

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพประกอบ	ฎ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย	6
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย	6
1.5 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	7
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง (Power) ที่ได้จากกังหันลมและความเร็วรอบ ของกังหันลม	8
2.2 แอร์ฟอยล์ แรงยกและแรงต้าน (Airfoil, Lift and Drag)	9
2.3 สัมประสิทธิ์แรงยกเทียบกับมุมปะทะ	10
2.4 แรงและความเร็วลมที่กระทำกับใบพัดของกังหันลม	12
2.5 การออกแบบกังหันลมเพื่อให้ได้กำลังสูงสุด	14
บทที่ 3 การออกแบบและคำนวณ	
3.1 การออกแบบและการสร้าง	16
3.1.1 การออกแบบกังหันลมและกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลม	16
3.1.2 การสร้างชุดควบคุมการทำงานของกลไก	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การคำนวณ	35
3.2.1 การคำนวณความเหมาะสมของขนาดใบพัดกังหันลมที่ออกแบบ	35
3.2.2 การคำนวณขนาดมุมพิทช์ของใบพัดกังหันลม (β) ในสถานะการทำงานปกติ	35
3.2.3 การคำนวณ โมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia) ของกังหันลมที่ออกแบบ	36
บทที่ 4 การวิเคราะห์ระบบการทำงานของกลไก โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	41
บทที่ 5 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดสอบ	
5.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ	51
5.1.1 อุโมงค์ลม	51
5.1.2 ชุดทดสอบกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลม	52
5.1.3 ชุดเก็บข้อมูล	53
5.2 วิธีดำเนินการวิจัย	55
5.3 วิธีการทดสอบ	59
5.4 วิธีวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบ	63
บทที่ 6 ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบ	
6.1 ความสามารถของกลไกในการควบคุมความเร็วรอบของกังหันลมให้คงที่เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วเพิ่มขึ้น	64
6.2 ความสามารถของกลไกในการควบคุมความเร็วรอบของกังหันลมให้คงที่เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วลดลง	65
6.3 การทำงานของกลไกเมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม ในขณะที่กังหันลมอยู่นิ่ง	67
6.4 การทำงานของกลไกเมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม ในขณะที่ความเร็วรอบของกังหันลมอยู่ในสถานะคงตัว	69

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	
7.1 สรุปผลการวิจัย	72
7.2 ข้อเสนอแนะ	73
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมการทำงานของกลไกที่ออกแบบ	79
ภาคผนวก ข ตารางบันทึกผลการทดสอบ	112
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานบอร์ดขับสเต็ปมอเตอร์และบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ ANT-32 V3.0	120
ภาคผนวก ง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของส่วนประกอบภายในกลไก ที่ออกแบบ	156
ภาคผนวก จ ตารางข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย	167
ภาคผนวก ฉ การทดสอบความเร็วลมภายในอุโมงค์ลมสำหรับใช้ทดสอบ การทำงานของกลไกที่ออกแบบ	178
ประวัติผู้เขียน	186

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แสดงการเลือกออกแบบอัตราส่วนความเร็วปลายใบพัดให้มีความสัมพันธ์กับ จำนวนใบพัดของกังหันลม	15
4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์แรงยก (C_L) ที่ตำแหน่งมุมปะทะ (α) ต่างๆของแอร์ฟอยล์ ชนิด U.S.A.35-B	44
6.1 แสดงผลการทดสอบความสามารถของกลไก ในการควบคุมความเร็วรอบของ กังหันลมให้คงที่ เมื่อกระแสลมที่พัดเข้ากังหันลมมีความเร็วเพิ่มขึ้น	65
6.2 แสดงผลการทดสอบความสามารถของกลไก ในการควบคุมความเร็วรอบของ กังหันลมให้คงที่ เมื่อกระแสลมที่พัดเข้ากังหันลมมีความเร็วลดลง	66
6.3 แสดงผลการทดสอบการทำงานของกลไกเมื่อมีกระแสลมพัคกระโชกเข้าปะทะ กังหันลมขณะที่กังหันลมอยู่นิ่ง	68
6.4 แสดงผลการทดสอบการทำงานของกลไกเมื่อมีกระแสลมพัคกระโชกเข้าปะทะ กังหันลมขณะที่ความเร็วรอบของกังหันลมอยู่ในสภาวะคงตัว	71
ข-1 แสดงค่าความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะอยู่ตัว เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะ กังหันลมมีความเร็วเพิ่มขึ้น	113
ข-2 แสดงค่าความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะอยู่ตัว เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะ กังหันลมมีความเร็วลดลง	113
ข-3 แสดงค่าความเร็วรอบของกังหันลม เมื่อมีกระแสลมพัคกระโชกเข้าปะทะ ในขณะที่กังหันลมอยู่นิ่ง ทำการทดสอบที่ความถี่ของอินเวอร์เตอร์ 30 Hz (ความเร็วลม 8.62 m/s)	114
ข-4 แสดงค่าความเร็วรอบของกังหันลม เมื่อมีกระแสลมพัคกระโชกเข้าปะทะ ในขณะที่กังหันลมอยู่นิ่ง ทำการทดสอบที่ความถี่ของอินเวอร์เตอร์ 25 Hz (ความเร็วลม 6.98 m/s)	115
ข-5 แสดงค่าความเร็วรอบของกังหันลม เมื่อมีกระแสลมพัคกระโชกเข้าปะทะ ในขณะที่กังหันลมอยู่นิ่ง ทำการทดสอบที่ความถี่ของอินเวอร์เตอร์ 20 Hz (ความเร็วลม 5.85 m/s)	116

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ข-6 แสดงค่าความเร็วรอบของกังหันลม เมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะ ในขณะที่ความเร็วรอบอยู่ในสภาวะคงตัว ทดสอบโดยเปลี่ยนความถี่ของ อินเวอร์เตอร์จาก 15 Hz (ความเร็วลม 4.46 m/s) เป็น 20 Hz (ความเร็วลม 5.82 m/s)	117
ข-7 แสดงค่าความเร็วรอบของกังหันลม เมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะ ในขณะที่ความเร็วรอบอยู่ในสภาวะคงตัว ทดสอบโดยเปลี่ยนความถี่ของ อินเวอร์เตอร์จาก 15 Hz (ความเร็วลม 4.49 m/s) เป็น 25 Hz (ความเร็วลม 6.95 m/s)	118
ข-8 แสดงค่าความเร็วรอบของกังหันลม เมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะ ในขณะที่ความเร็วรอบอยู่ในสภาวะคงตัว ทดสอบโดยเปลี่ยนความถี่ของ อินเวอร์เตอร์จาก 15 Hz (ความเร็วลม 4.41 m/s) เป็น 30 Hz (ความเร็วลม 8.57 m/s)	119
ค-1 แสดง 8255 Mode 0 Configuration	130
ค-2 แสดงการเลือกค่า Reset Pulse Width และ Watchdog Timeout	138
ค-3 แสดง Command Bytes/Definition	140
ง-1 แสดงรายละเอียดของค่าที่กำหนดใน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ควบคุมการทำงาน ของสเต็ปมอเตอร์ภายในกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลมที่ออกแบบ	158
ง-2 แสดงผลการคำนวณขนาดของมุม β' ของกลไกที่ออกแบบ	165
จ-1 แสดงคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของอากาศที่ความดันบรรยากาศ	169
จ-2 แสดงคุณสมบัติของวัสดุเนื้อเดียว	171
ฉ-1 แสดงการกระจายของกระแสลมจากค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร COV และ STDEV	183

สารบัญภาพประกอบ

รูป	หน้า
1.1 แสดงตำแหน่งมุมพิทช์ของใบพัดกังหันลม	1
1.2 แสดงส่วนประกอบของระบบควบคุมมุมพิทช์ของใบพัดกังหันลม	3
1.3 แสดงกลไกอัตโนมัติ C.V.T. ที่ใช้การจากสปริงสองตัวบนพูลเลย์	4
1.4 แสดงระบบกำลังลมที่ติดตั้งกลไก C.V.T. สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า	4
1.5 แสดงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในรอบปีที่มีความเร็วลมต่างๆ	5
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่ได้จากกังหันลมกับความเร็วรอบของกังหันลม	8
2.2 แรงยกและแรงต้านที่เกิดขึ้นบนแอร์ฟอยล์ผิวเรียบ	9
2.3 ส่วนประกอบของแอร์ฟอยล์	10
2.4 แสดงตำแหน่งของมุมปะทะ (α) ในการทดสอบหาสัมประสิทธิ์แรงยกและสัมประสิทธิ์แรงต้านของแอร์ฟอยล์	11
2.5 กราฟแสดงคุณสมบัติของแอร์ฟอยล์ชนิด U.S.A.35-B	11
2.6 แสดงการเกิดการไหลแยกของอากาศที่ไหลผ่านแอร์ฟอยล์	12
2.7 ลักษณะการทำงานและแรงที่กระทำบนใบพัดของกังหันลม	13
3.1 ขนาดและรูปร่างโดยทั่วไปของกังหันลมที่ออกแบบ	16
3.2 ส่วนประกอบของคูลและเพลารอเตอร์ส่วนหน้า	18
3.3 ขนาด รูปร่าง และส่วนประกอบของใบพัดกังหันลม	19
3.4 รูปร่างและขนาดของตัวยึดจับใบพัดและก้านใบพัด	20
3.5 รูปร่างและขนาดของแครงค์และคอนเนคตติ้งรูด	21
3.6 รูปร่างและขนาดของเพลารอเตอร์ส่วนหน้า	22
3.7 รูปร่างและขนาดของสไลเดอร์ ก้านเชื่อมต่อสไลเดอร์และเพลาลับสไลเดอร์	23
3.8 ส่วนประกอบของชุดแปลงถ่านและเพลารอเตอร์ส่วนหลัง	25
3.9 รูปร่างและขนาดของเพลารอเตอร์ส่วนหลัง	26
3.10 รูปร่างและขนาดของเสื้อดลับลูกปืนและไคเรคคัพปลิง	27
3.11 ตำแหน่งและขนาดของร่องแปลงถ่าน	28

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.12 ตำแหน่งและขนาดของรูด้านข้างร่องแปลงถ่าน	28
3.13 การพันเทปพันสายไฟและกระดวยการครอบร่องแปลงถ่าน	28
3.14 รูปร่างและขนาดของแผ่นทองแดงที่ใช้ทำร่องแปลงถ่าน	29
3.15 การเดินสายไฟและการบัดกรีสายไฟฟ้ากับแผ่นทองแดงที่ใช้ทำร่องแปลงถ่าน	29
3.16 การติดตั้งแผ่นทองแดงลงในร่องแปลงถ่าน	30
3.17 รูปร่างและขนาดของแผ่นตัดลำแสงเซนเซอร์ แท่งพลาสติกสำหรับบรรจุ แท่งแปลงถ่านและแผ่นรองแท่งพลาสติกสำหรับบรรจุแท่งแปลงถ่าน	31
3.18 รูปร่างและขนาดของแท่นรองรับชุดทดสอบ	32
3.19 แสดงส่วนประกอบของชุดควบคุมการทำงานของกลไกที่ออกแบบ	33
3.20 แสดงวงจรภายในของชุดควบคุมการทำงานของกลไกที่ออกแบบ	34
3.21 รูปร่างและขนาดของกังหันลมที่ใช้พิจารณาหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อย	36
3.22 แสดงรูปร่างของก้านใบพัดของกังหันลมสำหรับคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อย	38
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมการไหล (ϕ) และรัศมีใบพัดของกังหันลม ที่ตำแหน่ง r ใดๆ	43
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์แรงยกและมุมปะทะของแอร์ฟอยล์ ชนิด U.S.A.35-B	45
4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมที่ความเร็วลมต่างๆ เทียบกับเวลา ในช่วง 0-45 วินาที	49
4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมที่ความเร็วลมต่างๆ เทียบกับเวลา ในช่วง 0-15 วินาที	49
5.1 อุโมงค์ลมสำหรับใช้ทดสอบการทำงานของกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัด ของกังหันลม	51
5.2 กังหันลมที่ใช้ทดสอบขณะติดตั้งภายในอุโมงค์ลม	52
5.3 ส่วนประกอบต่างๆ ของชุดควบคุมการทำงานของกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัด ของกังหันลม	53

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
5.4 เครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดร้อน	54
5.5 เครื่องวัดความเร็วรอบ	54
5.6 นาฬิกาจับเวลา	55
5.7 รูปแบบการทำงานของกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลมที่ออกแบบ	56
5.8 แสดงอัลกอริทึมของระบบกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลมที่ออกแบบ	57
5.9 การปรับขนาดมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลมในสภาวะเริ่มต้นการทำงานของกลไก	58
5.10 การติดตั้งชุดทดสอบกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลมภายในอุโมงค์ลม	60
6.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะคงตัวเทียบกับเวลา เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วเพิ่มขึ้น	65
6.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะคงตัวเทียบกับเวลา เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วลดลง	66
6.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมเทียบกับเวลา เมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลมในขณะที่กังหันลมอยู่นิ่ง	68
6.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะคงตัวเทียบกับเวลา เมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลมในขณะที่กังหันลมอยู่นิ่ง	69
6.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมเทียบกับเวลา เมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม ในขณะที่ความเร็วรอบของกังหันลมอยู่ในสภาวะคงตัว	70
6.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะคงตัวเทียบกับเวลา เมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม ในขณะที่ความเร็วรอบของกังหันลมอยู่ในสภาวะคงตัว	71
7.1 หลักการทำงานของกลไกอัตโนมัติสำหรับพื้นที่ที่กระแสลมกระทำกับใบพัดของกังหันลมหลบทิศทางของกระแสลม	74
ก-1 แสดงตำแหน่งต่างๆ ของบอร์ดขับเคลื่อนปั๊มมอเตอร์	121
ก-2 แสดงวงจรภายในของบอร์ดขับเคลื่อนปั๊มมอเตอร์	122
ก-3 แสดงบอร์ด ANT-32 V3.0 และตำแหน่งจัมป์เปอร์บนบอร์ด	125

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
ค-4 การเลือกใช้น้ำหน่วยความจำโปรแกรมภายใน/ภายนอก (จัมพ์เปอร์ EA)	126
ค-5 แสดงการเลือกหน่วยความจำ U2 (จัมพ์เปอร์ U2 SIZE)	127
ค-6 แสดงการเลือกหน่วยความจำ U3 (จัมพ์เปอร์ U3 SIZE)	127
ค-7 แสดงการเลือกหน่วยความจำ U4 (จัมพ์เปอร์ U4 SIZE)	128
ค-8 แสดงการใช้จัมพ์เปอร์ RESET	135
ค-9 แสดงการใช้จัมพ์เปอร์ PF	136
ค-10 แสดงการใช้จัมพ์เปอร์ BACKUP	137
ค-11 แสดงการใช้งาน Watchdog Timer	138
ค-12 แสดงลักษณะสัญญาณ RS232 และการต่อสาย	153
ค-13 แสดงรายละเอียดของ Connector และ Chip	153
ค-14 แสดงวงจรภายในของบอร์ด ANT-32 V3.0	155
ง-1 ระบบกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลมที่ออกแบบเขียนในรูปแบบอย่างง่าย	157
ง-2 กราฟแสดงลักษณะการทำงานของส่วนควบคุม	159
ง-3 ตัวอย่างแสดงลักษณะการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ แบบ 3 เฟส	160
ง-4 ส่วนประกอบและรายละเอียดของสกรูจับสไลด์เคอร์	160
ง-5 ส่วนประกอบและรายละเอียดของเครงค์และคอนเนคติ่งรอด	161
ง-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนที่ของสไลด์เคอร์และขนาดของมุม	166
จ-1 กราฟแสดงคุณสมบัติของแอร์ฟอยล์ชนิด U.S.A.35-B	168
ฉ-1 แสดงลักษณะทั่วไปและตำแหน่งหน้าตัด A-A ภายในอุโมงค์ลม	178
ฉ-2 แสดงตำแหน่งสำหรับวัดความเร็วลมบนหน้าตัด A-A	179
ฉ-3 แสดงค่าความเร็วลมที่ตำแหน่ง AS1 ถึง AS8 บนหน้าตัด A-A	180
ฉ-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเฉลี่ยและความถี่ที่ป้อนให้เครื่อง ปรับรอบมอเตอร์	182
ฉ-5 แสดงพื้นที่การกระจายความเร็วลมบนหน้าตัด A-A ภายในอุโมงค์ลม	184

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A_b	พื้นที่เงาของใบพัดกังหันลม	m^2
a	Axial Induction Factor	-
a'	Tangential Induction Factor	-
B	จำนวนใบพัดของกังหันลม	ใบ
b	ความยาวของใบพัดกังหันลม	m
C_D	สัมประสิทธิ์แรงต้านของแอร์ฟอยล์	-
C_L	สัมประสิทธิ์แรงยกของแอร์ฟอยล์	-
C_{L0}	สัมประสิทธิ์แรงยกของแอร์ฟอยล์ที่มุมปะทะเท่ากับ 0 องศา	-
C_L'	ความชันของกราฟ C_L เทียบกับ α ก่อนถึงจุดร่วงหล่น	-
$C_{L, max}$	สัมประสิทธิ์แรงยกสูงสุดของแอร์ฟอยล์	-
c	ความยาวคอรัคของใบพัดกังหันลม	m
D	แรงต้านที่เกิดขึ้นบนใบพัดของกังหันลม	N
d	ความยาวของคอนเนคติ้งรูด	m
dL	แรงยกที่เกิดขึ้นบนส่วนย่อยๆ ของใบพัดกังหันลม	N
dQ	ทอร์กที่เกิดขึ้นบนส่วนย่อยๆ ของใบพัดกังหันลม	N.m
dr	ส่วนย่อยๆ ของใบพัดกังหันลม	m
E	ความต่างศักย์	Volt
$e(t)$	ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในระบบควบคุมในรูปฟังก์ชันของเวลา t	-
F	แรงที่เกิดขึ้นบนใบพัดของกังหันลม	N
I_1	กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่เจนเนอเรเตอร์	Ampare
I_{wt}	โมเมนต์ความเฉื่อยของกังหันลม	$kg.m^2$
$(I_{xx})_b$	โมเมนต์ความเฉื่อยของใบพัดกังหันลมรอบแกน x	$kg.mm^2$
$(I_{xx})_{bs}$	โมเมนต์ความเฉื่อยของก้านใบพัดกังหันลมรอบแกน x	$kg.mm^2$
$(I_{xx})_r$	โมเมนต์ความเฉื่อยของเพลารูเตอร์รอบแกน x	$kg.mm^2$

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$(I_{xx})_s$	โมเมนต์ความเฉื่อยของสเต็ปป์มอเตอร์รอบแกน x	kg.mm^2
k	รัศมีไจเรชั่น	mm
L	แรงยกที่เกิดขึ้นบนใบพัดของกังหันลม	N
L_{bs}	ความยาวของก้านใบพัดของกังหันลม	mm
$m(t)$	จำนวนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่เฟสของสเต็ปป์มอเตอร์ ในรูปฟังก์ชันของเวลา t	ครั้ง
m_b	มวลของใบพัดกังหันลม	kg
m_{bs}	มวลของก้านใบพัดกังหันลม	kg
m_r	มวลของเพลาโรเตอร์	kg
m_s	มวลของสเต็ปป์มอเตอร์	kg
P	กำลังที่ได้จากกังหันลม	Watt
p	ระยะพิทช์ของสกรูขับสไลเดอร์	m
Q	แรงบิดที่เกิดขึ้นจากกังหันลม	N.m
R	รัศมีใบพัดของกังหันลม	m
R_i	รัศมีโคนใบพัดของกังหันลม	m
r	รัศมีที่ตำแหน่งใดๆ ของใบพัดกังหันลม	m
r_{bs}	รัศมีของก้านใบพัดกังหันลม	mm
r_r	รัศมีของเพลาโรเตอร์	mm
r_s	รัศมีของสเต็ปป์มอเตอร์	mm
t	เวลา	sec
V	ความเร็วของกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลม	m/s
$x(t)$	ระยะการเคลื่อนที่ของสไลเดอร์ในรูปฟังก์ชันของเวลา t	m
φ	มุมเฟสระหว่างกระแส I_1 และความต่างศักย์ E	degree
ρ	ความหนาแน่นของอากาศ	kg/m^3

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
ϕ	มุมการไหล	degree
α	มุมปะทะ	degree
γ	มุมระหว่างแนวการเคลื่อนที่ของสไลเดอร์กระทำกับ คอนเนคติ้งรอก	rad
β	มุมพิทช์ของใบพัดกังหันลม	degree
β_0	ขนาดเริ่มต้นของมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลม	degree
β'	มุมระหว่างแนวการเคลื่อนที่ของสไลเดอร์กระทำกับแรงค	rad
$\beta(t)$	ขนาดมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลมในรูปฟังก์ชันของเวลา t	rad
λ	อัตราส่วนความเร็วปลายใบพัดของกังหันลม	-
λ_r	Local Speed Ratio	-
Ω	ความเร็วรอบของกังหันลม	rad/sec
Ω_{act}	ความเร็วรอบของกังหันลมที่ถูกวัดโดยเซนเซอร์	rpm
Ω_{set}	ความเร็วรอบของกังหันลมที่ถูกกำหนดไว้ใน โปรแกรมคอมพิวเตอร์	rpm
$\theta(t)$	มุมการหมุนของสแตปปีงมอเตอร์และเพลตสกรูในรูป ฟังก์ชันเวลา t	rad