

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
ABSTRACT	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฐ
รายการสัญลักษณ์	ฒ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 สารสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	6
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	7
บทที่ 2 ทฤษฎีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	8
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	8
2.2 ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	10
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็ว ความถี่ และจำนวนขั้วแม่เหล็ก	14
2.4 การออกแบบชุดขดลวดอาร์เมเจอร์สำหรับเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสสลับ	14
2.5 ตัวประกอบชุดขดลวด	15
2.6 สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้า	15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับแม่เหล็กถาวร	16
2.8 การคำนวณกำลังที่ได้รับจากลม	17
2.9 การคำนวณกำลังที่ได้จากกังหัน	18
2.10 การคำนวณความเร็วรอบของกังหันลม	20
2.11 หลักการทำงานของกังหันลม	21
2.12 ความเร็วลมระดับต่างๆที่มีผลต่อกังหัน	22
2.13 ข้อเปรียบเทียบกังหันลมแกนนอนและกังหันลมแบบแกนตั้ง	23
2.14 แบตเตอรี่	24
2.15 เครื่องควบคุมการประจุ	29
บทที่ 3 การออกแบบ สร้าง และวิธีการทดสอบ	33
3.1 การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับกังหันลม	33
3.2 การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรสำหรับกังหันลม	42
3.3 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร	45
บทที่ 4 ผลการศึกษา	50
4.1 การออกแบบและการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวร	50
4.2 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร	72
4.3 เปรียบเทียบผลการออกแบบกับผลการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	78
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	79
5.1 สรุปผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	79
5.2 ข้อเสนอแนะ	80

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	81
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ข้อมูลการออกแบบ	85
ภาคผนวก ข การคำนวณ	94
ภาคผนวก ค ผลการทดลอง	113
ภาคผนวก ง การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	117
ภาคผนวก จ บทความที่ตีพิมพ์	122
ภาคผนวก ฉ งบประมาณตลอดการทำวิจัย	134
ประวัติผู้เขียน	136

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน ช่วงเดือนมิถุนายน 2551- พฤษภาคม 2552 รวม 12 เดือน	33
ตารางที่ 4.1 การประมาณภาระทางไฟฟ้าจากการใช้งานระบบแสงสว่าง และโทรทัศน์ ของที่อยู่อาศัยในแต่ละวัน	52
ตารางที่ 4.2 ช่วงเวลา และจำนวนชั่วโมงที่มีความเร็วลมมากกว่า 3.5 m/s ในแต่ละเดือน	54
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	71
ตารางที่ ก.1 คุณสมบัติของหลอด LED Bulb 5 W 85-256V 50-60 Hz Warm White	87
ตารางที่ ก.2 ความส่องสว่างในพื้นที่ใช้งานต่างๆในบ้านอยู่อาศัย	88
ตารางที่ ก.3 ความสมดุลระหว่างความส่องสว่างของพื้นที่ใช้งานและข้างเคียง	88
ตารางที่ ก.4 เบอร์ของขดลวด	91
ตารางที่ ข.1 แสดงขนาดจากการคำนวณหารัศมีในสุดและนอกสุดของสเตเตอร์	107
ตารางที่ ข.2 ค่าเปรียบเทียบความหนาแน่นแรงบิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบ ทั้งชนิดแม่เหล็ก และจำนวนชั้น	107
ตารางที่ ข.3 ค่าเปรียบเทียบต้นทุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบทั้งชนิดแม่เหล็ก และจำนวนชั้น	108
ตารางที่ ข.4 ค่าเปรียบเทียบต้นทุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อความหนาแน่นแรงบิด โดยเปรียบเทียบทั้งชนิดแม่เหล็ก และจำนวนชั้น	109
ตารางที่ ค.1 ประสิทธิภาพที่ความเร็วรอบ 85 rpm	114
ตารางที่ ค.2 ประสิทธิภาพที่ความเร็วรอบ 100 rpm	115
ตารางที่ ค.3 ประสิทธิภาพที่ความเร็วรอบ 150 rpm	115

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ค.4 ประสิทธิภาพที่ความเร็วรอบ 200 rpm	115
ตารางที่ ค.5 ประสิทธิภาพที่ความเร็วรอบ 250 rpm	116
ตารางที่ ค.6 ประสิทธิภาพที่ความเร็วรอบ 300 rpm	116
ตารางที่ ค.7 ประสิทธิภาพที่ความเร็วรอบ 350 rpm	116
ตารางที่ ฉ.1 แสดงรายละเอียดงบประมาณการวิจัย	135

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 หลักการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า	9
รูปที่ 2.2 ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำตามกฎมือขวาของเฟลมมิ่ง	9
รูปที่ 2.3 วงจรเปรียบเทียบอย่างง่ายของเครื่องกลไฟฟ้า	10
รูปที่ 2.4 ผังการไหลของพลังงาน	12
รูปที่ 2.5 ประสิทธิภาพของเครื่องกลไฟฟ้า	13
รูปที่ 2.6 มวลของอากาศเคลื่อนที่ผ่านท่อวงกลม	17
รูปที่ 2.7 ความเร็วลมก่อนเข้าใบพัดกังหัน และออกจากใบกังหัน	18
รูปที่ 2.8 อัตราส่วนความเร็ว ณ ปลายใบพัดเมื่อเทียบกับความเร็วลม	20
รูปที่ 2.9 การประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่	26
รูปที่ 2.10 การจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดของแบตเตอรี่	26
รูปที่ 2.11 เครื่องควบคุมประจุแบบอนุกรม	31
รูปที่ 2.12 เครื่องควบคุมประจุแบบขั้น	32
รูปที่ 3.1 รูปประกอบการคำนวณวงจรแม่เหล็ก	40
รูปที่ 3.2 รูปภาพแสดงการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร โดยโปรแกรม Solidworks	42
รูปที่ 3.3 ชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรที่สร้างเสร็จ	43
รูปที่ 3.4 แผนผังวงจรไฟฟ้าและรูปภาพการติดตั้งชุดไดโอดและชุดความต้านทาน	44
รูปที่ 3.5 แผนผังการติดตั้งชุดอุปกรณ์วัดแรงบิดเพลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและการติดตั้งจริง	45
รูปที่ 3.6 รูปภาพแสดงชุดวัดแรงบิดเพลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร	46
รูปที่ 3.7 รูปภาพแสดงอุปกรณ์จำลองการดึงภาระทางไฟฟ้า	46
รูปที่ 3.8 รูปภาพมอเตอร์ 3 เฟสขนาด 3 แรงม้า	47
รูปที่ 3.9 รูปภาพเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์	47
รูปที่ 3.10 รูปภาพมัลติมิเตอร์	48
รูปที่ 3.11 แผนผังแสดงการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.1 การประมาณภาระทางไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง และโทรทัศน์ของที่อยู่อาศัยในแต่ละวัน	53
รูปที่ 4.2 ความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน สถานีโครงการหลวงแม่แฮ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่	53
รูปที่ 4.3 ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงในเดือนพฤษภาคม	55
รูปที่ 4.4 พลังงานจากกังหันลมและภาระทางไฟฟ้าของที่อยู่อาศัยสำหรับการกักเก็บพลังงาน	56
รูปที่ 4.5 รูปประกอบการคำนวณวงจรแม่เหล็ก	63
รูปที่ 4.6 รูปประกอบการคำนวณขดลวด	66
รูปที่ 4.7 การวางขดลวดบนสเตเตอร์ และแม่เหล็กบนโรเตอร์	68
รูปที่ 4.8 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรที่ถูกสร้างขึ้นโดยโปรแกรม Solidworks	71
รูปที่ 4.9 ชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรที่สร้างเสร็จ	72
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและกำลังขาเข้าที่ความเร็วรอบต่างๆ	72
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและกำลังขาออกที่ความเร็วต่างๆ	73
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส และแรงดันไฟฟ้า	74
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส และประสิทธิภาพ	75
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด กับความเร็วรอบการหมุน	76
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังขาเข้า กำลังที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรผลิตได้ ประสิทธิภาพ กับความเร็วรอบการหมุน	77
รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ และแรงดันไฟฟ้า ที่เปรียบเทียบจาก การออกแบบและการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	78
รูปที่ ก.1 หลอด LED (Light Emitting Diode)	86
รูปที่ ก.2 แผนผังกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มีอยู่ในปัจจุบัน	93
รูปที่ ข.1 ภาระแรงที่กระทำต่อส่วนต่างๆของเพลลา	110

รายการสัญลักษณ์

P	กำลังกังหันลม (W)
C_p	Coefficient of Performance
A	พื้นที่การกวาด (m^2)
V	ความเร็วลม (m/s)
p	จำนวนขั้วแม่เหล็ก (pole)
n_{coil}	จำนวนขดลวด
f	ความถี่ที่พิกัดทั่วไป (Hz)
N	จำนวนรอบการหมุน (rpm)
V_{Tip}	ความเร็วที่ปลายใบพัด (m/s)
V_{in}	ความเร็วลมที่พัดเข้ากังหัน (m/s)
TSR	อัตราส่วนความเร็วที่ปลายใบพัดเมื่อเทียบกับความเร็วลม (ลมที่พัดเข้ากังหัน)
α_1	ขนาดองศาไฟฟ้าแต่ละขดลวด
ϕ	เส้นแรงแม่เหล็ก (W_b)
B	ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (T)
H	ความเข้มสนามแม่เหล็ก
ℓ	ความหนาของแม่เหล็ก (mm)
μ_r	ความซึมแม่เหล็กสัมพัทธ์ (H/m)

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

μ_o	ความซึมแม่เหล็ก (H/m)
g	ระยะ Air gap (mm)
N_{ph}	จำนวนรอบของขดลวดต่อเฟส
J	ความหนาแน่นของกระแส (A/mm ²)
A_{wire}	พื้นที่หน้าตัดของขดลวด (mm ²)
I_{rated}	แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (A)
ρ_t	ขดลวดที่อุณหภูมิขณะทำงาน โดยกำหนดให้อุณหภูมิทำงาน 40°C (nΩ.m)
ρ_{20}	สภาพต้านทานของขดลวดที่อุณหภูมิ 20°C (nΩ.m)
a_1	ความหนาของขดลวด (mm)
%DOD	ประจุภายในแบตเตอรี่ (%)
X_L	ความต้านทานเชิงความเหนี่ยวนำ (Ω)
x	ความกว้างของขดลวดทองแดง (mm)
LMT	ความยาวต่อขดลวด (mm)
r	รัศมีของขดลวดทองแดง (mm)
R	ความต้านทาน (Ω)
L	ความเหนี่ยวนำ (mH)
Z	ความต้านทานอิมพีแดนซ์ (Ω)

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

E_{DC}	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (volt)
E_{AC}	แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (volt)
V_D	แรงดันไฟฟ้าคร่อมไดโอด (volt)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved