กิตติกรรมประกาศ

การศึกษา และการจัดทำรายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ส่งเสริมและสนับสนุนการทำวิจัย และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2552 และ 2553

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2556

การออกแบบ สร้าง และทดสอบสมรรถนะกังหันลมความเร็วต่ำเพื่อผลิตไฟฟ้า

Infrared Vacuum Dryer

ทรงสุภา พุ่มชุมพล อำไพศักดิ์ ทีบุญมา และ เมืองมนต์ เนตรหาญ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Songsupa Pumchumpol Umphisak Teeboonma and Muangmon Nethran

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า ให้มีความเหมาะสมกับความเร็วลมต่ำตามศักยภาพพลังงานลมของจังหวัดนครพนม โดยได้ออกแบบกังหันลมชนิดแกนนอน มีพิกัดในการผลิตกระแสไฟฟ้าประมาณ 800 วัตต์ ระบบที่ออกแบบเน้นความง่ายไม่ซับซ้อน บำรุงรักษาง่าย ใช้วัสดุในประเทศ และต้นทุนต่ำ ทำการติดตั้งเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพกังหันลม ที่ระดับความสูง 14 เมตร ณ โรงเรียนวังกระแสวิทยา อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม ซึ่งลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกับพื้นที่ทั่วไปของจังหวัดนครพนม นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ยังได้ วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย และระยะเวลาคืนทุน ผลจากการศึกษาพบว่ากังหันลมเริ่มผลิตกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วลม 2.0 เมตร/วินาที กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้เท่ากับ 785 วัตต์ ที่ความเร็วลม 11.5 เมตร/วินาที โดยมีสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดเท่ากับ 0.31 ที่ความเร็วลม 4.5 เมตร/วินาที และผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 440 kWh/ปี ในส่วนของการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย เท่ากับ 16.93 บาท และมีระยะคืนทุน เท่ากับ 29.92 ปี นอกจากนั้นยังพบว่าการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้กังหันลมจะมีความน่าสนใจในการลงทุนก็ต่อเมื่อค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยมากกว่า 8 บาทต่อหน่วย

ศัพท์สำคัญ : กังหันลมความเร็วต่ำ ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิต ระยะคืนทุน

ABSTRACT

The purpose of this research was to design, construct and test a wind turbine used to generate electricity at low-speed conditions that is suitable for the condition in Nakhonphanom Province. The Horizontal-Axis Wind Turbine (HAWT) which generates electricity at approximately 800 W was designed, constructed and tested at 14 m height in Wangkrasae School, Plapak District, Nakhonphanom Province where the general topography is similar to other regions of Nakhonphanom Province. The designed wind turbine system was concerned on four principal advantages, i.e., low cost of investment, simplicity of the system, easiness to maintain and using domestic materials. The unit cost of electric energy and the payback period of system were also analyzed. The experimental results obviously showed that the system is cut in at wind speed of 2.0 m/s. The maximum electricity produced by the system is 785 W for wind speed of 11.5 m/s. It was also revealed that the highest power coefficient of the wind turbine system is 0.31 for wind speed of 4.5 m/s. Furthermore, results of economic analysis indicated that unit cost of electric energy and payback period of the wind turbine system are 16.93 Baht/unit and 29.92 years, respectively. Finally, it should be noted that wind turbine electrical system is of interesting when the electric cost is higher 8 Baht/kWh.

Keywords : Low-Velocity Wind Turbine / Efficiency / Capital Cost / Payback Period

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย	**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญภาพ	**ช**
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินวิจัย	2
1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า	4
2.2 การเกิดและประเภทของลม	4
2.3 ประวัติและการประยุกต์ใช้พลังงานลม	6
2.4 ประเภทของกังหันลม	9
2.5 ส่วนประกอบของกังหันลม	11
2.6 หลักการทำงานของกังหันลม	14
2.7 การแบ่งขนาดของกังหันลม	16
2.8 การวัดลมและเครื่องมือวัดลม	16
2.9 ลมผิวพื้น	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.10 การคำนวณพลังงานและกำลังลม	21
2.11 การแจกแจงแบบไวบูลล์	26
2.12 ทฤษฎีการออกแบบใบกังหัน	29
2.13 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	33
2.14 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	35
2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	36
3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้การวิจัย	45
3.2 วิธีการดำเนินงาน	45
3.3 วิธีการเก็บและบันทึกข้อมูล	55
3.4 การประเมินศักยภาพลมโดยใช้การแจกแจงแบบไวบูลล์	56
3.5 การคำนวณหาค่าพลังงานสุทธิที่ได้ในหนึ่งปี	57
3.6 การติดตั้งชุดทดลองและการทดสอบ	57
3.7 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	57
4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพกังหันลม	60
4.2 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม	62
4.3 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	64
5 สรุปผลการศึกษา	
5.1 สรุปผลการศึกษา	66
5.2 ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	
ก ตัวอย่างรายการคำนวณ	71
ข การติดตั้งกังหันลม	86
ค ผลงานวิชาการ	93

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การพัฒนาของกังหันลมในช่วง ค.ศ. 1985-2002	9
2.2	ขนาดของกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า	16
2.3	เปรียบเทียบความเร็วลมและชนิดลมของมาตราโบฟอร์ด	18
3.1	ค่าที่ได้จากการออกแบบใบกังหัน	48
3.2	สรุปค่าพลังงานที่มีอยู่ในลม	53
3.3	ความเร็วลมเฉลี่ยในระดับความสูง 14 เมตร	55
3.4	ค่าไวบูลล์พารามิเตอร์	56
3.5	รายการวัสดุอุปกรณ์	58
4.1	ไวบูลล์พารามิเตอร์	63
4.2	ผลการประเมินศักยภาพพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในรอบปี	63
4.3	ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์	64

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลมบก และลมทะเล	5
2.2	ลมหุบเขาและลมภูเขา	5
2.3	ลักษณะโรงสีข้าวพลังงานลมแบบยุโรป	6
2.4	ลักษณะกังหันลม	9
2.5	องค์ประกอบกังหันลมแบบความเร็วคงที่ (a) องค์ประกอบกังหันลมแบบความเร็วไม่คงที่ (b) องค์ประกอบกังหันลมแบบความเร็วไม่คงที่แบบต่อตรง (c)	11
2.6	ตัวอย่างของส่วนประกอบของกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า	12
2.7	เสาแบบเสาธง แบบโครงถัก และแบบทรงกระบอกเรียว	13
2.8	ลักษณะของความเร็วลมภายใต้ชั้นบรรยากาศ	14
2.9	กำลังไฟฟ้าและช่วงการทำงานของกังหันลมแบบต่างๆ	15
2.10	ทิศทางเรียกเป็นองศาจากทิศจริง	17
2.11	ศรลม	19
2.12	แอนิโมมิเตอร์แบบรูปถ้วย	19
2.13	แอโรเวน	20
2.14	ในระดับความสูง 1 กิโลเมตร แรกจากพื้นที่มีแรงฝืดลมผิวพื้นพัดข้ามไอโซบาร์และทำมุมกับไอโซบาร์	21
2.15	การไหลของลมผ่านกังหัน	22
2.16	องค์ประกอบของความเร็วที่กระทำต่อใบพัด	24
2.17	อัตราส่วนความเร็วและสัมประสิทธิ์	25
2.18	การพิจารณาพื้นที่ใบพัด	30
2.19	มุมที่ลมกระทำกับใบกังหัน	30
2.20	เวกเตอร์ไดอะแกรมของความเร็วที่ r ใดๆ	31
3.1	กังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง	46
3.2	การแบ่งส่วนของกังหันลม	47
3.3	ใบพัด	48
3.4	ชุดกำเนิดกระแสไฟฟ้า	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.5	การทดสอบชุดกำเนิดกระแสไฟฟ้า	49
3.6	การทดสอบชุดกำเนิดกระแสไฟฟ้า	50
3.7	โครงกังหันลม	51
3.8	ชุดหางเสือ	51
3.9	เสากังหันลมแบบเสาธง	52
3.10	ชุดควบคุมการประจุ	52
3.11	ชุดแปลงกระแสไฟฟ้า	53
4.1	แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่กังหันลมผลิตได้	60
4.2	ค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลม	61
4.3	ประสิทธิภาพกังหันลม	61
4.4	ความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 10 เมตร และ 14 เมตร	62
4.5	การเปลี่ยนแปลงต้นทุนพลังงานไฟฟ้าตามอัตราดอกเบี้ย	65
4.6	การเปลี่ยนแปลงระยะคืนทุนตามราคาพลังงาน	65