



การพัฒนาต้นแบบกังหันลมแกนนอนด้วยเทคนิคพรีแอคชั่นด้านหลังใบพัด Development of Horizontal Axis Wind Turbines with Pre-action Technical Rear Rotors

อนุวัฒน์ บำรุงกิจ^{1*}, ศักดิ์ธวัช สวัสดิ์พาณิชย์, สามารณ นวล

¹ ห้องปฏิบัติการการควบคุมกำลังของของไหล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี 12000

*ติดต่อ: me.b.anuwat@gmail.com, 081-842-0235

บทคัดย่อ

การพัฒนาต้นแบบกังหันลมแกนนอนด้วยเทคนิคพรีแอคชั่นด้านหลังใบพัดเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันลมได้โดยใช้รูปแบบของการเพิ่มจำนวนชั้นของชุดใบพัด เพื่อนำพลังงานลมที่เหลือจากการเข้าปะทะของลมกับชุดใบพัดชุดแรกมาใช้งาน โดยกังหันลมที่ใช้ในการทดสอบนี้ จะมีความสูงจากพื้นจนถึงจุดศูนย์กลางใบพัด 2.2 m และมีจำนวนชั้นใบพัดทั้งหมด 3 ชั้นโดยแต่ละชั้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 m, 1.6 m และ 2.2 m ระยะติดตั้งห่างกัน 0.73 m ตัวใบทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 2.5 mm ขึ้นรูปโค้งส่วนปลายเรียวกเล็กน้อยเพื่อให้สามารถรับลมที่มีความเร็วต่ำได้ดี (Low Cut in Wind Speed) ในแต่ละชั้นของชุดใบพัดนั้นจะมีจำนวนใบพัด 3 ใบต่อชั้นทดสอบที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย 2-10 m/s ผลการทดลองพบว่า จำนวนชั้นของใบพัดมีผลทำให้กำลังรวมของกังหันลมนั้นเพิ่มขึ้น ในช่วงอัตราเร็วลมต่ำ 2 - 5 m/s แต่เมื่อความเร็วลมสูงกว่า 5 m/s ชุดใบพัดชั้นที่ 2 จะมีความเร็วรอบลดลงและ ชุดใบพัดชั้นที่ 3 จะไม่เกิดการหมุน

คำหลัก: พลังงานลม, กังหันลม, กังหันลมแบบหลายชั้น

Abstract

The development of a centrifugal wind turbine with a post-propeller-based tripping technique is a method to increase the efficiency of a wind turbine by adding a series of rotor blades. To bring the rest of the wind energy from the impact of the wind with the first set of propellers to use. By wind turbines used in this test. It has a height from the ground to the center of the rotor 2.2 m and has a total of three rotor layers, each with a diameter of 1.2 m, 1.6 m and 2.2 m. The distance of set is 0.73 m. The leaves are made of 2.5 mm thick steel plates. The slender bifurcation for Low Cut in Wind Speed, in each layer of the rotor set, has a total of three blades per test bed at an average speed of 2-10 m/s. The results showed that the number of layers of the rotor affects the overall power of the wind turbine. During the low wind speed of 2 - 5 m/s, but when the wind speed is higher than 5 m/s, the second set of rotor speed will decrease and the third rotor set will not rotate.

Keywords: Wind power, wind turbine, multi-layer wind turbines

1. บทนำ

การพัฒนาต้นแบบกังหันลมแกนนอนด้วยเทคนิคฟรี แอคชั่นด้านหลังใบพัด เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกังหันลม เพื่อสามารถนำพลังงานลมมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในช่วงความเร็วลมต่ำ ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการใช้พลังงานได้เป็นอย่างดี ซึ่งในประเทศไทยนั้นมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ที่ 2.5 - 4.2 m/s ในงานวิจัยนี้จึงให้ความสนใจกับกังหันลมขนาดเล็กที่มีความสูงจากพื้นถึงจุดกึ่งกลางใบพัดไม่น้อยกว่า 2 m และสูงสุดไม่เกิน 3.1 m (วัดถึงปลายใบพัดชั้นที่ 3 เมื่อตั้งตรง) แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของกังหันลม จะแปรผันตรงกับความเร็วม และพื้นที่หน้าตัดของชุดใบพัด มีงานวิจัยที่น่าเสนอเกี่ยวกับกังหันลมแบบหลายชั้นที่น่าสนใจดังนี้

[1] การนำเสนอรูปแบบของใบพัดที่สามารถปรับให้เข้ากับสภาวะไหลที่มากกระทำกับกังหันลมโดยใช้หลักการทางอากาศพลศาสตร์ ที่วิเคราะห์พารามิเตอร์ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างใบกังหันลมกับลมที่ปะทะ เพื่อคาดการณ์การตอบสนองทางเรขาคณิตของใบพัด ซึ่งมีผลทำให้เกิดการโค้งและจะเกี่ยวข้องกับมุมด้านออกของอากาศที่ไหลออกจากใบพัด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าช่องอากาศหลังใบพัดมีผลต่อกังหันลม

[2] ศึกษาพลังงานที่ได้จากกังหันลมแกนตั้ง เมื่อลมไหลผ่านใบพัดชั้นแรกเข้าไปยังใบพัดชั้นที่ 2 เพื่อใช้ออกแบบกังหันลมแกนตั้งที่สามารถเลือกไซต์ที่ดีและสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบเพิ่มกำลังการผลิตของระบบพลังงานลม

[3] ศึกษาพฤติกรรมการไหลแบบปั่นป่วนของลมที่ไหลผ่านกังหันลม โดยวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลมแกนนอน ซึ่งพบว่าทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

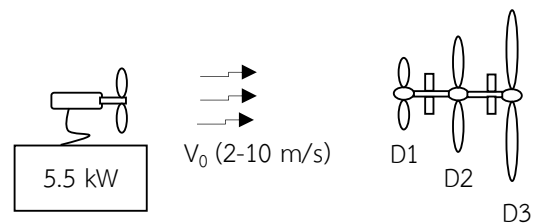
[4] ศึกษาารูปแบบของกังหันลม 2 ชั้นที่มีลักษณะการหมุนสวนทางกันจนสามารถสร้างกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยรูปแบบดังกล่าวได้เป็นผลสำเร็จ

จากการศึกษารูปแบบและพฤติกรรมของลมที่ไหลเข้าปะทะกังหันลมนั้นทำให้ทราบว่าเมื่อลมเข้าปะทะกังหันแล้วยังมีความเร็วลมหรือกำลังของลมเหลืออยู่และไหลผ่านกังหันลมออกไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงให้ความสนใจที่จะนำความเร็วลมที่เหลือมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกังหันลมแกนนอน

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์สร้างความเร็วลม

ในการทดลองนี้จะใช้กังหันลมที่มีความสูงจากพื้นจนถึงจุดศูนย์กลางใบพัด 2.2 m และมีจำนวนชั้นใบพัดทั้งหมด 3 ชั้น โดยแต่ละชั้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 m (D1), 1.6 m (D2) และ 2.2 m (D3) ระยะติดตั้งห่างกัน 0.73 m ตัวใบทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 2.5 mm ขึ้นรูปโค้งส่วนปลายเรียวกเล็กน้อยเพื่อให้สามารถรับลมที่มีความเร็วต่ำได้ดี (Low Cut in Wind Speed) ในแต่ละชั้นของชุดใบพัดนั้นจะมีจำนวนใบพัด 3 ใบต่อชั้น ทดสอบที่อัตราเร็วลมคงที่เฉลี่ย 2-10 m/s โดยใช้พัดลมขนาด 5.5 kw เพื่อสร้างความเร็วลมต่อเนื่องพัดเข้าปะทะกับใบพัดแต่ละชั้นโดยตรงเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบจากการเปลี่ยนทิศทางของลมในธรรมชาติ



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของชุดทดลอง



รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบของชุดทดลองจริง

2.2. การทดลองและเงื่อนไขในการทดลอง

ในการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนชั้นของใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลมในครั้งนี้นำผลการทดลองออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

2.2.1 การทดลองรูปแบบที่ 1 เป็นการทดลองแบบชุดใบพัดเดี่ยวโดยมีทั้งหมด 3 ขนาด

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด (D) 1.2 m
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด (D) 1.6 m
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด (D) 2.2 m

2.2.2 การทดลองรูปแบบที่ 2 เป็นการทดลองแบบชุดใบพัดคู่โดยมีทั้งหมด 3 คู่

- ชุดใบพัดคู่ที่ 1 ใช้ใบพัดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D1) 1.2 m และ (D2) 1.6 m

- ชุดใบพัดคู่ที่ 2 ใช้ใบพัดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D1) 1.2 m และ (D2) 2.2 m

- ชุดใบพัดคู่ที่ 3 ใช้ใบพัดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D1) 1.6 m และ (D2) 2.2 m

2.2.3 การทดลองรูปแบบที่ 3 เป็นการทดลองโดยใช้ชุดใบพัด 3 ชุด โดยเริ่มจาก

- ชั้นที่ 1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 m
- ชั้นที่ 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 m
- ชั้นที่ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2 m

3. ผลการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้จะพิจารณาที่ความเร็วลมตั้งแต่ 2 - 10 m/s โดยใช้สมการ

คำนวณหากำลังลมที่เกิดจากความเร็วลม

$$P = 2.83 \times 10^{-4} D^2 v^3 \tag{1}$$

คำนวณหาพื้นที่เพลาลมจากสมการ

$$P = F 2\pi r n \tag{2}$$

คำนวณหาค่าแรงบิดจากสมการ

$$T = F \times r \tag{3}$$

แทนค่า (3) ใน (2) จะได้

$$P = 2\pi n T \tag{4}$$

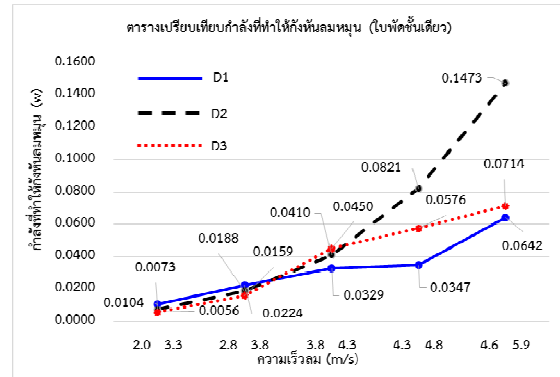
สามารถคำนวณหาค่าความเร็วเชิงมุมจากสมการ

$$\omega = 2\pi n \tag{5}$$

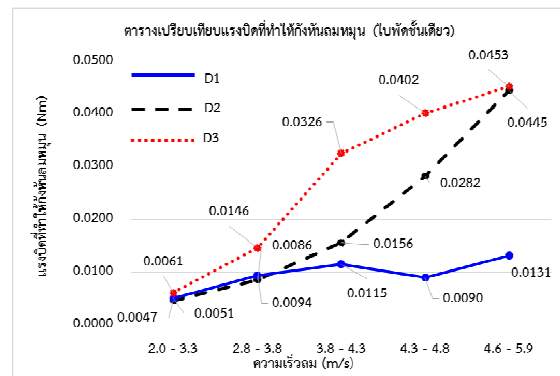
แทนค่า (5) ใน (4) จะได้

$$P = \omega T \tag{6}$$

3.1 ผลการทดลองแบบที่ 1 แบบติดตั้งใบพัดชั้นเดียว

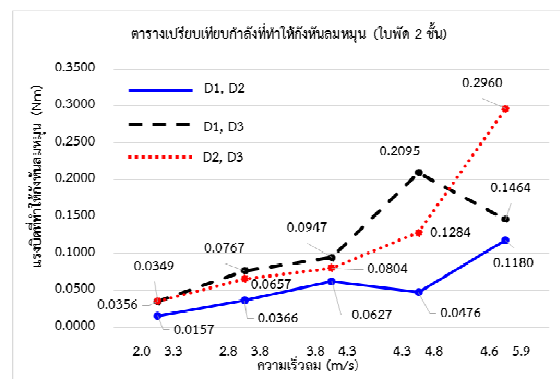


รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานลมเฉลี่ยของกังหันลมแบบชั้นเดียว

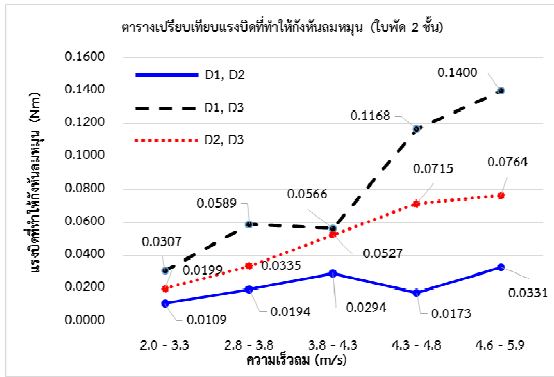


รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบแรงบิดของกังหันลมแบบชั้นเดียว

3.2 ผลการทดลองแบบที่ 2 แบบติดตั้งใบพัด 2 ชั้น

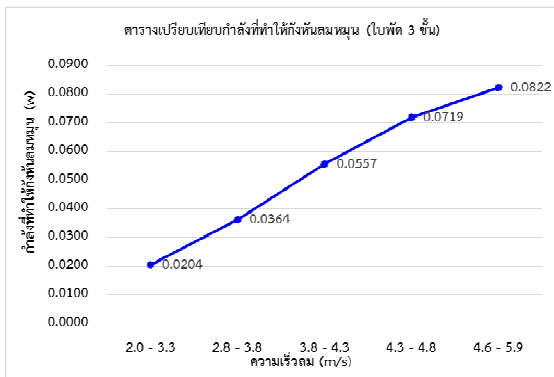


รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานลมเฉลี่ยของกังหันลมแบบ 2 ชั้น



รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบแรงบิดของกังหันลมแบบ 2 ชั้น

3.3 ผลการทดลองแบบที่ 3 แบบติดตั้งใบพัด 3 ชั้น

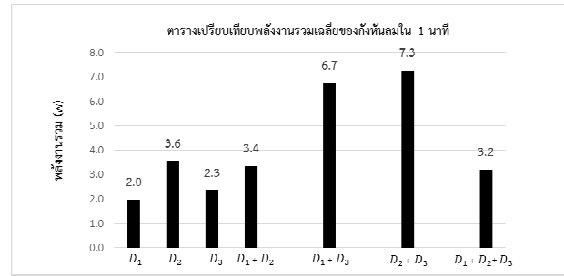


รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานลมเฉลี่ยของกังหันลมแบบ 3 ชั้น

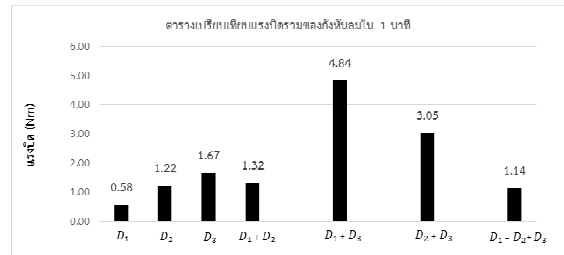


รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบแรงบิดของกังหันลมแบบ 3 ชั้น

3.4 เปรียบเทียบกำลังและแรงบิดของการทดลองทั้ง 3 แบบที่เกิดขึ้นจากการปะทะของลมกับชุดกังหันใน 1 นาที



รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานลมเฉลี่ยของกังหันลมใน 1 นาที



รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบแรงบิดของกังหันลมใน 1 นาที

4. สรุปผลการทดลอง

การทดลองแบบที่ 1 ในส่วนของการเปลี่ยนความเร็วลมเป็นกำลังงานนั้นกังหันลมชั้นเดียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 m (D_2) ทำได้สูงกว่า ชุดใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 m (D_1) ถึง 45% และ ชุดใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2 m (D_3) ถึง 34% และแรงบิดสูงกว่า ชุดใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 m (D_1) ถึง 52% แต่ต่ำกว่า ชุดใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2 m (D_3) ถึง 27%

การทดลองแบบที่ 2 ในส่วนของการเปลี่ยนความเร็วลมเป็นกำลังงานนั้นกังหันลม 2 ชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 m (D_2), 2.2 (D_3) นั้นทำได้สูงกว่า ชุดใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 m (D_1), 1.6 (D_2) ถึง 54% และ ชุดใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 m (D_1), 2.2 m (D_3) ถึง 7% และในส่วนของแรงบิดนั้นสามารถสร้างแรงบิดได้สูงกว่า ชุดใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 m (D_1), 1.6 (D_2) ถึง 57% แต่ต่ำกว่า ชุดใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 m (D_1), 2.2 m (D_3) ถึง 37%



เมื่อทำการเปรียบเทียบการทดลองทั้ง 3 แบบ พบว่า กังหันลมแบบ 2 ชั้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 m (D2) และ 2.2 (D3) นั้นสามารถเปลี่ยนความเร็วลมที่เข้าปะทะชุดกังหันเป็นพลังงานได้สูงกว่า กังหันลมชั้นเดียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 m (D2) ถึง 51% และสูงกว่าแบบ 3 ชั้น 56% สร้างแรงบิดได้สูงกว่ากังหันลมชั้นเดียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2 m (D3) ถึง 45% และมากกว่ากังหันลมแบบ 3 ชั้น 63%

สรุปได้ว่าจำนวนชั้นของกังหันลมมีผลทำให้ได้กำลังเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เมื่อเพิ่มจำนวนชั้นของกังหันลม จะให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นในช่วงอัตราเร็วลมต่ำ 2-5 m/s และจะได้กำลังจากกังหันลมเหลือเพียงใบพัดชั้นแรกเมื่ออัตราความเร็วลมสูงกว่า 5 m/s

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ต่อห้องปฏิบัติการการควบคุมกำลังของของไหล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี สำหรับการสนับสนุนทางการเงิน เทคโนโลยี และความช่วยเหลือทางด้านเทคนิคต่างๆ จนทำให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

6. รายการสัญลักษณ์

P กำลังลม (w)

D ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด (m)

V ความเร็วลม (m/s)

F แรงที่ทำให้เพลารหมุน (N)

r รัศมีของเพลาร (m)

T แรงบิด (N/m)

n จำนวนรอบของการหมุน (รอบ/นาที)

ω ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Martin Puterbaugh, Asfaw Beyene (2010). Parametric dependence of a morphing wind turbine blade on material elasticity, Energy 36 (2011) 466-474, November 2010
- [2] K. Pope, I. Dincer, G.F. Naterer (2010). Energy and exergy efficiency comparison of horizontal and vertical axis wind turbines, Renewable Energy 35(2010) 2102-2113, March 2010
- [3] Amina El Kasmi, Christian Masson, An extended k- ϵ model for turbulent flow through horizontal-axis wind turbines. Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 96(2008) 103-122, May 2007
- [4] กังหันลมแบบใบพัดหมุนสวนทาง, URL: <http://www.thansettakij.com/content/28121> สืบค้นเมื่อวันที่ 28/01/2559
- [5] ชนะ กสิภาร, ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)