

การเสริมสมรรถนะของกังหันลมแกนตั้งโดยการออกแบบใบพัดและครอบเสริมกันบังคับลมเข้า

สมจิต ชินะใจ¹⁾ และ สัมพันธ์ ไชยเทพ²⁾

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบสร้างใบพัดกังหันลมและแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้าของกังหันลมแกนตั้งจุดประสงค์ก็เพื่อพัฒนากังหันลมแกนตั้งให้มีสมรรถนะที่เพิ่มสูงขึ้น ในการวิจัยได้ทำการทดลองปรับเปลี่ยนแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้า 7 มุม มีมุม 0° 15° 30° 45° 60° 75° และ 90° ตามลำดับ และปรับเปลี่ยนขนาดพื้นที่ช่องลมเข้า 4 ค่า ตั้งแต่ $0.01 - 0.04 \text{ m}^2$ ใช้ความเร็วลมอิสระก่อนเข้าระบบที่ $4 - 8 \text{ m/s}$ ทำการทดสอบในอุโมงค์ลมที่มีพื้นที่หน้าตัดช่องลมอิสระก่อนบังคับขนาด $0.5 \times 0.25 \text{ m}^2$ ใช้ใบพัดแบบดัดโค้งหลังทำมุม 15° ขนาด $0.16 \times 0.19 \text{ m}^2$ มีใบพัด 6 ใบ พบว่าได้ค่าที่สูงในตำแหน่งที่ใช้แผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้าที่มุม 75° ขนาดช่องพื้นที่ช่องลมเข้า 0.01 m^2 และใช้ความเร็วลมอิสระไหลเข้าก่อนเข้าระบบที่ 8 m/s ให้กำลังขาออก 7.1 W ให้แรงบิด $7.2 \times 10^{-2} \text{ N.m}$ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานที่เพลาดได้ 57.3% ซึ่งกรณีที่ทดลองแบบที่ไม่มีแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้า ได้ประสิทธิภาพเพียง 42.5%

คำสำคัญ : กังหันลม / ครอบเสริมกันบังคับลมเข้า

* ¹⁾ ครู ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 50200 E-mail: jitti007@hotmail.com

²⁾ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 50200

Performance Enhancement of Vertical – Axis Wind Turbine by Design of Blade and Inlet Air Scoop

Somchit Chinajai^{*1)} and Sumpun Chaitep²⁾

ABSTRACT

This research report was the designed and constructed of a vertical axis wind turbine fixed with inlet air scoop. It was aimed to obtain higher performance. Experiment was conducted by combination of variable setting of inlet air scoop at 7 angles of 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 degree and the adjustment of four different Channel of passage area of 0.01–0.04 m² as well as variable air inlet velocity of 4-8 m/s. The wind tunnel has a cross section area of 0.5 x 0.25 m² was designed and used as a test bed. Designed and tested of wind turbine blade were conducted with backward curve of 15° of which it has a cross section area of 0.16 x 0.19 m² and 6 blades. The results showed that it was obtained the highest performance, when inlet air scoop angle was set at 75° passage area at 0.01 m² and at air velocity 8 m/s. Such combination generated power output of 7.1 watts with maximum torque of 7.2 x 10⁻² N.m and efficiency available from wind Energy transfered to axial turbine of 57.3 %. The experiment without inlet air scoop has the lower efficiency at 42.5%.

Keywords: wind Turbine / Inlet Air Scoop

* ¹⁾ Senior Instructor Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Chiang Mai University 50200, Thailand. E-mail: jitti007@hotmail.com

²⁾ Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Chiang Mai University 50200, Thailand.

บทนำ

พลังงานภายในประเทศมีความต้องการใช้เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องและพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานที่มาจากฟอสซิลจากแหล่งธรรมชาติ ซึ่งล้วนเป็นพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้แล้วหมดไป มีอัตราการใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องภายในอนาคตมีแนวโน้มว่าจะขาดแคลนและหมดไป เช่น น้ำมัน จึงจำเป็นต้องหาพลังงานจากแหล่งอื่นที่เป็นพลังงานหมุนเวียนมาใช้ทดแทนพลังงานจากลมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของพลังงานทดแทนที่จะนำมาใช้ได้เพราะเป็นพลังงานที่มีศักยภาพและมลพิษน้อยสามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์แล้วยังใช้ได้ไม่มีวันหมด เพื่อเป็นการลดปัญหาทางด้านมลพิษต่างๆ และนำเอาเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปพัฒนาปรับปรุงเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ต่างๆ ให้ลดของเสียหรือมลภาวะจากขบวนการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้มีน้อยที่สุด ควรจะนำพลังงานจากลมมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น (สุนทร บุญญาธิการ, 2545) จากการวิจัยและสร้างเพื่อทำการทดสอบกังหันลมแกนตั้ง แบบ Savonious โดยมีใบกังหันรับลมเป็นรูปทรงกระบอกผ่าครึ่งซีก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 ม.ม. สูง 71 ม.ม. จำนวน 4 ใบ พบว่าเป็นกังหันลมที่เริ่มต้นการหมุนได้เองดี ไม่ว่าจะลมจะมาจากทิศทางใดและความเร็วจะเป็นอย่างไรก็ตาม มีความเร็วรอบสูง มีอัตราลดของแรงบิดไม่เร็วเกินไปและยังได้ทดสอบกังหันแกนตั้งแบบ Hybrid ที่มีขนาดใบรับลมแบบสมมาตร มีคอร์ด 50 ม.ม. ยาว 230 ม.ม. ได้ว่าเป็นกังหันลมที่ไม่สามารถเริ่มต้นหมุนได้เอง มีความเร็วรอบช้า มีผลของความเร็วและข้อดี ทุกๆ ความเร็วลม มีประสิทธิภาพต่ำ (เสถียร วงศ์สารเสริฐ, 2520) ต่อมาได้มีการออกแบบสร้างกังหันลมทดสอบสูบน้ำแบบล้อจักรยาน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร มีใบพัด 25 ใบ ทำมุมใบพัด 30 องศา ความเร็วลม 4 เมตร/วินาที พบว่า สามารถใช้งานได้ดี โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้งานได้ดี เหมาะ

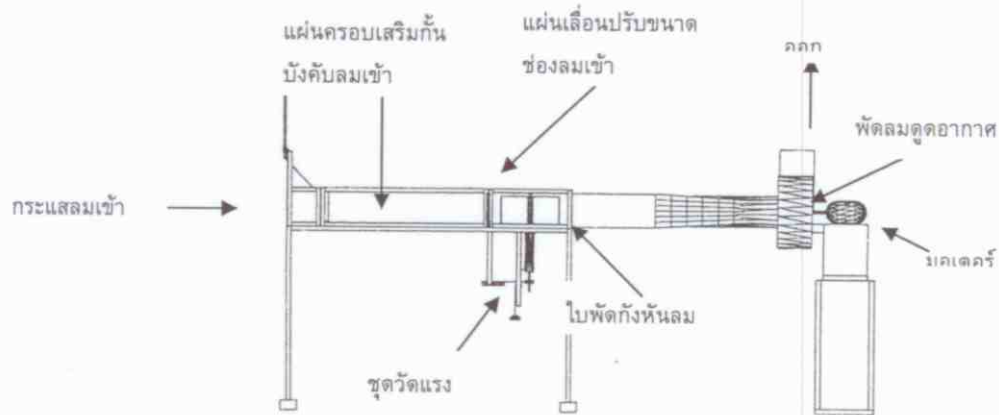
สำหรับความเร็วลมต่ำ โดยสามารถเริ่มทำงาน ได้ที่ความเร็วลม 2 เมตร/วินาที (สมาน นามเสน, 2525) และจากการทดสอบ นำภาคตัดปีกสองแบบรวมเข้าด้วยกัน คือ แบบ NACA 63-621 และแบบ FX 66-S-196 ใบพัดยาว 5 m พบว่าได้กำลัง 15.05 kW. ที่ความเร็วลม 10 m/s (Habali and Saleh, 1995)

ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงได้มีการศึกษาและออกแบบลักษณะของใบพัดกังหันลม และแผ่นครอบเสริมกันบั้งคับลมเข้าเพื่อที่จะให้พื้นที่หน้าตัดของใบพัดนั้นรับแรงปะทะจากแรงลมได้เต็มที่ ซึ่งจะส่งผลให้เพลาลูกของกังหันลมหมุนได้ด้วยความเร็วรอบที่สูงขึ้นและแรงบิดที่ดีขึ้น

อุปกรณ์และการทดลอง

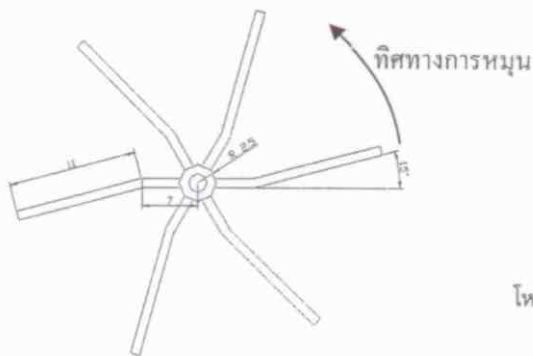
วัสดุและชุดทดลอง

อุโมงค์ลมที่ใช้ในการทดสอบได้ออกแบบจัดสร้างขึ้นให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดการทำงาน $0.5 \times 0.25 \text{ m}^2$ มีความยาว ตั้งแต่ปากทางเข้าจนถึงปากทางออกของอุโมงค์ลม 3.26 m. พื้นภายในอุโมงค์ลมบุด้วยแผ่นไม้อัดหนา 0.004 m เคลือบผิวหน้าด้วยแผ่นฟอเมก้า ด้านข้างและด้านบนปิดด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.004 m ปากทางเข้ามีรังผึ้งช่องเล็ก ๆ (พื้นที่หน้าตัด x ความลึก) ขนาด $0.014 \times 0.014 \times 0.05 \text{ m}^3$ ภายในมีแผ่นครอบเสริมกันบั้งคับลมเข้าทำด้วยพลาสติกหนา 0.004 m สามารถถอดเปลี่ยนได้ตามมุมต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ใน การทดสอบ และที่ตำแหน่งตอนท้ายของแผ่นครอบเสริมกันบั้งคับลมเข้า จะมีแผ่นเลื่อนเปลี่ยนพื้นที่หน้าตัดของทางลมเข้าสามารถเปิดกว้างและแคบได้ ที่ทางออกตอนท้ายของอุโมงค์ลมติดตั้งชุดพัดลมดูดอากาศ แบบหอยโข่ง ใบพัดเหล็ก ขนาด $35.6 \times 10.2 \text{ cm}^2$ มอเตอร์ ขนาด 3 hp (2.2 kW) ความเร็วรอบ 2,800 rpm ใช้ไฟฟ้า 380 V และใช้ทำงานร่วมกับชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Inverter) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพด้านข้างแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ทดสอบบนอุโมงค์ลม

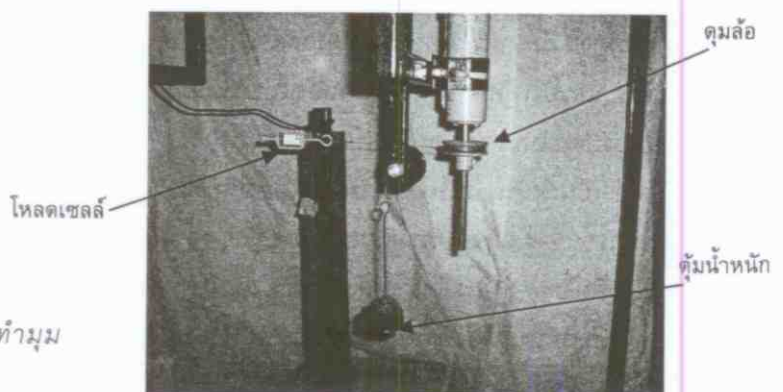
ไบพาสกิ้งหันลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 cm ไบพาสกิ้งทำด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 cm มีรูปเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาด กว้าง 19 cm ยาว 16 cm ดุมของไบพาสกิ้งบนและล่างทำจากอลูมิเนียม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm หนา 1.8 cm ก้านไบพาสกิ้งเป็นเพลาลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 cm มีจำนวนไบพาสกิ้ง 6 ไบพาสกิ้งทำมุมกัน 60° ใช้ไบพาสกิ้งแบบดัดโค้งหลังทำมุม 15° ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ภาพแสดงขนาดไบพาสกิ้งแบบดัดโค้งหลังทำมุม 15° องศา (หน่วย cm)

ชุดทดสอบวัดแรงบิดเป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับทดสอบแรงทางอากาศพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นเมื่อมวลอากาศเคลื่อนที่ไหลผ่านไบพาสกิ้งของกังหันลม ซึ่งทำให้เพลาลูกเบี้ยวของชุดกังหันลมเกิดการหมุนได้อย่างต่อเนื่อง และที่ปลายแกนเพลาลูกเบี้ยวจะติดตั้งตุ้มล้อยกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm สำหรับคล้องเชือกวัดแรงที่ปลายเชือก

ต่อไปยังโหลดเซลล์และปลายเชือกอีกข้างหนึ่งผูกติดกับที่แขวนตุ้มน้ำหนักโดยอาศัยหลักการทำงานของเครื่องทดสอบวัดแรงบิดแบบเชือก (Rope Brake) ดังรูปที่ 3 ผลจากการเปลี่ยนแปลงของแรงที่เกิดขึ้นกับเพลาลูกเบี้ยวจะส่งสัญญาณไปให้กับโหลดเซลล์ (Load Cell) รับสัญญาณแล้วส่งต่อไปที่ชุดขยายสัญญาณ (Weight Transmitter) และบันทึกข้อมูลโดยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) ผ่านช่องสัญญาณชนิด RS 232 และแสดงผลออกมาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3 แสดงการวัดแรงบิดจากเพลาลูกเบี้ยวแบบเชือก (Rope Brake)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากสมการการไหลอย่างต่อเนื่อง (Equation of Continuity) เมื่อมีการไหลภายในท่อจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 มวลของของไหลจะมีค่าคงที่ ตามหลักทรงมวล

(Conservation of mass) ซึ่งจะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (สายสุนีย์ พุทธคุณเจริญ, 2540)

$$\rho A_1 V_1 = \rho A_2 V_2 \quad (1)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของการไหล (m^2)

V คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล (m/s)

จากสมมติฐานเบื้องต้นในการออกแบบที่ตั้งไว้ ที่กำหนดว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่างๆ ในช่วงของการไหลที่สูงมาก ในกรณีที่ของไหลเป็นชนิดเดียวกัน ที่มีพื้นที่หน้าตัดปลายทางตำแหน่งที่ 2 แคบกว่าต้นทางตำแหน่งที่ 1 ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านตำแหน่งที่ 2 จะมีความเร็วที่สูงกว่าตำแหน่งที่ 1 ดังนั้นในการทดลองจึงสมมติให้เป็นของไหลที่ไม่สามารถยุบตัวได้ (Incompressible fluid) (สายสุนีย์ พุทธคุณเจริญ, 2540) และกำหนดขอบเขต Boundary Condition ดังแสดงในรูปที่ 4 จะได้ว่า ρ_1 เท่ากับ ρ_2 ดังนั้น สมการที่ (1) จะสามารถเขียนใหม่ได้ว่า

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (2)$$

จากสมการ การไหลอย่างต่อเนื่อง มีดังนี้ (Lysen, 1982)

$$\rho A_1 V_1 = \rho A_2 V_2 = \rho A_3 V_3 \quad (3)$$

แรงลมที่ขับเคลื่อน (Thrust force) หาได้จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของอากาศก่อนเข้าสู่กังหันและออกจากกังหัน ได้ดังนี้

$$T_h = \rho A_1 V_1^2 - \rho A_3 V_3^2 \quad (4)$$

พิจารณาแรงลมที่ขับเคลื่อน และจากสมการที่ (3) สามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$T_h = \rho A_2 V_2 (V_1 - V_3) \quad (5)$$

จากทฤษฎีเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation) ในกรณีของไหลที่ไม่ยุบตัว (Incompressible fluid) พิจารณาจากรูปที่ 4 ประกอบจากตำแหน่ง 1 ไปตำแหน่ง 2 จะได้ว่า

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g z = P_2 + \frac{1}{2} \rho A_2 V_2^2 + \rho g z \quad (6)$$

จากแรงขับเคลื่อนก่อนเข้าสู่กังหัน (P^+) และแรงขับเคลื่อนหลังจากออกจากกังหัน (P^-) จะได้ผลต่างความดันดังนี้

$$P^+ - P^- = \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_3^2) \quad (7)$$

หรือแรงขับ (Thrust force) อาจคำนวณได้จากผลต่างของความดันที่ไหลผ่านพื้นที่ของชุดกังหันได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} T_h &= A_2 (P^+ - P^-) \\ &= \frac{1}{2} \rho A_2 (V_1^2 - V_3^2) \end{aligned} \quad (8)$$

ทั้งนี้พิจารณาที่ภาคตัดตำแหน่งที่ 2 ในรูปที่ 4 และให้สมการ (5) เท่ากับ (8)

$$\rho A_2 V_2 (V_1 - V_3) = \frac{1}{2} \rho A_2 (V_1^2 - V_3^2) \quad (9)$$

$$\text{จะได้} \quad V_2 = \frac{1}{2} (V_1 + V_3) \quad (10)$$

เนื่องจากกระแสลมที่ไหลผ่านเข้าไปในช่วงทำงาน และช่วงปรับสภาพการไหล ภายในอุโมงค์ลม จะเกิดแรงต้านทานเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างผนังของอุโมงค์ลมกับแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้าและแผ่นกันปรับขนาดพื้นที่ช่องลมเข้ากับความเร็วในการเคลื่อนที่ การเปลี่ยนทิศทางในการไหลของกระแสลม โดยแรงเสียดทานภายในระบบนี้ ทำให้กระแสลมไหลช้าลงซึ่งจะแสดงอยู่ในรูปของความเร็วของการไหลภายในอุโมงค์ลม ให้เป็นค่า Inflow factor, a เพื่อให้ได้สมรรถนะของกังหันลมในการทดสอบนี้ถูกต้องยิ่งขึ้นจึงได้นำค่านี้มาพิจารณาในการทดสอบครั้งนี้ด้วย สามารถจัดให้อยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้

$$V_2 = V_1(1-a) \quad (11)$$

ให้สมการ (10) เท่ากับ (11)

$$\frac{1}{2} (V_1 + V_3) = V_1(1-a)$$

$$\text{ได้ในที่สุดว่า} \quad V_3 = V_1(1-2a) \quad (12)$$

กำลังของกระแสลมที่ไหลเข้าอุโมงค์ลมทางอุดมคติ (Ideal) ในทางทฤษฎีโดยไม่หักค่าสูญเสียจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของมวลซึ่งจะมีค่าดังนี้

$$P = \frac{1}{2} m V^2$$

พิจารณากำลังของกระแสลมที่กังหันลม จะได้

$$= \frac{1}{2} \rho A_2 V_2 (V_1^2 - V_3^2) \quad (13)$$

แทนค่า V_2 และ V_3 ลงในสมการที่ (13) จะได้กำลังลมที่หักค่าความสูญเสียออก (Real) ดังนี้

$$P = \frac{1}{2} \rho A_2 V_1^3 4a(1-a)^2 \quad (14)$$

การหากล้างบิด (Torque) หาได้จากสมการ

$$P_o = T\omega$$

$$T = P_o / \omega \quad (15)$$

เมื่อ T คือ แรงบิด (N.m)

P_o คือ กำลังขาออกของกังหันลม (W)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

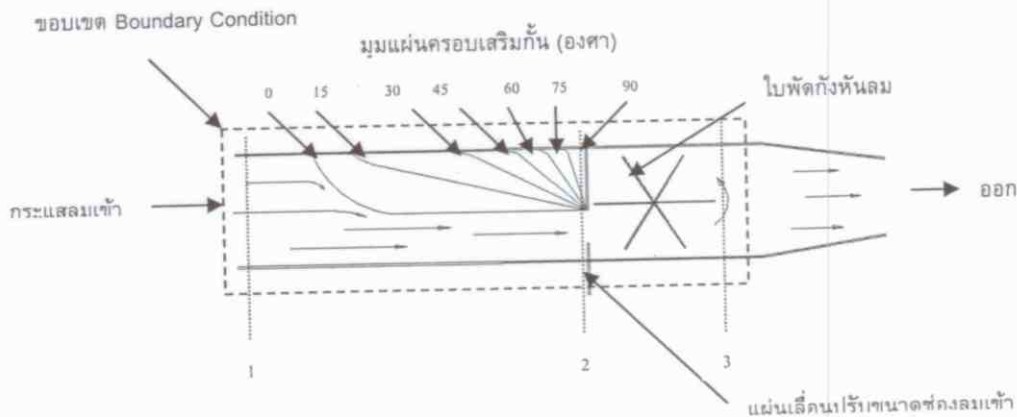
ประสิทธิภาพ (Efficiency, η) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนพลังงานของลมเป็นพลังงานเพลลาของระบบกังหันนี้หาได้จากสมการ

$$\eta = \frac{P_o}{P_{font}} \times 100 \quad (16)$$

โดยที่ P_{font} คือ กำลังลมที่ไหลเข้าสู่อุโมงค์ลม (W)

เงื่อนไขในการทดสอบ

1. กำหนดค่าความเร็วของกระแสลมที่ไหลเข้าสู่อุโมงค์ลม อยู่ในช่วงระหว่าง 4-8 m/s
2. ติดตั้งแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้าแปรเปลี่ยน 7 แผ่น ตั้งแต่ มุม $0^\circ - 90^\circ$ ดังรูปที่ 4
3. ปรับเปลี่ยนพื้นที่ช่องลมเข้า โดยใช้แผ่นกันแบบเลื่อนเข้าออกได้อีก 4 ค่า คือ 0.01 - 0.04 m^2
4. สร้างชุดทดสอบหาค่าแรงบิด โดยใช้หลักการหาแบบเชือก (Rope Brake)



รูปที่ 4 ภาพแปลนแสดงตำแหน่งติดตั้งแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้า

การทดสอบ

การทดสอบโดยการปรับเปลี่ยนแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้าตามมุมต่างๆ เป็นขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ติดตั้งแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้า เริ่มจากมุม 0° และเปิดพื้นที่ช่องลมเข้าไปที่ตำแหน่ง 0.01 m^2
2. ติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วลมไว้ที่ตำแหน่งที่ 1 2 และ 3 ในอุโมงค์ลม (ดังรูปที่ 4) พร้อมเปิดสวิทช์ของเครื่องมือวัด ให้เครื่องมืออยู่ในสภาวะเตรียมพร้อมที่จะใช้งาน
3. ติดตั้งชุดวัดแรงบิดที่ดุมล้อเพลลาของกังหันลม เชื่อมต่อสัญญาณจากโหนดเซลล์ไปสู่ส่วนขยายสัญญาณ คือ Data Logger ด้วยสายเคเบิล และส่งสัญญาณต่อไปแสดงผลออกที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

4. ตรวจสอบเช็คสัญญาณการทำงานของโหนดเซลล์ และบันทึกข้อมูลค่าเริ่มต้นที่อ่านได้จากโหนดเซลล์

5. ทำการทดสอบโดยการเปิดสวิทช์ไฟฟ้าที่เครื่องปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เพื่อไปควบคุมการหมุนของพัดลมดูดอากาศรอจนให้ ความเร็วลม ความเร็วรอบของเครื่องมือวัดทุกตำแหน่งอยู่ในสภาวะคงที่ แล้วจึงเริ่มบันทึกข้อมูล

- บันทึกค่าอุณหภูมิและความดันของบรรยากาศ
- บันทึกค่าความเร็วลม และ อุณหภูมิ ในอุโมงค์ทั้ง

3 ตำแหน่ง

- บันทึกค่าความเร็วรอบการหมุนของเพลลาชุดกังหันลม
- บันทึกค่าที่โหนดเซลล์โดยอ่านได้จากหน้าจอคอมพิวเตอร์

6. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 5 จนถึงข้อ ง. โดยเปลี่ยนความเร็วลมเข้าเป็น 4 5 6 7 และ 8 m/s ตามลำดับ

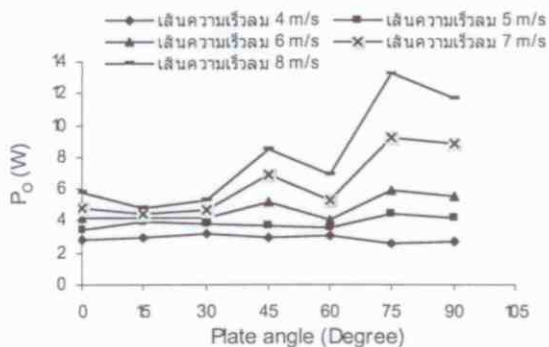
7. เลื่อนแผ่นกันพื้นที่ช่องลมเข้า ไปที่ตำแหน่ง 0.01 - 0.04 m^2 จากนั้นปรับความเร็วลมเป็น 4 5 6 7 และ 8 m/s ตามลำดับ แล้วบันทึกค่าการทดลองไว้ ทำการทดสอบสามซ้ำเป็นอย่างต่ำแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

8. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดเพื่อมาทำการวิเคราะห์ต่อไป

ผลการทดสอบ

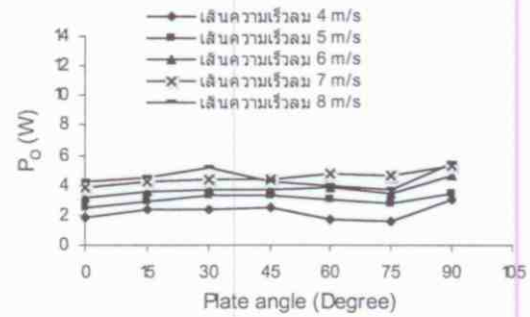
กำลังขาออก (Power output)

กำลังขาออก เส้นกราฟทั้งหมดแต่ละเส้นได้จากการทดลองเปลี่ยนแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้าทั้งหมด 7 ค่าที่ความเร็วลม 4 – 8 m/s ได้ผลความสัมพันธ์ระหว่างมุมแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้ากับกำลังขาออกการทดสอบดังนี้



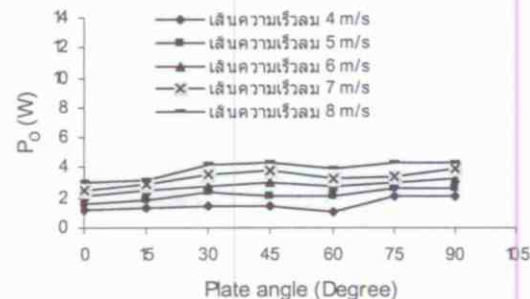
รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งใช้พื้นที่ช่องลมเข้าขนาด 0.01 m^2

จากรูปที่ 5 ตำแหน่งที่ใช้พื้นที่ช่องลมเข้าขนาด 0.01 m^2 (0.05 m x 0.2 m) พบว่าตำแหน่งที่ให้ค่าเฉลี่ยกำลังขาออกที่สูงที่สุด คือ ตำแหน่งที่ใช้แผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้ามุม 75° เป็นตำแหน่งที่ดีที่สุด โดยที่ความเร็วลมเข้า 4 m/s จะได้กำลังขาออกเป็น 2.6 W ที่ความเร็วลมเข้า 5 m/s จะได้กำลังขาออกเป็น 4.4 W จากนั้นก็จะเพิ่มขึ้นเป็น 5.8 W เมื่อใช้ความเร็วลมเข้า 6 m/s ที่ความเร็วลมเข้า 7 m/s ได้กำลังขาออกเป็น 9.2 W และที่ความเร็วลมเข้า 8 m/s จะได้กำลังขาออกเป็น 13.3 W



รูปที่ 6 แสดงตำแหน่งใช้พื้นที่ช่องลมเข้า 0.02 m^2

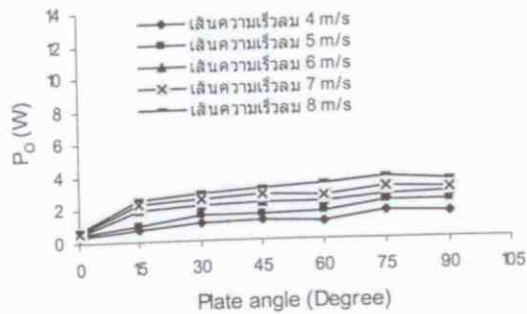
จากรูปที่ 6 ตำแหน่งที่ใช้พื้นที่ช่องลมเข้าขนาด 0.02 m^2 (0.1 m x 0.2 m) พบว่าตำแหน่งที่ให้ค่าเฉลี่ยกำลังขาออกที่สูงที่สุด คือ ตำแหน่งใช้แผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้ามุม 30° เป็นตำแหน่งที่ดีที่สุด ที่ความเร็วลมเข้า 4 m/s จะได้กำลังขาออกเป็น 2.4 W เมื่อเปลี่ยนความเร็วลมเข้าเป็น 5 m/s จะได้กำลังขาออกเพิ่มขึ้นเป็น 3.3 W ที่ความเร็วลมเข้า 6 m/s จะได้กำลังขาออกเพิ่มขึ้นเป็น 3.7 W ที่ความเร็วลมเข้า 7 m/s จะได้กำลังขาออกเพิ่มขึ้นเป็น 4.4 W และที่ความเร็วลมเข้า 8 m/s จะได้กำลังขาออกเพิ่มขึ้นเป็น 5.2 W



รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งใช้พื้นที่ช่องลมเข้า 0.03 m^2

จากรูปที่ 7 ตำแหน่งที่ใช้พื้นที่ช่องลมเข้าขนาด 0.03 m^2 (0.15 m x 0.2 m) พบว่าตำแหน่งที่ให้ค่าเฉลี่ยกำลังขาออกที่สูงที่สุด คือ ตำแหน่งใช้แผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้ามุม 75° เป็นตำแหน่งที่ดีที่สุด โดยที่ความเร็วลมเข้า 4 m/s จะได้กำลังขาออก 2.1 W เมื่อใช้ความเร็วลมเข้าที่ 5 m/s จะได้กำลังขาออกเพิ่มขึ้นเป็น 2.6 W ที่ความเร็วลมเข้า 6 m/s จะได้กำลังขาออกเพิ่มขึ้นเป็น 3 W ที่ความเร็วลม 7 m/s จะได้กำลังขาออกเพิ่มขึ้นเป็น

3.4 W และที่ความเร็วลมเข้า 8 m/s จะได้กำลังขาออกเพิ่มขึ้นเป็น 4.3 W

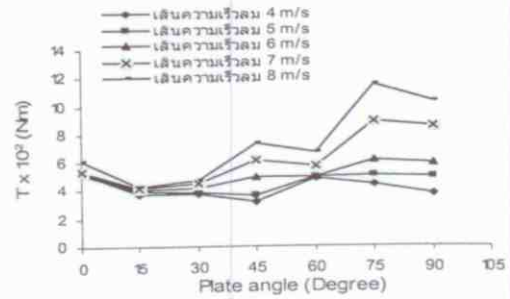


รูปที่ 8 แสดงตำแหน่งใช้พื้นที่ช่องลมเข้า 0.04 m^2

จากรูปที่ 8 ตำแหน่งที่ใช้พื้นที่ช่องลมเข้าขนาด 0.04 m^2 ($0.18 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}$) พบว่าตำแหน่งที่ให้ค่าเฉลี่ยกำลังขาออกสูงที่สุด คือ ตำแหน่งใช้แผ่นครอบเสริมกัน บังคับลมเข้ามุม 75° เป็นตำแหน่งที่ดีที่สุด โดยที่ความเร็วลมเข้า 4 m/s จะได้กำลังขาออกเป็น 1.6 W เมื่อใช้ความเร็วลมเข้าที่ 5 m/s จะได้กำลังขาออกเพิ่มขึ้นเป็น 2.3 W ที่ความเร็วลมเข้า 6 m/s จะได้กำลังขาออกเพิ่มขึ้นเป็น 2.6 W ที่ความเร็วลมเข้า 7 m/s จะได้กำลังขาออกเพิ่มขึ้นเป็น 3.1 W และที่ความเร็วลมเข้า 8 m/s จะได้กำลังขาออกเพิ่มขึ้นมีค่าเป็น 3.8 W

แรงบิด (Torque)

จากผลการทดสอบข้างต้น พบว่าตำแหน่งที่ใช้แผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้ามุม 75° ให้กำลังขาออกดีที่สุด ดังนั้น การวิเคราะห์หาแรงบิดจะทำการวิเคราะห์และแสดงด้วยกราฟที่มุมนี้เท่านั้น แรงบิด เป็นแรงที่วัดได้จากเพลานูของกังหันลม เส้นกราฟทั้งหมดแต่ละเส้นได้จากการทดลองเปลี่ยนแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้าทั้งหมด 7 แผ่น ที่ความเร็วลม 4–8 m/s ใช้ขนาดพื้นที่ช่องลมเข้า 0.01 m^2 ได้ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างมุมแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้ากับแรงบิดดังนี้



รูปที่ 9 แสดง ตำแหน่งใช้พื้นที่ช่องลมเข้า 0.01 m^2

จากรูปที่ 9 แสดงผลแรงบิดที่ใช้ใบพัดแบบตัดโค้งหลังทำมุม 15° จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างมุมแผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้ากับแรงบิด (Torque) ในกรณีตำแหน่งที่ใช้พื้นที่ช่องลมเข้าขนาด $0.01\text{--}0.04 \text{ m}^2$ ดังแสดงในตารางที่ 1 ตำแหน่งใช้พื้นที่ ช่องลมเข้า 0.01 m^2 ให้ค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงที่สุด คือ $7.2 \times 10^{-2} \text{ N.m}$ โดยใช้แผ่นครอบเสริมกันบังคับลมเข้ามุม 75° ซึ่งค่าใช้พื้นที่ช่องลมเข้าทดสอบทั้งหมด แสดงได้ด้วยตารางดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงค่าแรงบิดที่พื้นที่ช่องลมเข้าขนาด $0.01\text{--}0.04 \text{ m}^2$

แรงบิด $T \times 10^{-2} \text{ (N.m)}$ ที่ความเร็วลมต่างๆ							
V (m/s)		4	5	6	7	8	ค่าเฉลี่ย
A (m^2)	0.01	4.4	4.8	6.1	8.8	11.5	7.2
	0.02	4.6	4.9	4.4	4.5	4.8	4.6
	0.03	5.2	5.2	4.9	4.8	5.2	5
	0.04	5	5.5	5.3	5.2	5.3	5.3

สรุปและวิจารณ์

สมรรถนะกังหันลม ใช้ใบพัดแบบตัดโค้งหลังทำมุม 15° องศา

จากผลการทดสอบสามารถนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณา พบว่า

ตำแหน่งที่ใช้พื้นที่ช่องลมเข้าขนาด 0.01 m^2 ใช้ครอบเสริมกันบังคับลมเข้ามุม 75° เป็นตำแหน่งที่ให้กำลังขาออกเฉลี่ยสูงสุด คือ 7.1 W ให้แรงบิด $7.2 \times 10^{-2} \text{ N.m}$ และให้ประสิทธิภาพ 57.3% ซึ่งตำแหน่งที่ใช้พื้นที่ช่องลมเข้าขนาด 0.02 m^2 นั้นใช้ครอบเสริมกันบังคับลมเข้ามุม 30° เป็นตำแหน่งที่ให้กำลังขาออกดีที่สุด คือ 3.8 W ให้แรงบิด $4.6 \times 10^{-2} \text{ N.m}$ และให้ประสิทธิภาพ 37.8% ส่วนตำแหน่งที่ใช้พื้นที่ช่องลมเข้าขนาด 0.03 m^2 ใช้ครอบเสริมกันบังคับลมเข้ามุม 75° เป็นตำแหน่งที่ให้กำลังขาออกสูงที่สุด คือ 3.1 W ให้แรงบิด $5.0 \times 10^{-2} \text{ N.m}$ และให้ประสิทธิภาพ 38.7% สุดท้ายตำแหน่งที่ใช้พื้นที่ช่องลมเข้าขนาด 0.04 m^2 ใช้ครอบเสริมกันบังคับลมเข้ามุม 75° เป็นตำแหน่งที่ให้กำลังขาออกสูงที่สุด คือ 2.7 W ให้แรงบิด $5.3 \times 10^{-2} \text{ N.m}$ และให้ประสิทธิภาพ 26.5%

การที่กระแสอากาศไหลผ่านพื้นที่ช่องลมที่แคบนั้น จะทำให้กระแสอากาศที่ไหลผ่านพื้นที่ช่องลมตรงนั้น มีความเร็วที่เพิ่มสูงขึ้น และทำให้ได้ค่ากำลังขาออก แรงบิด และประสิทธิภาพ ที่สูงขึ้นด้วย คือที่ตำแหน่งพื้นที่ช่องลมเข้า 0.01 m^2 ส่วนในพื้นที่ช่องลมเข้าที่กว้างขึ้นนั้น ความเร็วของกระแสอากาศที่ไหลผ่านช่องนั้น ก็จะมี ความเร็วที่ต่ำลงมา จึงได้ค่ากำลังขาออก แรงบิด และ ประสิทธิภาพที่ต่ำลง ดังผลที่ได้จากการทดลองพื้นที่ ช่องลมที่ 0.04 m^2 ดังนั้นการปรับแต่งขนาดพื้นที่ช่องลม เข้า ก่อนปะทะกังหันลมตำแหน่งที่ 2 ให้มีพื้นที่ช่องลมที่ แคบลงกว่าตำแหน่งที่ 1 ซึ่งเป็นต้นทางเข้าของอุโมงค์ลม นั้น มีผลทำให้การไหลของกระแสอากาศมีความเร็วที่เพิ่ม สูงขึ้น (สายสุนีย์ พุทธคุณเจริญ, 2540)

จากการทดลองในครั้งนี้ ที่บริเวณขอบปรับ ขนาดพื้นที่ช่องลมเข้าของอุโมงค์ลม มีลักษณะเป็นขอบ ดัดตรงจึงทำให้กระแสอากาศที่ไหลผ่านขอบนี้เกิดการ หมุนควงและปั่นป่วน (Turbulent) ได้ ซึ่งกระแสอากาศที่ มีสภาพลักษณะเช่นนี้ เมื่อไหลเข้าไปปะทะใบพัดของ กังหันลมจะมีผลต่อการหมุนของใบพัดกังหันลมได้ ดังนั้น ถ้าหากจะมีการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขให้ช่องทางการไหล ผ่านของกระแสอากาศในอุโมงค์ลมนี้ได้ ก็จะช่วยให้

กระแสอากาศที่ไหลเข้ามาปะทะใบพัดกังหันลมทำกังหัน ลมให้หมุนได้เร็วยิ่งขึ้นได้ ดังนั้นควรปรับแต่งด้วยการลด ขอบและมุมของพื้นที่ช่องลมเข้า ให้มีลักษณะมีความโค้ง มน และเรียบ จะช่วยให้กระแสอากาศไหลผ่านเข้าได้ สะดวกยิ่งขึ้นและจะทำให้กระแสอากาศไหลผ่านนี้มี สภาพการไหลราบเรียบ (Laminar) ยิ่งขึ้นไม่เกิดการหมุน ควง ซึ่งการที่กังหันลมหมุนได้ด้วยความเร็วรอบที่เพิ่ม สูงขึ้นได้นี้ ทำให้ได้ค่ากำลังขาออก แรงบิด และ ประสิทธิภาพ ที่เพิ่มสูงขึ้นได้ด้วยเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยงานสำนักงานนโยบายและแผน พลังงาน เลขที่ 121 /1-2 ถนน เพชรบุรี เขตราชเทวี กทม. 10400 ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณห้องวิจัยอากาศพลศาสตร์และระบบ ขับเคลื่อนประยุกต์ (PARA) โครงการจัดตั้งภาควิชา วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือ ทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- สัมพันธ์ ไชยเทพ. 2527. การทดลองสร้างปรับปรุงและ ประเมินประสิทธิภาพของอุโมงค์ลม ความเร็วต่ำ. รายงานการวิจัย คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สัมพันธ์ ไชยเทพ. 2549. อากาศพลศาสตร์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1 เชียงใหม่: อนุกรมวิศวกรรมยานยนต์ และการบินอวกาศ เล่มที่ 1, ฉบับฉลองศิริราช สมบัติครบ 60 ปี ดาวารวรณ์การพิมพ์ เชียงใหม่.
- สายสุนีย์ พุทธาเจริญ. ชลศาสตร์. 2540. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี มหานคร.
- สมจิต ชินะใจ และ สัมพันธ์ ไชยเทพ. 2549. การออกแบบ กังหันลมแกนตั้งโดยใช้ครอบเสริมกัน บังคับลมเข้า. บทความประชุมสัมมนาวิชาการ วิศวกรรมยานยนต์ ครั้งที่ 3. สมาคมวิศวกรรม ยานยนต์ไทย. กรุงเทพฯ

- เสถียร วงศ์สารเสริฐ. 2520. การออกแบบและสร้าง
กังหันลมขนาดเล็กแบบประหยัด.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- สุนทร บุญญาริการ. 2545. ผลงานในลัดตัว. พิมพ์ครั้งที่ 1.
สำนักพิมพ์เฟิร์ส ออฟเซท. กรุงเทพฯ
- สมาน นามเสน. 2525 กังหันลมสูบน้ำแบบกล้อจักรยาน.
การประชุมสัมมนาวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- Lysen, E.H. 1982. Introduction of Wind Energy .
Ministry of development co-operation,
Netherlands.
- Habali, M. and Saleh, L.A. 1995 Design and Testing
of small Mixed Airfoil Wind Turbine Blades.
Renewable, 6:161-169
- Walker, John F. and Jenkins, Nicholas. 1997. Wind
Energy Technology. John Wiley & Son:
London.
- Robert, W. and Fox Alan T. 1994. Introduction to Fluid
Mechanics. John Wiley & Son, New york:
USA.
- Morcos, V.H. and Abdel-Hafez. 1995. Testing of an
arrow – head vertical – Axis wind Turbine
Model. Mechanical Engineering Department,
Assiut University, Assiut: Egypt.