



อิทธิพลของจำนวนใบต่อคุณลักษณะการทำงานของกังหันลมแกนตั้งชนิดซาโวเนียส

Effect of Blades Number on Characteristics of a Savonius Type Vertical Axis Wind Turbine

เสาวลักษณ์ ทองดี¹, ชูรัตน์ ธารารักษ์¹, ณัฐวุฒิ ดุษฎี¹, Rameshprabu Ramaraj¹, ธเนศ ไชยชนะ^{1*}

Saowalak Thongdee¹, Churat Tararuk¹, Natthawud Dussadee¹, Rameshprabu Ramaraj¹, Tanate Chaichana^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 50290

¹School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai, 50290, Thailand

*Corresponding author: Tel.: 081-5306768. E-mail address: Tanatecha@hotmail.com

บทคัดย่อ

กังหันลมแกนตั้งแบบซาโวเนียสสามารถทำงานได้ทุกทิศทางลม มีอัตราเร็วลมเริ่มหมุนต่ำ และให้แรงบิดสูง ซึ่งเหมาะกับพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมต่ำ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาผลของจำนวนใบต่อคุณลักษณะการทำงานของกังหันลมแกนตั้งชนิดซาโวเนียส โดยทำการทดสอบภายในอุโมงค์ลมอัตราเร็วลมต่ำแบบเปิด ที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย 4 m s^{-1} กังหันลมที่ใช้ในการทดสอบมีใบพัดแบบแผ่นเรียบตัดโค้งครึ่งวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลางใบ 6 cm ใบยาว 30 cm และมีเส้นผ่านศูนย์กลางกังหัน 30 cm ในการทดสอบได้ปรับจำนวนใบพัดเป็น 4, 6, 8, 12, 16 และ 18 ใบ โดยปรับมุมใบพัดคงที่ที่ 0° ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ค่าอัตราเร็วลมเริ่มหมุนของกังหันลมมีค่าเท่ากับ 3.01, 2.65, 2.81, 2.61, 2.36 และ 2.07 m s^{-1} ที่จำนวนใบเป็น 4, 6, 8, 12, 16 และ 18 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์กำลังและสัมประสิทธิ์แรงบิดเพิ่มขึ้นเมื่อมีจำนวนใบมากขึ้นในช่วง 4-16 ใบ และลดลงที่จำนวนใบพัด 18 ใบพัด โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลมที่มีจำนวนใบพัด 16 ใบ ให้ค่าที่สูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.247 และมีค่าสัมประสิทธิ์แรงบิดเฉลี่ยเท่ากับ 0.804

คำสำคัญ: กังหันลมแกนตั้ง, สัมประสิทธิ์กำลัง, สัมประสิทธิ์แรงบิด

Abstract

The savonius type vertical axis wind turbine can be operated at all wind direction, low cut in speed and high torque. Therefore, it is suitable for low wind energy potential areas. This research was focused on studying the effected of blades number by the performance characteristics of savonius turbine. Turbine was tested at 4 m s^{-1} wind flow velocity with low speed-open type wind tunnel. The wind turbine used in the experiment was a semi-circular curved blade, the blade, length and turbine diameter were 6 cm , 30 cm and 30 cm , respectively. The turbine contained the number blades was 4, 6, 8, 12, 16 and 18 blades, subsequently blades angle was fix at 0° . It was found that the cut in wind speed was 3.01, 2.65, 2.81, 2.61, 2.36 and 2.07 m s^{-1} for 4, 6, 8, 12, 16 and 18 blades, respectively. The power and torque coefficient are increased at the range of 4-16 blades and decreased at with 18 blades. The maximum power coefficient of the wind turbine is showed at 16 blades with an average of 0.247 and 0.804 of torque coefficient.

Keywords: Vertical axis wind turbine, Power coefficient, Torque coefficient

1. บทนำ

พลังงานลมเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่งที่สะอาด ไม่จำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงในการผลิตพลังงาน ทำให้ไม่เกิดกากของเสียหรือเพลิงที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังสามารถผลิตพลังงานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยที่มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยต่ำในช่วง $2-4 \text{ m s}^{-1}$ พื้นที่ที่เหมาะสมมีจำกัด ในบางฤดูอาจไม่มีลมและยังขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสม (สำนักงานนโยบายและแผน

พลังงาน,2560) ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีกังหันลมให้เหมาะสมสำหรับศักยภาพพลังงานลมและลักษณะภูมิจึงมีความจำเป็นอย่างมาก

เทคโนโลยีกังหันลมแกนตั้งชนิดซาโวเนียส เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีความน่าสนใจ เนื่องจากใช้แรงลากในการหมุนสามารถรับลมได้ทุกทิศทาง มีความเร็วลมเริ่มหมุนต่ำ ให้แรงบิดสูง นิยมนำมาใช้ประโยชน์ทั้งทางด้านการเกษตร และผลิตไฟฟ้า เหมาะกับพื้นที่ที่มีความซับซ้อนของตึกอาคาร และพื้นที่ห่างไกลสายส่ง แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกังหันลมแกนนอน จาก

หลายๆ งานวิจัยพยายามศึกษาปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันลมแกนตั้งในหลายรูปแบบ ยกตัวอย่างเช่น

B. Loganathan et al. (2014, 2015) ศึกษาเกี่ยวกับกังหันลมซาโวเนียส 16 ใบพัด 3 รูปแบบ คือ แบบตรง แบบพีระมิด และแบบพีระมิดหัวกลับ ผลการทดสอบพบว่ากำลังขาออกสูงสุดของกังหันลมแบบพีระมิดหัวกลับมีค่าสูงกว่าแบบตรง 27% และสูงกว่าแบบพีระมิด 48.9 % ที่อัตราเร็วลมประมาณ 11 m s^{-1} และนอกจากนี้ ได้ทำการศึกษากังหันลมไซโคลนิกแกนตั้งสำหรับผลิตไฟฟ้าภายในครัวเรือน ด้วยใบพัดแบบโค้งครึ่งวงกลม จำนวนใบพัด 8 และ 16 ใบ ออกแบบอุปกรณ์เสริมโดยอาศัยหลักการเช่นเดียวกับการเกิดพายุไซโคลน ผลการทดสอบพบว่าอุปกรณ์เสริมสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มกำลังขาออกของโรเตอร์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นำมาใช้ในการลดจำนวนใบพัด

F. Wenehenubuna et al. (2015) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของกังหันลมแกนตั้งชนิดซาโวเนียสที่เกี่ยวกับจำนวนใบพัดทดสอบภายในอุโมงค์ลมแบบเปิด โดยใช้ใบพัดแบบโค้งครึ่งวงกลมติดกับแกนหมุน จำนวนใบ 2-4 ใบ ผลการทดสอบพบว่าจำนวนใบพัด 4 ใบ มีค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดที่อัตราส่วนความเร็วปลายใบต่ำประมาณ 0.35 แต่กังหันลม 3 ใบพัด มีค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงที่อัตราส่วนความเร็วปลายใบสูงกว่า

N. Korprasertsak et al. (2015) ศึกษาการเพิ่มความเร็วยุโรปของกังหันลมซาโวเนียส 2 ใบพัด โดยใช้แผ่นบังคับทิศทางลม และทดสอบด้วยวิธีการ Simulation CFD ที่อัตราเร็วลม $1-8 \text{ m s}^{-1}$ กรณีที่ติดตั้งแผ่นบังคับทิศทางและเพิ่มอัตราเร็วลม โดยมีความเร็วเชิงมุมคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้น 50% ของความเร็วเชิงมุมในกรณีที่ไม่มีการติดตั้ง และกำลังขาออกสูงสุดที่อัตราเร็วลม 8 m s^{-1} มีค่าประมาณ 1.3 W ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 30 % เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นบังคับทิศทางลม

จากการศึกษางานวิจัยที่แสดงข้างต้น งานวิจัยส่วนใหญ่ใช้กังหันลมซาโวเนียสที่มีลักษณะใบยึดติดกับแกนหมุน โดยมุ่งเน้นการเพิ่มอัตราเร็วลมโดยใช้อุปกรณ์เสริม และปรับรูปทรงของกังหันลมเป็นหลัก แต่ไม่มีการกล่าวถึงจำนวนใบที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของจำนวนใบต่อคุณลักษณะการทำงานของกังหันลมแกนตั้งชนิดซาโวเนียส โดยทำการทดสอบภายในอุโมงค์ลมแบบเปิด เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์กำลังและสัมประสิทธิ์แรงบิดกับอัตราส่วนความเร็วปลายใบของแต่ละจำนวนใบ

2. ระเบียบวิธี

4.1 การออกแบบกังหันลม

ในงานวิจัยนี้มีแนวคิดในการออกแบบลักษณะเป็นใบตรงเนื่องจากง่ายในการสร้าง โดยใช้ท่อ PVC ผ่าซีก หนา 2 mm เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 6 cm ยาว 30 cm ปิดหัวท้ายใบพัดด้วยแผ่นอะคริลิกหนา 3 mm และประกอบใบเข้ากับแผ่นวงแหวนที่ทำด้วยแผ่นอะคริลิกครึ่งมี 15 cm สำหรับยึดใบเข้ากับเพลากังหัน

ดังแสดงใน Figure 1 ทั้งหมด 6 ชุด คือ กังหันลม 4, 6, 8, 12, 16 และ 18 ใบ ดังแสดงใน Figure 2 ซึ่งเป็นตัวอย่างการปรับจำนวนใบ



Figure 1 Rotor design.

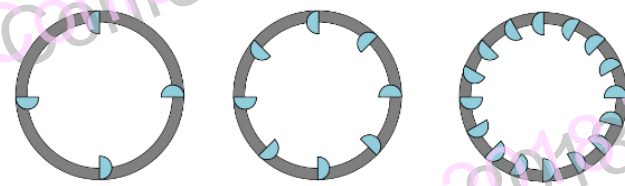


Figure 2 Plan view of the turbine configuration.

4.2 การติดตั้งกังหันลมทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งทดสอบที่ระยะ 7-8 m จากทางเข้าของอุโมงค์ลมแบบเปิด ดังแสดงใน Figure 3 ปรับจำนวนใบของกังหันลม 4, 6, 8, 12, 16 และ 18 ใบ ปรับมุมใบ 0° ทดสอบที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย 4 m s^{-1} โดยใช้เครื่องมือวัดอัตราเร็วลมแบบลาจร์ดอน เครื่องวัดความเร็วรอบแบบเบลเซอร์ เซนเซอร์ และวัดแรงบิดของเพลาด้วยวิธี Brake horsepower ซึ่งประกอบด้วย โทลด์เซลล์ รอก และชุดถ่วงมวล

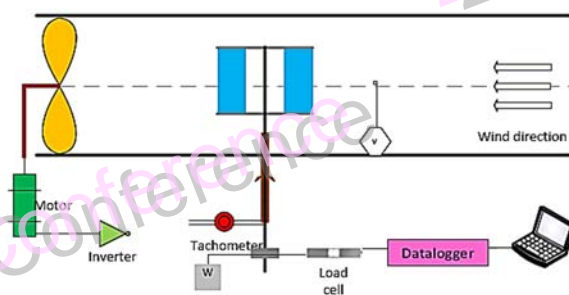


Figure 3 Schematics of experimental setup. (เสาวลักษณ์ และคณะ, 2560)

จากการทดสอบ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเร็วมุมเริ่มหมุน ค่าสัมประสิทธิ์กำลัง (C_P) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างกำลังงานของกังหันลม (P_O) กับกำลังงานจลน์ของลม (P_W) ดังแสดงในสมการที่ 1 เป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพทางเทคนิคของกังหันลม และค่าสัมประสิทธิ์แรงบิด (C_T) เป็นอัตราส่วนระหว่างสัมประสิทธิ์กำลังกับอัตราส่วนความเร็วปลายใบ (λ) ดังแสดงในสมการที่ 2

$$C_p = \frac{P_o}{P_w} = \frac{\tau\omega}{1/2\rho AV^3} \quad (1)$$

$$C_T = \frac{C_p}{\lambda} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{R\omega}{V} \quad (3)$$

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ความเร็วลมเริ่มหมุน (Cut in wind speed)

การศึกษาความเร็วลมเริ่มหมุน เป็นการพิจารณาค่าความเร็วลมต่ำสุดที่ทำให้กังหันลมเริ่มหมุนออกตัว เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำไปใช้งานให้เหมาะสมกับศักยภาพลมในแต่ละพื้นที่ จากการศึกษาโดยการปรับจำนวนใบพัด 4-18 ใบ และทดสอบที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 4 m s^{-1} ผลการทดสอบพบว่า เมื่อจำนวนใบเพิ่มสูงขึ้น ความเร็วลมเริ่มหมุนต่ำสุด (กรณีไม่มีการเพิ่มโหลดให้กับเพลากังหัน) มีแนวโน้มลดลงเป็น 3.01, 2.65, 2.81, 2.61, 2.36 และ 2.07 m s^{-1} ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 4

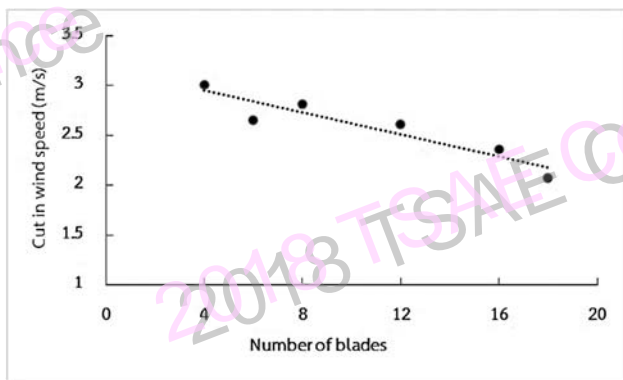


Figure 4 Effect of blades number on cut in wind speed

3.2 สัมประสิทธิ์กำลัง (power coefficient, C_p) และ สัมประสิทธิ์แรงบิด (Torque coefficient, C_T)

สัมประสิทธิ์ของกังหันลมที่ทำการศึกษานี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สัมประสิทธิ์กำลังและสัมประสิทธิ์แรงบิด ที่มีความสัมพันธ์กับค่าอัตราส่วนความเร็วเร็วปลายใบ โดยปรับจำนวนใบ 4-18 ใบ จากผลการทดสอบดังแสดงใน Figure 5 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดของกังหันลม 4-16 ใบ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงอัตราส่วนความเร็วปลายใบค่าหนึ่ง และสำหรับกังหันลม 18 ใบมีค่าต่ำกว่ากังหันลม 16 ใบ ในช่วงอัตราส่วนความเร็วปลายใบประมาณ 0.20-0.55

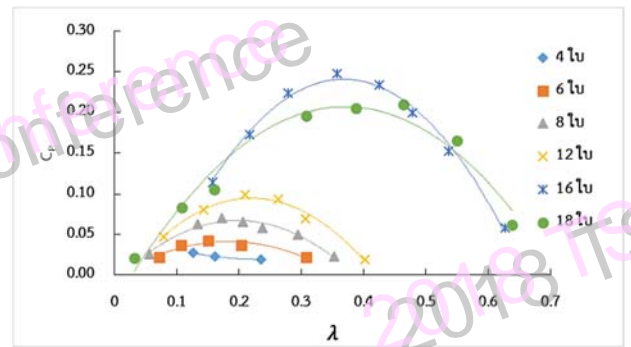


Figure 5 Power coefficient as a function of tip speed ratio at different number of blades.

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์แรงบิดที่ทดสอบในทุกๆ จำนวนใบพบว่าแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนความเร็วปลายใบสูงขึ้น โดยกังหันลม 16 ใบ มีค่าสัมประสิทธิ์แรงบิดสูงสุดในช่วงค่าอัตราส่วนความเร็วปลายใบต่ำกว่า 0.5 ดังแสดงใน Figure 6 ซึ่งกังหันลม 16 ใบ มีค่าสัมประสิทธิ์กำลังและสัมประสิทธิ์แรงบิดสูงสุดประมาณ 0.247 และ 0.804 ดังแสดงใน Figure 7

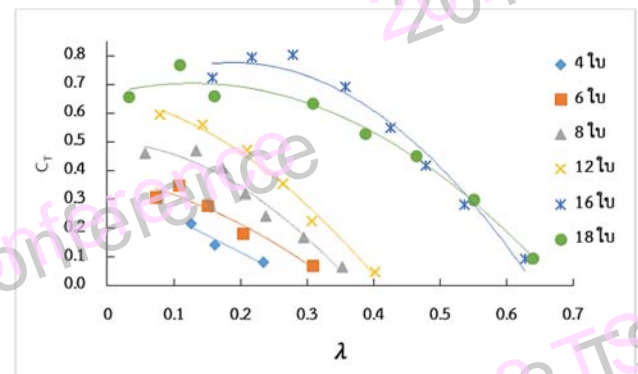


Figure 6 Torque coefficient as a function of tip speed ratio at different number of blades.

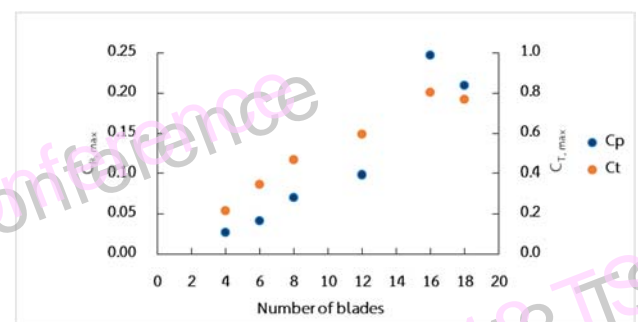


Figure 7 Maximum power and torque coefficient at different number of blades.

4 สรุป

จากการศึกษาอิทธิพลของจำนวนใบต่อคุณลักษณะการทำงานของกังหันลมแกนตั้งชนิดซาเวเนียส ที่ทำการทดสอบในอุโมงค์ลมแบบเปิดความเร็วลมต่ำ ผลการศึกษาสรุปได้ว่า กังหันลม 16 ใบ มีความเหมาะสมที่สุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

- 1) ค่าความเร็วลมเริ่มหมุนต่ำของกังหันลม 4, 6, 8, 12, 16 และ 18 ใบ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 3.01, 2.65, 2.81, 2.61, 2.36 และ 2.07 m s^{-1} ตามลำดับ
- 2) ค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดประมาณ 0.247 ในช่วงอัตราส่วนความเร็วปลายใบ 0.3-0.5 และสัมประสิทธิ์แรงบิดสูงสุดประมาณ 0.804

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนการศึกษา โครงการผลิตและพัฒนา ศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียน สำหรับนักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2559 โครงการอิทธิพลของจำนวนใบพัดและแผนอากาศของกังหันลมแกนตั้งขนาดเล็กต่อค่าสัมประสิทธิ์กำลัง งบประมาณประจำปี 2560 และวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

6 เอกสารอ้างอิง

- B. Loganathan, H. Chowdhury, I. Mustary and F. Alam. (2015). An experimental study of a cyclonic vertical axis wind turbine for domestic scale power generation. *Procedia Engineering*, 105, 686–691.
- F. Wenehenubuna, A. Saputraa and H. Sutantoa, (2015). An experimental study on the performance of Savonius wind turbines related with the number of blades. *Energy Procedia*, 68, 297 – 304.
- N. Korprasertsak and T. Leephakpreeda. (2015). CFD-Based Power Analysis on Low Speed Vertical Axis Wind Turbines with Wind Boosters, *Energy Procedia*, 79, 963 – 968.
- เสาวลักษณ์ ทองดี, จตุพร แก้วอ่อน, ประสงค์ เกษราธิคุณ, ศุภลักษณ์ อ่าลอย, ธเนศ ไชยชนะ. 2560. สัมประสิทธิ์กำลังและสัมประสิทธิ์แรงบิดของกังหันลมซาโวเนียส 12 ใบพัด. รายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 ประจำปี 2560, 1664–1667. 31 พฤษภาคม–2 มิถุนายน 2560, เชียงใหม่
- B. Loganathan, I. Mustary, H. Chowdhury and F. Alam. (2014). Aerodynamic Behaviour of Small Savonius Turbine with 3 Different Configurations, 9th Australasian Fluid Mechanics Conference, 8–14 December 2014, Melbourne, Australia
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2560. พลังงานลม. แหล่งข้อมูล: www.eppo.go.th/engy/Load/ET11.pdf. เข้าถึงเมื่อ 18 มิถุนายน 2560