การประเมินศักยภาพและทดสอบกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า: กรณีศึกษาจังหวัดนครพนม

Potential Evaluation and Test Wind Turbine for Electricity Generation: Case Study in Nakhonphanom Province

เมืองมนต์ เนตรหาญ* นันทวัฒน์ วีระยุทธ และอำไพศักดิ์ ทีบุญมา
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190 โทร 0-4535-3309 E-mail: mu_ang_mon@hotmail.com

Muangmon Nethurn*, Nantawatana Weerayuth andUmphisak Teeboonma
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University
Warinchumrab District, Ubon Ratchathani Province, 34190, Tel: 0-4535-3309, Email: mu_ang_mon@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินศักยภาพพลังงานลม ออกแบบ สร้างและทดสอบกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในเขตพื้นที่จังหวัดนครพนม ในการประเมินศักยภาพพลังงานลมได้ใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครพนม สำหรับกังหันลมที่ออกแบบในงานวิจัยเป็นชนิดแกนนอน มีขนาดพิกัด ในการผลิตกระแสไฟฟ้าประมาณ 800 วัตต์ ระบบที่ออกแบบเน้นความไม่ซับซ้อน บำรุงรักษาง่าย และต้นทุนต่ำ ได้ทำการติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพที่ โรงเรียนวังกระแสวิทยา อ. ปลาปาก จ. นครพนม ซึ่งลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกับพื้นที่ทั่วไปของจังหวัดนครพนม ผลจากการศึกษาพบว่า จังหวัดนครพนมมีศักยภาพในการผลิตพลังงานจากลม เท่ากับ 2.36 MWh/y ที่ความสูง 14 เมตร ในส่วนของการทดสอบระบบกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าพบว่า กังหันลมเริ่มผลิตไฟฟ้าที่ความเร็วลม 2.0 m/s และมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 31 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วลม 4.5 m/s

คำสำคัญ: กังหันลม, ประสิทธิภาพ, ศักยภาพพลังงานลม

ABSTRACT

The purposes of this research were to evaluate wind energy potential, design, construct, and test wind turbine for generate electricity in Nakhonphanom province. To analyze the potential of wind energy, wind data were collected from Nakhonphanom meteorology station for assessment. In this work, Horizontal-Axis Wind Turbine (HAWT) which generates electricity at around 800 W was designed, constructed and tested. Designing concept of turbine was based on three principal advantages, namely, low cost of investment, simplicity of the system, easiness to maintain, and using domestic materials. Subsequently, wind turbine was installed at Wangkrasae school, Plapak district, Nakhonphanom province for testing its efficiency. At this site, the topography is similar to other regions of Nakhonphanom province. Based on the potential evaluation, wind turbine constructed in this research can yield electric energy of 2.36 MWh/y at height 14 m. Furthermore, it was found from experimental result that cut in of wind turbine system is 2.0 m/s and the maximum efficiency is 31% under wind speed of 4.5 m/s.

Keywords: Wind turbine, efficiency, Wind energy potential

1. บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการด้านพลังงานของโลกยังคงมีอัตราเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เพียงพอกับการเจริญเติบโตด้านต่างๆ รวมทั้งการพัฒนาประเทศอย่างไม่มีขีดจำกัด เพื่อชิงความได้เปรียบทางการค้าแก่ประเทศตนเองโดยไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นตามมา โดยเฉพาะผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้พลังงานจากทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป เช่น ปิโตเลียม ถ่านหิน แร่ธาตุ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเกิดภาวะเรือนกระจก ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น จนกระทั่งเกิดภาวะโลกร้อนตามมา ดังนั้นทุกฝ่ายต้องมาช่วยกันดูแล รักษา และจัดการสิ่งแวดล้อมไม่ให้สูญเสียมากไปกว่านี้ สำหรับประเทศไทยต้องนำเข้าเชื้อเพลิงประเภทปิโตรเลียมเป็นจำนวนมาก จึงควรต้องเร่งพัฒนาและส่งเสริมเทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทน นำองค์ความรู้ที่มีอยู่มาพัฒนาใช้ให้เหมาะสมสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย [1] โดย

การศึกษาหาแหล่งพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล [2] หรือแม้แต่พลังงานลม [3] ที่สามารถหาได้ในประเทศไทย เพื่อพัฒนาไปสู่พลังงานทดแทนที่สะอาดได้ ซึ่งในปัจจุบันต่างประเทศมีการวิจัยและพัฒนากันมากในด้านพลังงานลม แต่ในประเทศไทยยังไม่แพร่หลาย ซึ่งอาจเป็นเพราะประเทศไทย มีศักยภาพพลังงานลมในระดับผิวดินต่ำ [4] เทคโนโลยีกังหันลมในต่างประเทศส่วนใหญ่จะเป็นกังหันลมที่มีขนาดใหญ่ซึ่งไม่เหมาะกับประเทศไทยที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยศึกษาถึงพลังงานลมในประเทศไทย พบว่า ประเทศไทยมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยต่ำ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญของการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม [5] แต่อย่างไรก็ตามยังมีการทดสอบกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า แบบพรอเพลเลอร์ที่นำเข้าจากต่างประเทศติดตั้งที่แหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต จ่ายไฟเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ [6,7] ส่วนกังหันลมเพื่อการสูบน้ำที่มีจำหน่ายยังคงมีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำ [8] มีบางพื้นที่ที่มีศักยภาพความเร็วลมเพียงพอสำหรับการติดตั้งกังหันลมได้

จากการศึกษารวบรวมงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ยังไม่มีการศึกษาและทดลองติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะในเขตจังหวัดนครพนม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพ ออกแบบ สร้าง และทดสอบหาประสิทธิภาพกังหันลม ในพื้นที่จริงซึ่งเป็นพื้นที่ตัวอย่างของจังหวัดนครพนม

2. ทฤษฎี

อากาศเมื่อมีการเคลื่อนที่จะมีพลังงานสะสมเกิดขึ้น นั่นคือพลังงานลม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วลมยกกำลังสาม หรือเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 1 [9]

$$W = \frac{1}{2}\rho A V^3 \qquad (1)$$

เมื่อ W = กำลังลม (W)
ρ = ความหนาแน่นของลม (kg/m^3)
A = พื้นที่กวาดของใบพัด (m^2)
V = ความเร็วลม (m/s)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกังหันลม วิเคราะห์โดยใช้สมการที่ 2 [10]

$$C_p = \frac{P}{W} \qquad (2)$$

เมื่อ C_p = ประสิทธิภาพของกังหันลม
P = กำลังไฟฟ้าที่กังหันลมผลิตได้

ในส่วนของความน่าจะเป็นของความเร็วลม ในแต่ละช่วงสามารถดำเนินการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการแจกแจงแบบไวบูลล์ ซึ่งเป็นสมการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ในเขตจังหวัดนครพนม โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (3)

$$p(V) = \left(\frac{k}{c}\right)\left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^{k}\right] \qquad (3)$$

เมื่อ p = ความน่าจะเป็น
k = พารามิเตอร์รูปร่าง
c = พารามิเตอร์ระดับ
v = ความเร็วลม

การประเมินศักยภาพพลังงานลม ซึ่งเป็นขั้นตอนการหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่น่าจะผลิตได้จากพลังงานลม ในช่วงความเร็วลมต่างๆ โดยสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 4

$$P = \Sigma\left[A_i \times B_i\right] \qquad (4)$$

เมื่อ P = พลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อปี (kWh/y)
A_i = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละช่วงความเร็ว (W)
B_i = ความต่อเนื่องของลมในแต่ละช่วงความเร็วตลอดทั้งปี (h/y)

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

กังหันลมที่ออกแบบ สร้าง และทดสอบ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้ เป็นชนิดแกนนอน (HAWT) มีขนาดพิกัดในการผลิตกระแสไฟฟ้าประมาณ 800 วัตต์ ในการออกแบบกังหันลม ได้นำข้อมูลความเร็วลมจากอุตุนิยมวิทยานครพนม และจากการตรวจวัดในสถานที่ตัวอย่างมาทำการศึกษา เพื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างของกังหันลม โดยพิจารณาออกแบบโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน บำรุงรักษาง่าย ราคาถูก วัสดุอุปกรณ์หาได้ในประเทศ สำหรับใบกังหัน ได้เลือกใบกังหันรูปแพนอากาศชนิด NACA 4415 [11] ซึ่งมีประสิทธิภาพในการรับลมที่ความเร็วลมต่ำๆ มีค่า Tip speed ratio เท่ากับ 6 จำนวน 3 ใบ เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 2.80 เมตร โครงกังหันทำจากเหล็กที่มีความหนา 9 mm ออกแบบให้มีน้ำหนักเบา แข็งแรง และบำรุงรักษาง่าย ชุดกำเนิดกระแสไฟฟ้าใช้ลวดเบอร์ 17 พันจำนวน 120 รอบ จำนวน 6 ขด ชุดแม่เหล็กใช้แม่เหล็กชนิด Neodrimime ขนาด 27x25x10 mm นำแม่เหล็กมาวางบนแผ่นเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 255 mm หนา 6 mm และมีชุดหางเสือที่ใช้ในการควบคุมกังหันเมื่อลมเปลี่ยนทิศทาง และตัดการทำงานเมื่อความเร็วลมเกิน 12 m/s เพื่อป้องกันความเสียหาย กังหันลมติดตั้งสูงจากพื้นดิน 14 m มีชุดควบคุมการชาร์จ DC ขนาด 24 Volt ชุดเก็บสะสมพลังงาน DC ขนาด 12 Volt 75 Ah 2 ลูก ชุดแปลงกระแสไฟฟ้า DC ขนาด 24 Volt เป็น AC 220 Volt ทำการติดตั้ง ณ โรงเรียนวังกระแสวิทยา อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม ดังแสดงในรูปที่ 1 ในการทดลองได้ใช้อุปกรณ์วัดความเร็วลมพร้อมทั้งวัดทิศทางลม (WIND DATA ACQUISITION SYSTEM) บันทึกข้อมูลความเร็วลมตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีค่าความแม่นยำในการวัดความเร็วลม ±0.3 m/s และค่าความแม่นยำในการวัดทิศทางลม ±3° นอกจากนั้นยังได้บันทึกกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าพลังงานและประสิทธิภาพกังหันลมตามความสัมพันธ์ในสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

การประเมินศักยภาพลมของจังหวัดนครพนม ดำเนินการโดยใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดความเร็วลมของอุตุนิยมวิทยานครพนม ในช่วงระยะเวลา 1 ปี ย้อนหลัง ที่ความสูง 10 m จากนั้นจึงหาค่าความน่าจะเป็นของความเร็วลมที่ความสูง 14 m โดยใช้สมการของ Lysen ซึ่งมีความสัมพันธ์ตามสมการที่ 5 [12]

$$\frac{V(z)}{V(z_1)} = \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_r}{z_0}\right)} \qquad (5)$$

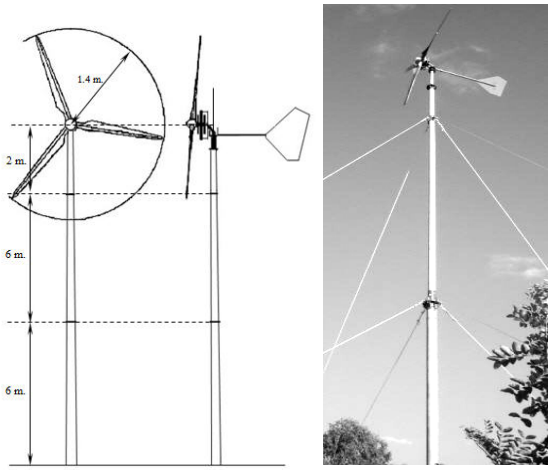
เมื่อ $V(z)$ = ความเร็ว ณ จุดตำแหน่งที่ต้องการหา

$V(z_1)$ = ความเร็ว ณ ตำแหน่งอ้างอิง

z = ระดับความสูง ณ ตำแหน่งที่ต้องการหาความเร็ว

z_0 = ระดับความสูงที่ความเร็วลมเป็นศูนย์

z_r = ระดับความสูง ณ ตำแหน่งอ้างอิง

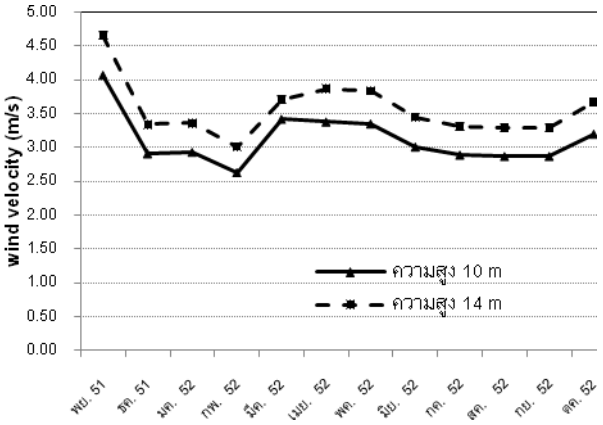


รูปที่ 1 ลักษณะการติดตั้งกังหันลม

4. ผลและการวิจารณ์

4.1 ผลการประเมินศักยภาพและความน่าจะเป็น

รูปที่ 2 นำเสนอผลการวิเคราะห์ความเร็วลมที่ระดับความสูง 14 m โดยใช้ข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 10 m เป็นฐานในการประเมิน จากรูปที่ 2 พบว่าในเดือนพฤศจิกายนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 4.1 m/s และในเดือนกุมภาพันธ์ ความเร็วลมต่ำที่สุด เท่ากับ 2.6 m/s ที่ความสูง 10 m และเมื่อหาความน่าจะเป็นที่ความสูง 14 m ในเดือนพฤศจิกายนจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 4.7 m/s และในเดือนกุมภาพันธ์จะมีความเร็วลมต่ำที่สุด เท่ากับ 3.0 m/s

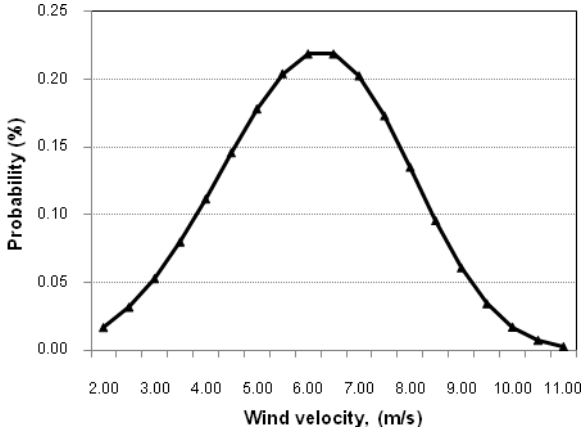


รูปที่ 2 ความเร็วลมเฉลี่ย 1 ปี

ตารางที่ 1 ไวบูลล์พารามิเตอร์ของจังหวัดนครพนม

ความสูง (m)	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	S.D. (m/s)	k	c	$\Gamma(x)$
14	3.57	1.02	3.90	6.74	0.42

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์หาไวบูลล์พารามิเตอร์ของจังหวัดนครพนม ซึ่งใช้ข้อมูลที่ได้จากรูปที่ 2 เป็นฐานในการประมวลผล และจากข้อมูลในตารางที่ 1 สามารถนำไปวิเคราะห์หาการกระจายสถิติแบบไวบูลล์ [13] เพื่อหาความน่าจะเป็นของลมแต่ละช่วงในจังหวัดนครพนม ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การแจกแจงสมการไวบูลล์ความเร็วลมที่ความสูง 14 m

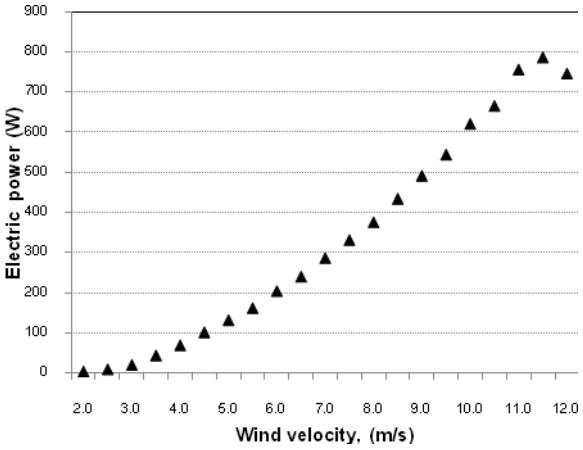
รูปที่ 3 แสดงการแจกแจงตามสมการของไวบูลล์ของความเร็วลมในแต่ละช่วง ผลการวิเคราะห์พบว่าช่วงความเร็วที่มีค่าความน่าจะเป็นสูงที่สุด คือ ช่วงความเร็วลม 6-7 m/s

4.2 ผลการทดสอบกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า

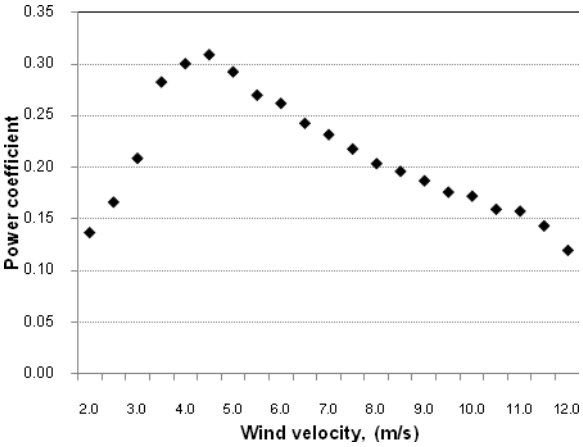
การทดสอบกังหันลมขณะใช้งานจริงในพื้นที่ตัวอย่างของจังหวัดนครพนม ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละความเร็ว มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 4 จากข้อมูลพบว่ากังหันลม

สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นและมีค่าลดลงเมื่อความเร็วลมเท่ากับ 12 m/s ทั้งนี้เนื่องจากได้ออกแบบระบบกังหันลมให้ตัดการทำงานที่ความเร็วลมเท่ากับ 12 m/s นอกจากนั้น ผลจากการทดลองยังพบว่า กังหันลมสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงที่สุดเท่ากับ 785 W ที่ความเร็วลม 11.5 m/s

รูปที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพกังหันลม ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ในช่วงเริ่มต้นกังหันลมจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และเริ่มลดลงที่ความเร็วลมเท่ากับ 5.0 m/s จากข้อมูลสามารถสรุปได้ว่า กังหันลมมีประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 31 % ที่ความเร็วลมเท่ากับ 4.5 m/s ซึ่งสอดคล้องกับการเลือกใบพัดของกังหันลมชนิดNACA 4415 ที่มีประสิทธิภาพการรับลมได้ดีในช่วงความเร็วลมต่ำ



รูปที่ 4 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลม



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพของกังหันลม

4.3 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกังหันลมที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ จากการประเมินพบว่าในช่วงระยะเวลา 1 ปี กังหันลมสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 2.36 MWh/y โดยในช่วงความเร็วลม 7-8 m/s สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุดในรอบปี

ตารางที่ 2 ศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกังหันลมในรอบหนึ่งปีของจังหวัดนครพนม

ความเร็วลม (m/s)	ความน่าจะเป็น	ความต่อเนื่องของลม (hr.) [B]	Power (Watt) [A]	Energy (kWh) P=[A]x[B]
2.00-3.00	0.0809376	293.047	20.27	5.940
3.00-4.00	0.1169231	711.622	69.12	49.187
4.00-5.00	0.1409944	1273.624	131.47	167.443
5.00-6.00	0.1479629	1763.167	203.49	358.787
6.00-7.00	0.1375933	1880.478	285.84	537.516
7.00-8.00	0.1143174	1497.757	375.14	561.869
8.00-9.00	0.0851566	849.079	490.53	416.499
9.00-10.00	0.0569304	322.595	619.63	199.890
10.00-11.00	0.0341428	76.58	754.79	57.802
11.00-12.00	0.0183454	10.489	744.82	7.812
รวม				2,362.74

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ประเมินศักยภาพพลังงานลม ออกแบบ สร้าง และทดสอบกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในเขตพื้นที่จังหวัดนครพนม โดยทำการติดตั้ง และทดสอบใช้งานจริง จากการศึกษาพบว่า ความเร็วลมในจังหวัดนครพนม เฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 3.57 m/s ที่ความสูง 14 m ในส่วนของการทดสอบกังหันลมพบว่า กังหันลมเริ่มหมุนที่ความเร็วลม 1.5 m/s และเริ่มผลิตกำลังไฟฟ้าที่ความเร็วลม 2.0 m/s โดยสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 785 W และมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 31% ที่ความเร็วลม 11.5 m/s และ 4.5 m/s ตามลำดับ นอกจากนั้น จากการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าพบว่า กังหันลมสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 2.36 MWh/y

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน ที่สนับสนุนทุนการศึกษา และมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน,วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 80, 2551

[2] นิพนธ์ เกตุจ้อย และอชิตพล ศศิธรานุวัฒน์, “เทคโนโลยีพลังงานลม,” วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร.หน้า 57-73. 2547.

[3] Frank, R. Eldridge., “Wind Machine National Technology Information Service”, U.S. Department of Commerce, 1975.

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. โครงการจัดทำแผนที่แหล่งศักยภาพพลังงานลม, กระทรวงพลังงาน, 2546.

[5] กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, วิทยานิพนธ์นโยบายด้านงานวิจัยพลังงานหมุนเวียน, 2544.

[6] กองพัฒนาพลังงานทดแทน, พลังงานลม, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

[7] Siripuekpong, P., Limsawat, W., & Korjedee, T., “Large wind turbine generator 600 Kw,” Paper presented at the International Conference on Village Power from Renewable Energy in Asia, Phitsanulok, 2002.

[8] ไกลวัลย์ ครุฑกูล, ลมพลังงานยังยืนแห่งอนาคต, วารสารรักษ์พลังงาน : หน้า 12-15.

[9] ไกรพัฒน์ จีนขจร, “พลังงานหมุนเวียน”. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีดการพิมพ์ จำกัด, หน้า 85-86, 2551.

[10] Freris,L.L., “Wind Energy Conversion System,” Prentice Hall,Great Britain, 1990.

[11] R.L.Reuss, M. J. Hoffman , G.M. Gregorek., “Effects of Surface Roughness and Vortex Generators on the NACA 4415 Airfoil,” The Ohio State University Columbus, Ohio, 1995.

[12] Lysen, E.H., “Introduction to Wind Energy, Amersfoort, SWD, Steering Committee Wind Energy Developing Countries”, p. 310, 1982.

[13] Gupta BK., “Weibull parameters for annual and monthly wind speed distributions for five locations in India,” Sol Energy, 37:469-71, 1986.