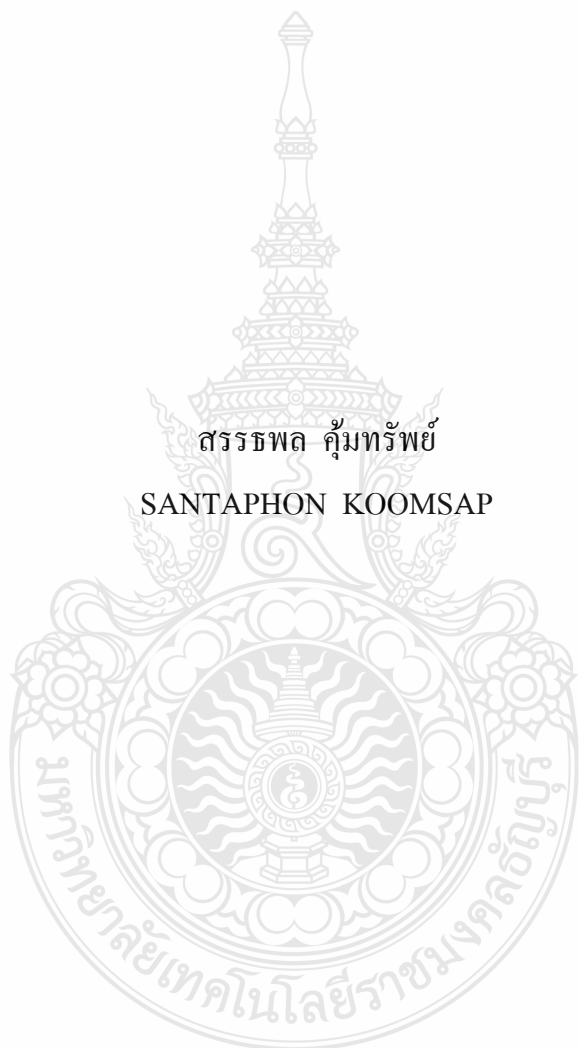


วงจรถับระดับแรงดันแบบสามระดับสำหรับกังหันลม

THREE LEVEL BOOST DC TO DC CONVERTER FOR WIND TURBINE



สรรรพด คุ่มทรัพย์

SANTAPHON KOOMSAP

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2554

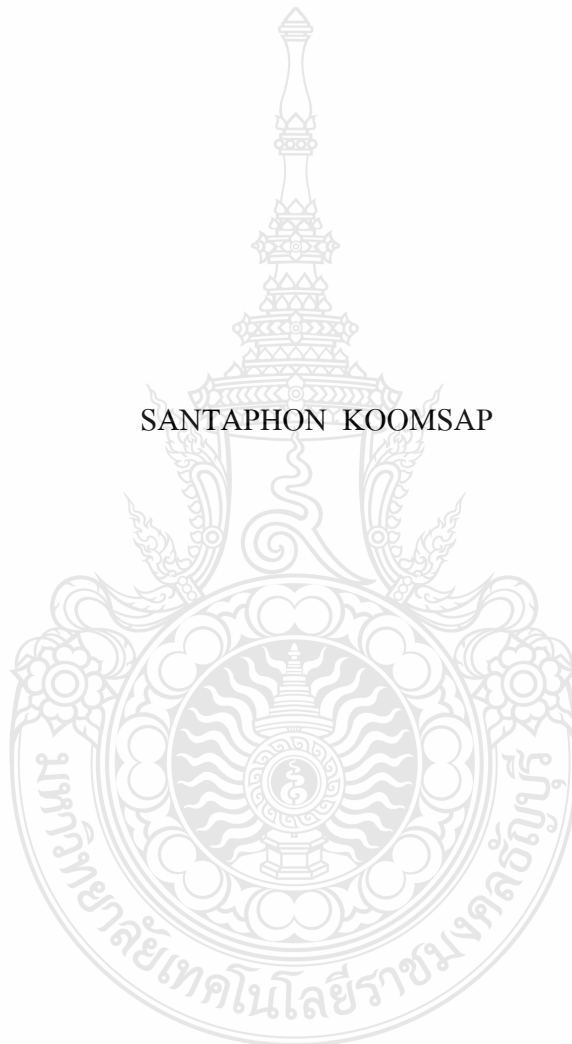
วงจรถดับแรงดันแบบสามระดับสำหรับกังหันลม



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2554

THREE LEVEL BOOST DC TO DC CONVERTER FOR WIND TURBINE

SANTAPHON KOOMSAP



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI

2011

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและข้อความต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายสรรรพ คุ้มทรัพย์





ใบรับรองวิทยานิพนธ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์
วงจรถบะดับแรงดันแบบสามระดับสำหรับกังหันลม
THREE LEVEL BOOST DC TO DC CONVERTER FOR
WIND TURBINE

ชื่อนักศึกษา
นายสรรรพล คุ่มทรัพย์

รหัสประจำตัว
114970402002-7

ปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา
วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์

วัน เดือน ปี ที่สอบ
26 เมษายน 2554

สถานที่สอบ
ห้องประชุมชมพูนุททิพย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เวคิน ปียรรัตน์)

..... กรรมการ
(ดร.กฤษณ์ชนย์ ภูมิภิตติพิชญ์)

..... กรรมการ
(ดร.สุรินทร์ แห่งมงาม)

..... กรรมการ
(ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ผิวสอาด)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	วงจรทระดับแรงดันแบบสามระดับสำหรับงานกึ่งहनลม
นักศึกษา	นายสรรพล คุ่มทรัพย์
รหัสประจำตัว	114970402002-7
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงแบบทระดับแบบคาสเคดแรงดันสามระดับ โดยทดสอบร่วมกับแบบจำลองกึ่งहनลม ทั้งนี้วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรง จะได้รับการควบคุมและแสดงผลสัญญาณผ่านบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิทัลรุ่น DS1104 ของบริษัท dSPACE GmbH. แบบจำลองกึ่งहनลมในวิทยานิพนธ์นี้สามารถจำลองพฤติกรรมของกึ่งहनลมได้ตามต้องการเช่น ค่าความเร็วลม ขนาดและชนิดใบกึ่งहनลม ขนาดพิกัดกำลังของกึ่งहनลม ตลอดจนความสูงของเสากึ่งहनลม เป็นต้น

วงจรทระดับแรงดันทำหน้าที่แปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงจากแรงดันขนาด 35-65 โวลต์ให้มีค่า 311 โวลต์คงที่ ซึ่งมีค่าสูงเพียงพอสำหรับผลิตแรงดันไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ โดยผ่านวงจรอินเวอร์เตอร์แบบหนึ่งเฟส และระบบทั้งหมดในงานวิจัยนี้กระทำได้โดยการประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ Orcad/Pspice และ Matlab/Simulink ในการจำลองระบบทั้งหมดให้อยู่ในสถานะเสถียรตามที่ต้องการ

จากการทดสอบระบบทั้งหมดในงานวิจัยจะเห็นว่า ขณะระบบอยู่ในสถานะวงเปิด ค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงจะตกลงทุกครั้งขณะที่มีโหลดต่อเข้าสู่ระบบอย่างทันที ในทางตรงข้าม ระบบในสถานะวงปิดด้วยการประยุกต์ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอ จะเห็นว่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงจะมีค่าคงที่ที่ 311 โวลต์เสมอ ในขณะที่ต่อโหลดขนาด 200 วัตต์ เข้าสู่ระบบโดยทันที อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของระบบวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงนี้จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 73% โดยประมาณ

คำสำคัญ : วงจรทระดับแรงดันแบบสามระดับ กึ่งहनลม เครื่องจำลองกึ่งहनลม

Thesis Title : THREE LEVEL BOOST DC TO DC CONVERTER FOR
WIND TURBINE

Student Name : Mr. Santaphon Koomsap

Student ID : 114970402002-7

Degree Award : Master of Engineering

Study Program : Electrical Engineering

Academic year : 2010

Thesis Advisor : Dr. Wanchai Subsingha

ABSTRACT

This paper presents the three level boost DC to DC converter for wind turbine which was tested together with wind turbine simulator which can controls and monitoring using a digital signal processing board DS1104 of dSPACE GmbH. The simulator can simulate any characteristics of wind turbine such as wind velocity, turbine's blade, sizing of wind turbine and height of turbine pole etc.

The function of the boost Converter converts DC voltage from 35-65 Vdc to 311 Vdc which is enough for a establish a 220 Vac 50 Hz output voltage through a single phase inverter circuit. Orcad/Pspice and Matlab/Simulink software are also used for simulating the overall system in order to stabilize the output voltage as desired.

The results of this thesis prove that output voltage will drop in every voltage level with sudden load change under the open loop control condition. When PI controller is applied in closed loop of the DC Boost converter control, DC output voltage of the converter is stabilized at 311 Vdc while the 200W load is injected into the converter output, However, the efficiency of the DC Converter system in this experiment is about 73%.

Keywords: Three level boost dc to dc converter, Wind turbine, Wind simulator.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์ ที่แนะนำแนวทางและให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้มา โดยตลอด รวมทั้งคณาจารย์ และบุคลากรในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษา ผู้วิจัยซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ของท่านและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ อาจารย์ชาญฤทธิ์ ชาราสันติสุข ที่คอยให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือแนะนำ การออกแบบสร้างและแนวทางในการแก้ปัญหา และแนะนำแนวทางในการเขียนและนำเสนอบทความวิจัยทั้งยังคอยห่วงใยและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่มอบทุนการศึกษาพร้อมทั้ง อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ เครื่องวัดในการทำวิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และขอบคุณบุคคลในครอบครัวที่เห็นใจและคอยเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาในการศึกษาด้วยดีตลอดมาจนผู้วิจัยสามารถสำเร็จการศึกษา

ท้ายที่สุดนี้ขออาราธนาพระคุณแห่งพระศรีรัตนตรัย จงช่วยปกป้องคุ้มภัย ผู้มีพระคุณทุกท่าน ให้มีสุขภาพพลานามัยที่สมบูรณ์ ปราศจากโรคภัยทั้งปวง

สรรรพล คุ่มทรัพย์

26 เมษายน 2554

สารบัญ

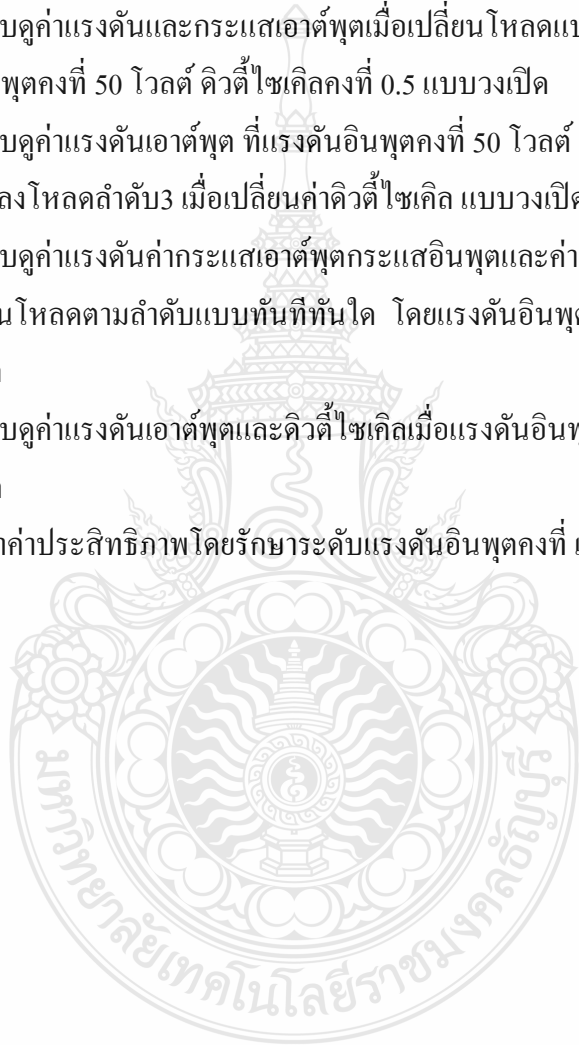
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ	2
1.5 เครื่องมือที่ใช้	3
1.6 ข้อยกเว้นของการศึกษา	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์	6
2.3 อุปกรณ์ที่ใช้งานในวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้า	12
2.4 วงจรควบคุมวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้า	14
2.5 วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าหลายระดับแบบคาสเคด	17
2.6 การวิเคราะห์แรงดันตกคร่อมที่สวิตช์และไดโอด	23
2.7 หลักการของพลังงานลม	25
2.8 ช่วงการทำงานของกังหันลม	27
2.9 สํารวจและเก็บข้อมูลลม	29
2.10 แบบจำลองกังหันลม	31
2.11 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกกระตุ้น	33
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	34
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	34
3.2 โครงสร้างของวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าแบบสามระดับ	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าหลายระดับแบบคาสเคด	36
3.4 การออกแบบวงจรทระดับ	44
3.5 วงจรที่ใช้ควบคุมแบบวงเปิด	45
3.6 วงจรที่ใช้ควบคุมแบบวงปิด	45
3.7 โครงสร้างของเครื่องจำลองกัณฑ์ล้ม	51
บทที่ 4 ผลการสร้างและการทดสอบ	56
4.1 วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าแบบสามระดับ	56
4.2 วงจรเครื่องจำลองกัณฑ์ล้มด้วยมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีการควบคุมและแสดงผลด้วย การ์ดอินเตอร์เฟส dSPACE	67
4.3 การทดสอบวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าแบบสามระดับด้วยเครื่องจำลองกัณฑ์ล้ม	70
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	74
5.1 สรุปผลการวิจัย	74
5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย	75
เอกสารอ้างอิง	76
ภาคผนวก	
ก รูปเครื่องต้นแบบ	78
ข โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองของเครื่องจำลองกัณฑ์ล้ม	81
ค ผลการทดสอบเครื่องจำลองกัณฑ์ล้มจากโปรแกรม Control Desk กับวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าแบบสามระดับ	86
ง ข้อมูลอุปกรณ์	90
จ ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	118
ประวัติผู้เขียน	133

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ข้อมูลศักยภาพพลังงานลม กรุงเทพฯ รวมช่วงลมสงบ-เฉลี่ยรายปี	30
2.2	สถานที่เก็บข้อมูลความเร็วลม	30
3.1	เปรียบเทียบวงจรแปลงผันแต่ละแบบ	38
3.2	พารามิเตอร์ขดลวดทองแดง	42
3.3	ค่าของ C_p เปรียบเทียบกับ λ	54
4.1	การทดสอบค่าแรงดันและกระแสเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนโหลดแบบทันทีทันใดที่แรงดันอินพุตคงที่ 50 โวลต์ คิวดีไอเซลล์คงที่ 0.5 แบบวงเปิด	59
4.2	การทดสอบค่าแรงดันเอาต์พุต ที่แรงดันอินพุตคงที่ 50 โวลต์ ทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงโหลดลำดับ3 เมื่อเปลี่ยนค่าคิวดีไอเซลล์ แบบวงเปิด	60
4.3	การทดสอบค่าแรงดันค่ากระแสเอาต์พุตกระแสอินพุตและค่าคิวดีไอเซลล์เมื่อปรับเปลี่ยนโหลดตามลำดับแบบทันทีทันใด โดยแรงดันอินพุตคงที่ 50 โวลต์ แบบวงปิด	62
4.4	การทดสอบค่าแรงดันเอาต์พุตและคิวดีไอเซลล์เมื่อแรงดันอินพุตเปลี่ยนแปลงแบบวงปิด	64
4.5	ทดสอบหาค่าประสิทธิภาพ โดยรักษาระดับแรงดันอินพุตคงที่ แบบวงปิด	66



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	6
2.2	7
ก) วงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้า	
ข) วงจรสมมูลในช่วง T_{on}	
ค) วงจรสมมูลในช่วง T_{off}	
2.3	8
2.4	9
2.5	10
2.6	11
2.7	13
2.8	15
2.9	16
2.10	17
2.11	18
2.12	19
2.13	20
2.14	21
2.15	22
2.16	23
2.17	24
2.18	24
2.19	26
2.20	28
ก) กังหันทำงานตามปกติ	
ข) กังหันเกิดปรากฏการณ์สตอล	
2.21	28
2.22	29
2.23	30
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	
2.24	31
ผลการวัดความเร็วลมที่วัดได้จริง ณ. ชั้น11 ตึกคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	
2.25	31
แบบจำลองกังหันลม	

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.26	บล็อกไดอะแกรมแบบจำลองของกังหันลมนำ Matlab/Simulink ใช้ในการคำนวณ	32
2.27	วงจรภายในของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแยกกระตุ้น	33
3.1	โครงสร้างวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าแบบสามระดับ	35
3.2	วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าหลายระดับ(2 สถานะ)	38
3.3	การจำลองวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าแบบสามระดับ	39
3.4	ผลจำลองวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าแบบสามระดับแบบวงเปิด	39
3.5	วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้า เมื่อเทียบเคียงหม้อแปลงอุดมคติ	46
3.6	วงจรไฟฟ้าสมมูลของวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้า	47
3.7	จำลองวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Orcad/Pspice เพื่อหาผลตอบสนองทางความถี่	48
3.8	ผลของการจำลองวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Orcad/Pspice เพื่อหาผลตอบสนองทางความถี่	48
3.9	จำลองผลการตอบสนองของวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Orcad/Pspice เพื่อหาผลตอบสนองทางแรงดันไฟฟ้าโดยใช้วิธีป้อนกลับแรงดัน	51
3.10	ผลการตอบสนองของวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Orcad/Pspice เพื่อหาผลตอบสนองทางแรงดันไฟฟ้าโดยใช้วิธีป้อนกลับแรงดัน	51
3.11	โครงสร้างและส่วนประกอบเครื่องจำลองกังหันลม	52
3.12	บล็อกไดอะแกรมแบบจำลองความเร็วลมและการกำหนดค่าตัวแปร	53
3.13	บล็อกไดอะแกรมแบบจำลองของกังหันลม	53
3.14	บล็อกของ Look-Up Table ใน โปรแกรม Matlab/Simulink ในการคำนวณค่า C_p โดยใช้หลักการ Interpolation	54
3.15	กราฟค่าของ C_p เปรียบเทียบกับค่า λ ที่ได้	54
4.1	การทดสอบวงจรต้นแบบวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าแบบสามระดับ	57
4.2	วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าแบบสามระดับที่ใช้ในการทดสอบ	58
4.3	การเปรียบเทียบค่าจำลองด้วยโปรแกรม Orcad/Pspice กับที่ใช้ฮาร์ดแวร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรที่สร้างขึ้น	59
4.4	สัญญาณแรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุตที่คิดที่ไซเคิล 50%	60
4.5	สัญญาณแรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุตที่คิดที่ไซเคิล 60%	60
4.6	สัญญาณแรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุตที่คิดที่ไซเคิล 70%	61
4.7	สัญญาณแรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุต ความคุมแบบวงปิด	61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 สัญญาณแรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุตที่ควิตซ์ไชเกิล 45% ที่การเปลี่ยนแปลงโหลดลำดับ 1 ควบคุมแบบวงปิด	62
4.9 สัญญาณแรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุตที่ควิตซ์ไชเกิล 50% ที่การเปลี่ยนแปลงโหลดลำดับ 2 ควบคุมแบบวงปิด	63
4.10 สัญญาณแรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุตที่ควิตซ์ไชเกิล 60% ที่การเปลี่ยนแปลงโหลดลำดับ 3 ควบคุมแบบวงปิด	63
4.11 สัญญาณแรงดันอินพุต 40 โวลต์และที่ควิตซ์ไชเกิล 60% ควบคุมแบบวงปิด	64
4.12 สัญญาณแรงดันอินพุต 50 โวลต์และที่ควิตซ์ไชเกิล 45% ควบคุมแบบวงปิด	65
4.13 สัญญาณแรงดันอินพุต 60 โวลต์และที่ควิตซ์ไชเกิล 35% ควบคุมแบบวงปิด	65
4.14 วงจรวัดค่าประสิทธิภาพ แบบวงปิด	66
4.15 เครื่องจำลองกั้นลมด้วยมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีการควบคุมและแสดงผลด้วย อินเตอร์เฟซการ์ด dSPACE ที่สร้างขึ้น	68
4.16 เปรียบเทียบสัญญาณแรงบิดของมอเตอร์และสัญญาณแรงบิดอินเตอร์เฟซการ์ดที่ ความเร็วลม 3 m/s	69
4.17 เปรียบเทียบสัญญาณแรงบิดของมอเตอร์และสัญญาณแรงบิดอินเตอร์เฟซการ์ดที่ ความเร็วลม 4 m/s	69
4.18 สัญญาณแรงดันอินพุต 35 โวลต์ แรงดันเอาต์พุต 311 โวลต์ ที่ควิตซ์ไชเกิล 60% ควบคุมแบบวงปิด ที่ความเร็วลม 3 m/s และความแปรปรวนลม 2 %	70
4.19 สัญญาณแรงดันอินพุต 40 โวลต์ แรงดันเอาต์พุต 311 โวลต์ ที่ควิตซ์ไชเกิล 40% ควบคุมแบบวงปิด ที่ความเร็วลม 4 m/s และความแปรปรวนลม 2 %	71
4.20 สัญญาณแรงดันอินพุต 60 โวลต์ แรงดันเอาต์พุต 311 โวลต์ ที่ควิตซ์ไชเกิล 30% ควบคุมแบบวงปิด ที่ความเร็วลม 5 m/s และความแปรปรวนลม 2 %	71
4.21 สัญญาณแรงดันอินพุต 35 โวลต์ แรงดันเอาต์พุต 311 โวลต์ ที่ควิตซ์ไชเกิล 60% ควบคุมแบบวงปิด ที่ความเร็วลม 3 m/s และความแปรปรวนลม 5 %	72
4.22 สัญญาณแรงดันอินพุต 50 โวลต์ แรงดันเอาต์พุต 311 โวลต์ ที่ควิตซ์ไชเกิล 40% ควบคุมแบบวงปิด ที่ความเร็วลม 4 m/s และความแปรปรวนลม 5 %	72
4.23 สัญญาณแรงดันอินพุต 65 โวลต์ แรงดันเอาต์พุต 311 โวลต์ ที่ควิตซ์ไชเกิล 30% ควบคุมแบบวงปิด ที่ความเร็วลม 5 m/s และความแปรปรวนลม 5 %	73