สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ **ก**
บทคัดย่อภาษาไทย **ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ **ค**
สารบัญ **ง**
สารบัญตาราง **ฉ**
สารบัญภาพ **ช**

บทที่

1. บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่ได้รับ 2
2. ทฤษฎีกังหันลมและการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.2 การเกิดลม 7
2.2.1) ลมประจำฤดู 7
2.2.2) ลมประจำเวลา 9
2.2.3) ลมประจำถิ่น 11
2.3 ทฤษฎีกังหันลมที่เกี่ยวข้อง 12
2.3.1) พลังงานลมและกังหันลม 12
2.3.2) กังหันลม 19

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกังหันลม 21
3.1 แบบจำลองลม 21
3.2 แบบจำลองของกังหันลม 21
3.2.1 แบบจำลองของชุดส่งกำลัง 22
3.2.2แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 22
3.2.3 แบบจำลองวงจรเรียงกระแสสามเฟส 23
3.2.4 แบบจำลอง Boost Converter และการควบคุม 23
3.2.5 แบบจำลอง Inverter 23

3.3 การออกแบบระบบส่งกำลังสำหรับกังหันลม 24
3.3.1 พลังงานลม 24
3.3.2 อัตราทดเกียร์ 25
3.4 สรุปผลการทดลองแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 28
4. การทดสอบกังหันลมและกังหันลมที่ติดตั้งระบบส่งกำลัง 29
4.1 วิธีการทดสอบ 29
4.2 การสร้างเครื่องทดสอบ 32
4.3 กังหันลมและอุปกรณ์ต่อพ่วง 33
4.4 ขั้นตอนการทดสอบ 38
4.5 วิธีการวิเคราะห์ 40
4.6 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงาน ของใบกังหันลม 41
4.7 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงาน ของกังหันลมที่ติดตั้งชุดส่งกำลัง 47
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไปในอนาคต 49
5.1 สรุปผลการวิจัย 49
5.2 ข้อเสนอแนะ 49

เอกสารอ้างอิง 50
ภาคผนวก 51

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ตารางแสดงเงื่อนไขที่ใช้ในการเลือกวิธีการทดสอบกังหันลม 31
4.2 บันทึกผลการทดลอง 41
4.3 Tip Speed Ratio, กำลังทางกลและไฟฟ้า, กำลังลมและประสิทธิภาพของกังหันลม 43
4.4 บันทึกผลการทดลองกังหันลมติดตั้งชุดส่งกำลัง 47

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 8
2.2 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ 8
2.3 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 9
2.4 ลมบก 10
2.5 ลมทะเล 10
2.6 ลมภูเขา 11
2.7 ลมหุบเขา 11
2.8 ลักษณะของความเร็วลมภายใต้ชั้นบรรยากาศ (atmosphere boundary layer) 13
2.9 air stream flow through wind turbine 14
2.10 ประสิทธิภาพของกังหันลม 17
2.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง c_P- λ ที่ค่ามุม pitch β ต่างๆ 18
2.12 กังหันลมแบบแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine, HAWT) 19
2.13 กังหันลมแบบแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine, VAWT) 20
3.1 แสดงแผนผังการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆของกังหันลม 21
3.2 Optimal Wind Power ที่ความเร็วลมต่างๆ 26
3.3 พลังงานลมของกังหันลมที่ระดับความเร็วลมต่างๆ เมื่อมีการประยุกต์ใช้ชุดเกียร์ส่งกำลัง 26
3.4 กำลังไฟฟ้าจากกังหันลมขนาด 500 วัตต์ ที่ติดตั้งชุดส่งกำลัง 27
3.5 กำลังไฟฟ้าจากกังหันลมขนาด 500 วัตต์ ที่ติดตั้งชุดส่งกำลัง 27
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพกังหันลมในอุโมงค์ลม 30
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพกังหันลมโดยการติดตั้งภายใต้สถานการณ์จริง 30
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพกังหันลมโดยใช้รถบรรทุกความคุมความเร็วลม 31
4.4 รถทดสอบกังหันลมติดตั้งเครื่องทดสอบประสิทธิภาพใบพัดกังหันลม 32
4.5 เครื่องทดสอบประสิทธิภาพใบพัดกังหันลม 33
4.6 บล็อกไดอะแกรมขอแสดงผังวงจรเครื่องทดสอบประสิทธิภาพใบพัดกังหันลม 33
4.7 กังหันลมสูบน้ำเข้านาเกลือ หรือ Cretan Wind Turbine 34
4.8 กังหันลมที่ใช้ในการทดสอบหาประสิทธิภาพ 34
4.9 มอเตอร์ที่ใช้ทำเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 24 V 35
4.10 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 24 V หลังทำการดัดแปลง 36
4.11 ชุดส่งกำลังจากเพลากังหันลมมายังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 36

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.12 เครื่องควบคุมการชาร์จไฟฟ้า 37
4.13 แบตเตอร์รี่แบบ Deep Cycle 38
4.14 เครื่องวัดความเร็วลม Anenometer และทิศทางลม Vane 40
4.15 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลความเร็วลม 40
4.16 แสดงกราฟการทดลองระหว่างความเร็วลมและความเร็วรอบกังหันลม 42
4.17 แสดงกราฟแรงดันไฟฟ้าและความเร็วลม 43
4.18 แสดงกราฟกระแสไฟฟ้าและความเร็วลม 44
4.19 แสดงกราฟกำลังไฟฟ้าและความเร็วลม 45
4.20 กำลังไฟฟ้ากับความเร็วลมที่อัตราเกียร์ทดต่างๆ 48