

ผลกระทบต่อการเปลี่ยนขนาดความยาวและการปรับมุมใบกังหัน ต่อความเร็วรอบการหมุนและโมเมนต์บิดของกังหันลมแกนตั้ง

The Effects of Chord Line Size Changing and Blade Pitch Adjustment on Rotational Speed and Torque of Vertical Axis Wind Turbine

สุรัชชัย เหมศิริญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ

เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

Surachai Hemhirun

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Krungthep, 2 Nanlinji Road

Tungmahamek, Sathorn, Bangkok, 10120

Corresponding author: Email surachai.h@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบต่อการเปลี่ยนขนาดความยาวและการปรับมุมใบกังหันต่อความเร็วรอบการหมุนและโมเมนต์บิดของกังหันลมแกนตั้ง โดยใบกังหันที่ใช้เป็นแผนอากาศ NACA 2412 ติดตั้งเข้ากับชุดกังหันลมแกนตั้งแบบ 3 ใบกังหันที่มีรัศมีการหมุนและความสูง 160 และ 190 mm ตามลำดับ ทดสอบชุดกังหันลมภายในอุโมงค์ลมแบบเปิดด้วยความเร็วลม 1, 2 และ 3 m/s จากนั้นเปลี่ยนขนาดความยาว 3 ขนาด คือ 80, 100 และ 120 mm และทำการปรับมุมใบกังหันเป็น 0° , 1° , 2° , 3° , 4° และ 5° ผลการทดสอบพบว่าความเร็วรอบการหมุนและโมเมนต์บิดมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อปรับมุมใบกังหันเป็น 0° , 1° และ 2° และมีค่าลดน้อยลง เมื่อปรับมุมใบกังหันเป็น 3° , 4° และ 5° ในทุกขนาดความยาวใบกังหันและทุกความเร็วลม ทั้งนี้ที่ความเร็วลม 3 m/s ขนาดความยาวของใบกังหัน 80 mm มีความเร็วรอบการหมุนสูงสุด 759 rpm และขนาดความยาวของใบกังหัน 120 mm มีโมเมนต์บิดสูงสุด 0.13 N-m

คำสำคัญ: กังหันลมแกนตั้ง ขนาดความยาว มุมใบกังหัน ความเร็วรอบการหมุน โมเมนต์บิด

ABSTRACT

This research aimed to study the effects of chord line size changing and angle blade pitch adjustment on rotational speed and torque of vertical axis wind turbine (VAWT). The turbine blades used in this study were airfoil type and were in accordance with the NACA 2412. They were installed on three-blade VAWT set with radius rotation and height of 160 and 190 mm, respectively. The three-blade VAWT set was tested inside the open-type wind tunnel with the wind speeds of 1, 2 and 3 m/s. Then, the chord line size changing to 80, 100 and 120 mm and the angle blade were adjusted to 0° , 1° , 2° , 3° , 4° and 5° . The results showed that the rotational speed and torque were increased when the angle blade pitch was adjusted to 0° , 1° , and 2° , and they were decreased when the angle blade pitch was adjusted to 3° , 4° , and 5° of all chord line sizes and wind speeds. In addition, 3 m / s wind

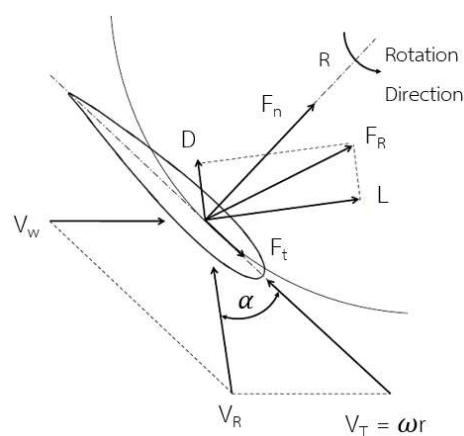
speed in 80 mm chord line size has a maximum speed rotation of 759 rpm, while 120 mm chord line size has a maximum torque of 0.13 N-m.

Keyword: Vertical axis wind turbine, chord line size, angle blade pitch, rotational speed, torque.

1. บทนำ

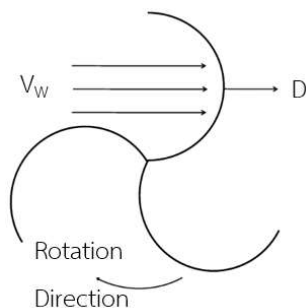
พลังงานลม (Wind Energy) เป็นปรากฏการณ์เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศทำให้ความหนาแน่นของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงมีความหนาแน่นน้อยเกิดการขยายตัวและลอยตัวสูงขึ้น ขณะเดียวกันอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่ามีความหนาแน่นสูงกว่าจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ให้เกิดการไหลของอากาศ เรียกว่า “กระแสลม” ซึ่งเป็นพลังงานจากการไหลของอากาศ (Kinetic Energy) สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า หรือการสูบน้ำ เป็นต้น อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานจากการไหลของอากาศนี้เป็นพลังงานกล คือ กังหันลม (Wind Turbine) สามารถแบ่งตามลักษณะของแกนได้ 2 ชนิด คือ กังหันลมแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbines, HAWT) และกังหันลมแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbines, VAWT) [1]-[3] ในส่วนของกังหันลมแกนตั้งมีข้อได้เปรียบกว่ากังหันลมแกนนอน คือไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการหันเข้าหาทิศทางลม การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและชุดเฟืองทดสามารถติดตั้งที่พื้นได้และใช้พื้นที่น้อยทำให้มีแนวโน้มที่จะนำกังหันลมมาผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน (Zero Energy Building, ZEB) [4] แต่กังหันลมแกนตั้งมีข้อเสียเปรียบบางประการ เช่น กังหันลมแกนตั้งส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่ากังหันลมแกนนอน [5], [6] ทำให้มีผู้วิจัยศึกษากังหันลมแกนตั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกังหันลม ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะของใบกังหันที่ทำให้เกิดการขับเคลื่อนได้ 2 ชนิด คือ 1) ใบกังหันชนิดสร้างแรงยก (Lift Type) หรือกังหันลมแดร์เรียส (Darrieus VAWT, D-VAWT) ใบกังหันจะออกแบบในลักษณะแพนอากาศ (Airfoil) ดังรูปที่ 1 โดยในปี 2555 Travis J. และคณะ [7] ได้ศึกษารูปทรงของแพนอากาศเพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพแรงบิดของกังหันแกนตั้ง ด้วยการออกแบบรูปทรงของแพนอากาศที่เหมาะสมและทดสอบด้วยโปรแกรมจำลอง (Computational Fluid Dynamics, CFD) และในปี 2556 P. Deshpande and X. Li [4] ได้ศึกษาระเบียบวิธีเชิงตัวเลขของกังหันลม แกนตั้งที่ใช้ใบกังหันแบบสมมาตรและแบบไม่สมมาตร เพื่อทำนายและวิเคราะห์การไหลของอากาศผ่านใบกังหันต่อมาในปี 2556-2557 ชนะชาติ คำวาระ และคณะ [8] และศุภอัฐ เกียรติโสภณ และคณะ [9] ได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายสมรรถนะของกังหันลมแกนตั้งแบบ 3 ใบกังหัน โดยใบกังหันลักษณะแพนอากาศ NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) แบบต่าง ๆ ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำนายสมรรถนะของกังหันลม ต่อมาในปี 2558 สุรเทพ ผลหินลาด [3] ได้สร้างและทดสอบกังหันลมแกนตั้งแบบใจโรมิอิล 4 ใบพัดที่ใช้ NACA0015 และ NACA4412 โดยทำการศึกษาการปรับมุมใบกังหันเพื่อศึกษาถึงการหมุน แรงบิด และกำลังที่ได้ ซึ่งเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกังหันลมรูปใบกังหันสร้างแรงยก



รูปที่ 1 ใบกังหันสร้างแรงยก (Lift Type) [10]

2) ใบกังหันชนิดสร้างแรงต้านอากาศ (Drag Type) หรือ กังหันลมชาโวเนียส (Savoni VAWT, S-VAWT) ใบกังหันจะออกแบบในลักษณะทรงโค้งรับอากาศ ดังรูปที่ 2 โดยในปี 2554 ธเนศ ไชยชนะ และสัมพันธ์ ไชยเทพ [1] ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของตำแหน่งของสันใบพัดแบบโค้งต่อประสิทธิภาพของกังหันลม พบว่าเมื่อปรับตำแหน่งสันใบพัดให้เหมาะสมจะสามารถเพิ่มสัมประสิทธิ์กำลังและแรงบิดได้และในปี 2558 วีรชัย ชัยวรพฤกษ์ และศุภโชค แสงสว่าง [11] ได้ศึกษาการทำนายค่าสมรรถนะเชิงสถิติของกังหันลมแบบชาโวเนียสภายใต้การเปลี่ยนแปลงความเร็วทำให้เป็นที่มั่นใจว่าการออกแบบกังหันลมแกนตั้งในรูปแบบใบกังหันสร้างแรงยกสามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ตัวอย่างเช่นในปี 2557 ศักดา ใจสมัคร, หัสตินทร์ ศิริรัตน์ และเศกสรร กิตติคุณ [2] ได้ทำการออกแบบและสร้างกังหันลมแกนตั้งใบพัดแบบชาโวเนียส เพื่อประยุกต์ใช้ในการสูบน้ำ และต่อมาในปี 2558 ธเนศ ไชยชนะ และคณะ [12] ได้วิจัยเรื่องกังหันลมแกนตั้งแบบชาโวเนียสหลายใบที่มีส่วนบังคับลมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งเป็นการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกังหันลมแกนตั้ง



รูปที่ 2 ใบกังหันสร้างแรงต้านอากาศ (Drag Type)[10]

จากงานวิจัยที่ศึกษาถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันลมที่ใช้ใบกังหันชนิดสร้างแรงต้านอากาศ [1], [2], [11], [12] และงานวิจัยการทำนายสมรรถนะของกังหันลมที่ใช้ใบกังหันชนิดสร้างแรงยก [3], [4], [7]-[9] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนความยาวและการปรับมุมใบกังหันต่อความเร็วรอบและ

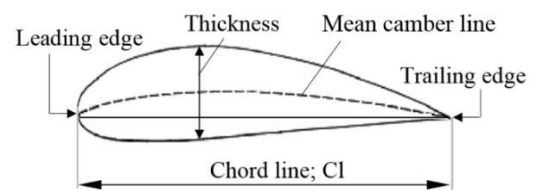
โมเมนต์บิด เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันลมแกนตั้งที่ใช้ใบกังหันชนิดสร้างแรงยกอีกแนวทางหนึ่ง

2. ทฤษฎี

กังหันลมแบบแกนตั้งแบบ 3 ใบกังหัน ที่ใช้ใบกังหันชนิดสร้างแรงยกด้วยแพนอากาศ NACA เริ่มจากการระบุส่วนประกอบของแพนอากาศ จากนั้นพิจารณาถึงแรงที่อากาศกระทำกับแพนอากาศ และแรงที่เป็นผลให้เกิดโมเมนต์บิด ดังมีรายละเอียดดังนี้

2.1 รูปทรงของแพนอากาศ (Airfoil Section

Geometry) มีสัดส่วนขนาดความยาวมากกว่าความกว้าง ดังแสดงในรูปที่ 3 จะแสดงส่วนประกอบของแพนอากาศดังนี้



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของแพนอากาศ

โดยมีส่วนประกอบ 5 ส่วนคือ 1) ขาหน้า (Leading edge) เป็นจุดหน้าสุดของแพนอากาศ 2) ขาหลัง (Trailing edge) เป็นจุดหลังสุดของแพนอากาศ 3) เส้นแสดงขนาดความกว้างของแพนอากาศหรือเส้นคอร์ด (Chord line; Cl) เป็นเส้นตรงที่ลากจากขาหน้าถึงขาหลัง 4) เส้นแคมเบอร์ (Mean camber line) เป็นเส้นแบ่งครึ่งผิวปีกบนและล่างออกเป็นสองส่วนเท่าๆ กัน และ 5) ความหนา (Thickness) เป็นขนาดความกว้างของแพนอากาศ ทั้งนี้ในการสร้างแพนอากาศตามมาตรฐาน NACA สามารถเรียกเป็นรหัสประกอบด้วย 4 หลัก ที่ระบุออกเป็นเปอร์เซ็นต์ตามสัดส่วน เช่น NACA 2412 หลักที่ 1 คือแพนอากาศมีค่าพิกัดเส้นแคมเบอร์ในสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของความยาวเส้นคอร์ด (2 %) หลักที่ 2 คือ ตำแหน่งของพิกัดแคมเบอร์สูงสุดในสัดส่วน 1 ใน 10 ของความยาว

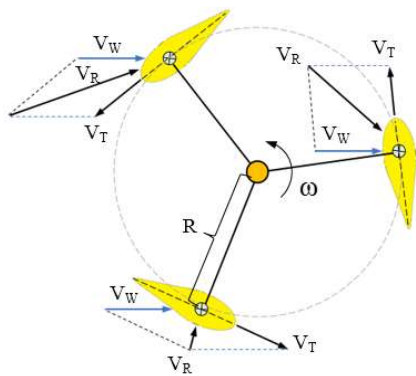
ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - เมษายน พ.ศ. 2561

คอร์ด (4 %) หลักที่ 3 และ 4 คือ ความหนาสูงสุดในสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของเส้นความยาวคอร์ด (12 %)

2.2 แรงที่อากาศกระทำกับแพนอากาศ

การหมุนของกังหันลมเป็นผลจากแรงที่อากาศกระทำกับใบกังหัน จากรูปที่ 4 ขณะกังหันลมที่มีรัศมีการหมุน R หมุนด้วยความเร็วเชิงมุม ω ทำให้ความเร็วของใบกังหันมีค่าเท่ากับ V_T ดังสมการที่ (1) และจากทิศทางการไหลของความเร็วลม V_W (เคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา) ทำให้เกิดความเร็วสัมพัทธ์ V_R ระหว่างความเร็วของใบกังหันกับความเร็วลม

$$V_T = \omega \times R \quad (1)$$



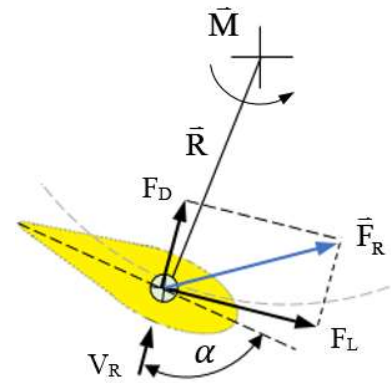
รูปที่ 4 ความเร็วสัมพัทธ์ขณะกังหันลมหมุน

จากความเร็วสัมพัทธ์ดังกล่าวข้างต้น ทำให้เกิดแรงยก F_L และแรงต้าน F_D โดยแรงที่อากาศกระทำกับใบกังหันสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2) และ (3)

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho V_R^2 A_{\text{airfoil}} \quad (2)$$

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho V_R^2 A_{\text{airfoil}} \quad (3)$$

โดยค่า C_L และ C_D คือ สัมประสิทธิ์แรงยกและสัมประสิทธิ์แรงต้านทานอากาศซึ่งจะแปรตามมุมระหว่างความเร็วสัมพัทธ์กับทิศทางการหมุนของกังหันหรือเรียกว่ามุม AOA (Angle of attack, α)



รูปที่ 5 แรงที่อากาศกระทำกับใบกังหัน

เมื่อพิจารณาโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์ (Resultant Force, $\vec{F}_R$) และระยะรัศมีการหมุน (Radius of Rotation, $\vec{R}$) ของ 1 ใบกังหันในรูปแบบเวกเตอร์ ดังสมการที่ 4

$$\vec{M} = \vec{R} \times \vec{F}_R \quad (4)$$

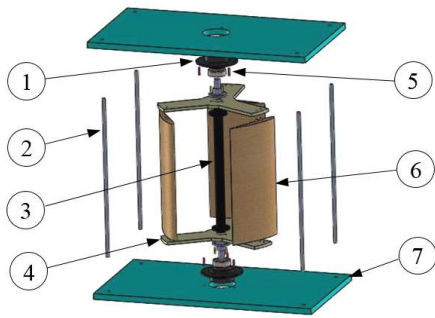
3. การดำเนินงานวิจัย

การศึกษาของงานวิจัยนี้ใช้การสร้างชุดกังหันลมแกนตั้งแบบ 3 ใบกังหันที่ใช้ใบกังหันแต่ละใบเป็นแพนอากาศรูปทรงตามมาตรฐาน NACA 2412 ที่ได้จากการศึกษา งานวิจัยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายถึงความเหมาะสมของแพนอากาศที่ให้กำลังสูงสุดในช่วงความเร็วรอบและความเร็วลมที่เหมาะสมสอดคล้อง [7] จากนั้นทำการติดตั้งแพนอากาศเข้ากับชุดกังหันลมที่สร้างและทดสอบภายในอุโมงค์ลมตามวิธีการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1. ชุดกังหันลมแกนตั้งแบบ 3 ใบกังหัน

(Three Blade Vertical Axis Wind Turbine Set)

ชุดกังหันลมที่สร้างขึ้นสามารถถอดใบกังหันออกได้และในชิ้นส่วนหมายเลข 4 เป็นฐานยึดและปรับมุมของใบกังหัน โดยมีส่วนประกอบแสดงตามหมายเลขดังรูปที่ 6

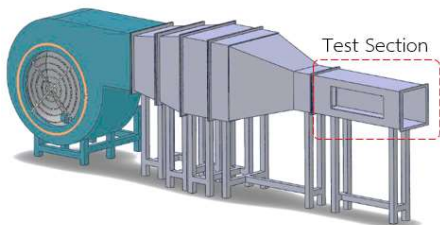


- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| 1 ฐานยึดแบริ่ง | 5 แบริ่ง SKF 6200 |
| 2 เสาค้ำฐาน | 6 แพนอากาศ NACA 2412 |
| 3 เพลากลาง | 7 ฐานชุดกังหัน |
| 4 ฐานยึดและปรับมุมของใบกังหัน | |

รูปที่ 6 ชุดกังหันลมแกนตั้งแบบ 3 ใบกังหัน

3.2. ชุดอุโมงค์ลม (Wind Tunnel Set)

การจำลองความเร็วลมในงานวิจัยนี้ใช้อุโมงค์ลมที่มีขนาดมอเตอร์ 11 กิโลวัตต์ และมีพื้นที่ในการทดสอบ (Test Section) เป็น 320 mm x 320 mm และยาว 1,000 mm

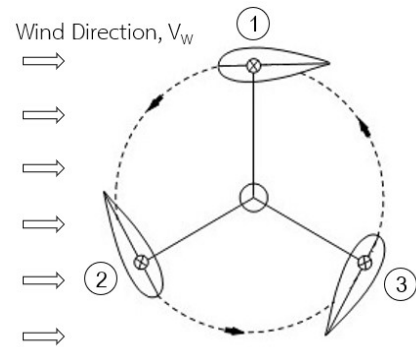


รูปที่ 7 ชุดอุโมงค์ลมและพื้นที่ในการทดสอบ

3.3. วิธีการทดลอง (Experimental Method)

การศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนขนาดความยาวและการปรับมุมใบกังหันที่มีต่อความเร็วรอบการหมุนโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้น การทดลองจะมีการปรับเปลี่ยนความกว้างของใบกังหัน (Chord Line Size, Cl) จากขนาด 80, 100 และ 120 mm และปรับมุมใบกังหัน (Angel Blade Pitch, θ) จาก 0° , 1° , 2° , 3° , 4° และ 5° ตามลำดับ การทดสอบจะดำเนินการภายในอุโมงค์ลมที่จำลองความเร็วลม 1, 2, และ 3 เมตรต่อวินาที ดังรูปที่ 8 การระบุ

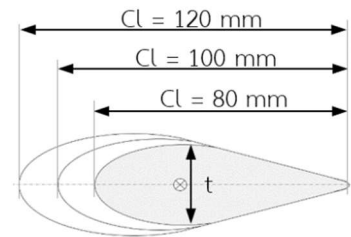
ตำแหน่งใบกังหัน รวมถึงการเปลี่ยนขนาดและการปรับมุมใบกังหัน ดังรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 8 การตำแหน่งใบกังหัน

1) ความยาวใบกังหัน (Chord Line Size, Cl)

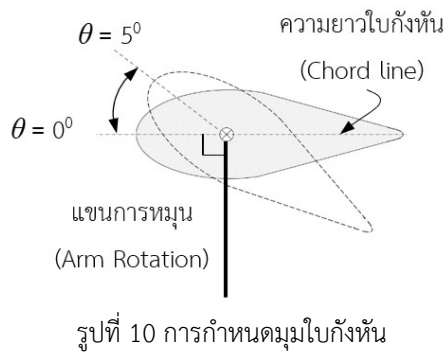
จาก 80, 100 และ 120 mm จากการเปลี่ยนขนาดความยาวและความหนา (t) ของใบกังหันจะเป็นไปตามสัดส่วน NACA 2412 ดังที่ได้กล่าวข้างต้น



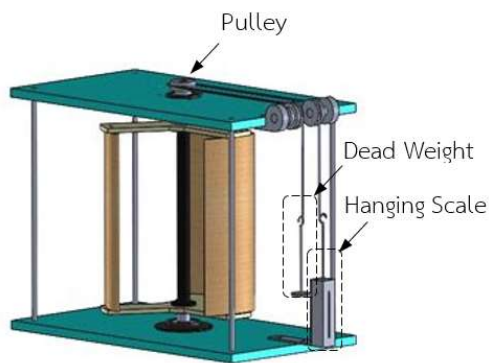
รูปที่ 9 ขนาดความยาวใบกังหัน

2) การปรับมุมใบกังหัน (Angel Blade Pitch, θ)

จาก 0° , 1° , 2° , 3° , 4° และ 5° ดังรูปที่ 10 เป็นส่วนขยายของใบกังหันตำแหน่ง 1 จากรูปที่ 8 เพื่อกำหนดจุดเริ่มในการปรับมุมใบกังหัน โดยเริ่มจากมุมระหว่างเส้นความยาวใบกังหัน (Chord Line) กับแกนการหมุน (Arm Rotation) ของชุดกังหันลมที่ทำมุมกัน 90 องศา ตำแหน่งนี้เป็นมุม θ เป็น 0 องศา และเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 องศา



จากนั้นบันทึกผลของความเร็วรอบการหมุนด้วยอุปกรณ์วัดรอบแบบแสง (Laser Photo Tachometer, DT-2234C) และวัดโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นด้วยการสร้างภาระให้การหมุนด้วยการแขวนน้ำหนัก (Dead Weight) ดังรูปที่ 11

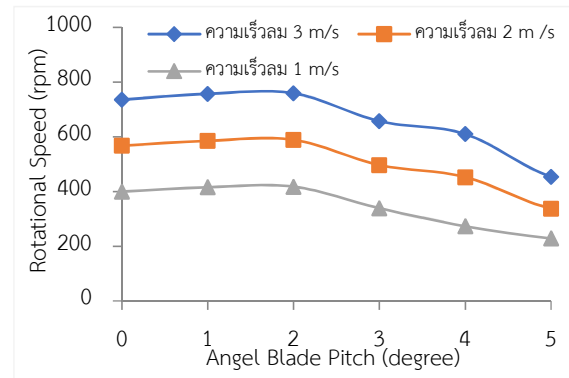


รูปที่ 11 การวัดค่าโมเมนต์บิด

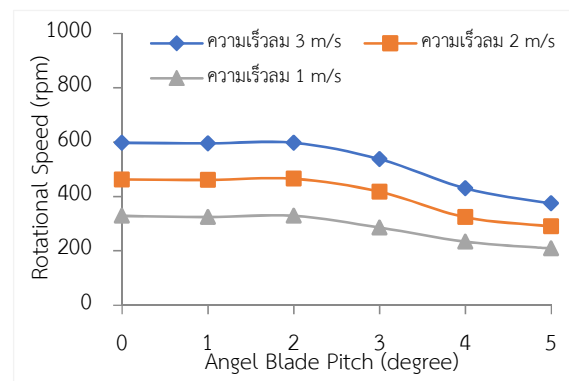
4. ผลและอภิปรายผล

การทดสอบผลกระทบต่อการเปลี่ยนขนาดความยาวและการปรับมุมใบกังหันของกังหันลมแกนตั้งแบบ 3 ใบกังหัน ซึ่งผลการทดสอบสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ความเร็วรอบการหมุน และโมเมนต์บิดของกังหันลม ดังมีผลการทดสอบดังนี้

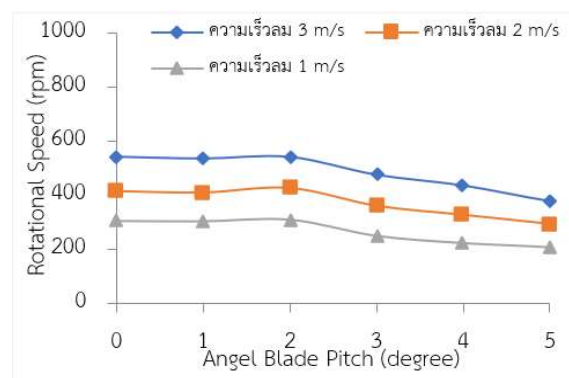
4.1. ความเร็วรอบของกังหัน (Speed Rotation)



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับมุมของใบกังหัน (กรณี CL = 80 mm)



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับมุมของใบกังหัน (กรณี CL = 100 mm)

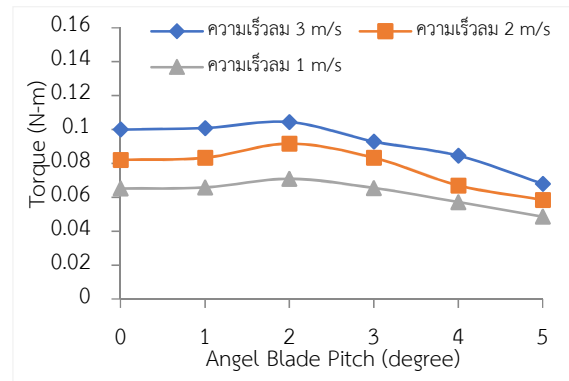


รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับมุมของใบกังหัน (กรณี CL = 120 mm)

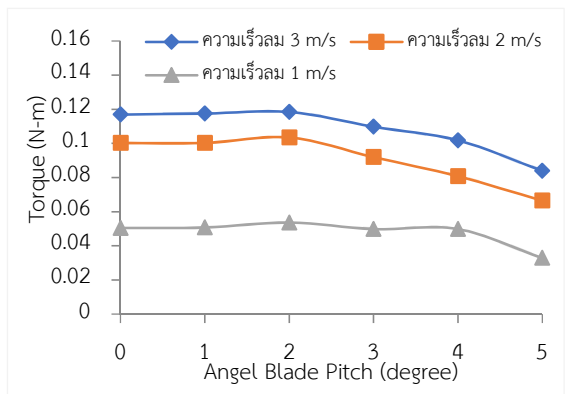
จากรูปที่ 12-14 ความเร็วรอบการหมุนของกังหันในสภาวะความเร็วลม 3 m/s ให้ความเร็วรอบสูงสุดที่มุมของใบกังหัน, θ เป็น 2° ซึ่งแปรผันตามขนาดความกว้างใบกังหัน, CL ดังนั้นคือ CL เป็น 80, 100 และ 120 mm มีความเร็วรอบสูงสุด 759, 597 และ 541 rpm ตามลำดับและมุมของใบกังหัน, θ เป็น 0° , 1° และ 2° ทำให้ความเร็วรอบการหมุนของใบกังหันเพิ่มขึ้น ส่วนมุมของใบกังหัน θ เป็น 3° , 4° และ 5° ทำให้ความเร็วรอบการหมุนของใบกังหันมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นและลดลงของความเร็วรอบการหมุนของกังหันลมเนื่องมาจากผลกระทบของการเปลี่ยนขนาดความยาวของใบกังหัน, CL และมุมของใบกังหัน, θ กล่าวคือเมื่อใบกังหันมี CL เพิ่มขึ้นทำให้มีพื้นที่ A_{airfoil} เพิ่มขึ้นในขณะมุมของใบกังหัน, θ เป็น 0° , 1° และ 2° ใบกังหันลมที่หมุนเข้าหาลมมีค่าสัมประสิทธิ์แรงยก, C_L จะมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทานอากาศ, C_D เมื่อพิจารณาตามสมการที่ (2) และ (3) ทำให้ได้แรงที่ผลักดันส่งผลให้ความเร็วรอบของใบกังหันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและในทางกลับกันในขณะมุมของใบกังหัน, θ เป็น 3° , 4° และ 5° ใบกังหันลมที่หมุนเข้าหาลมเกิดแรงต้านทานอากาศเนื่องจากค่า C_D มีค่ามากกว่าค่า C_L ส่งผลให้ความเร็วรอบของใบกังหันมีแนวโน้มลดลงในทุกสภาวะความเร็วลม

4.2 โมเมนต์บิดของกังหัน (Torsional Moment)

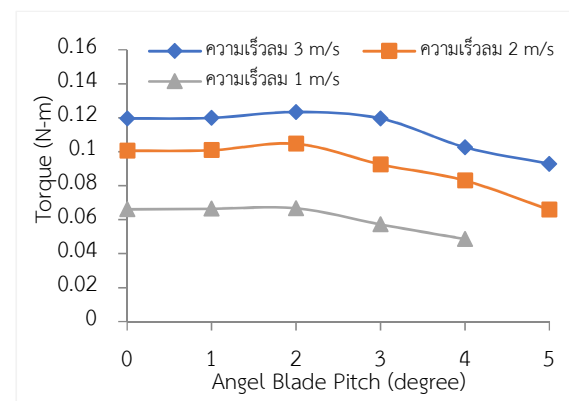
การสร้างภาระให้กับการหมุนของกังหันลมหมุนด้วยความเร็วคงที่ 250 rpm จากนั้นบันทึกผลการทดลองและแสดงผลทดสอบดังนี้



รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์บิดกับมุมของใบกังหัน (กรณี CL = 80 mm)



รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์บิดกับมุมของใบกังหัน (กรณี CL = 100 mm)



รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์บิดกับมุมของใบกังหัน (กรณี CL = 120 mm)

5. สรุป

ผลกระทบต่อการเปลี่ยนขนาดความยาวและการปรับมุมของใบกังหันของกังหันลมแกนตั้งแบบ 3 ใบกังหันที่ทดสอบในอุโมงค์ลมความเร็วต่ำแบบเปิดที่สภาวะความเร็วลม 1, 2 และ 3 m/s ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าที่ขนาดความยาวขนาดความกว้างใบกังหัน, Cl เป็น 80, 100 และ 120 mm ขณะมุมของใบกังหัน, θ เป็น 2° ส่งผลกระทบบ้างดังนี้

1. ความเร็วรอบการหมุนสูงสุดเป็น 759, 597 และ 541 rpm ตามลำดับความกว้างใบกังหัน

2. โมเมนต์บิดสูงสุดเป็น 0.10, 0.12 และ 0.13 N-m ตามลำดับความกว้างใบกังหัน

อีกทั้งยังทราบว่าที่ขนาดความยาวของใบกังหันที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วรอบการหมุนลดลง และในทางกลับกันจะทำให้โมเมนต์บิดเพิ่มมากขึ้นด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และห้องทดลองการประลองทางวิศวกรรม ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จได้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ธเนศ ไชยชนะ และสัมพันธ์ ไชยเทพ, “อิทธิพลของตำแหน่งของสันใบพัดแบบโค้งต่อประสิทธิภาพของกังหันลมแกนตั้งเพลาร่วมหมุนสวนทางกัน,” วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, ปีที่ 14, ฉบับที่ 3, หน้า 107-115, 2554.
- [2] ศักดา ใจสมัคร, หัสตินทร์ ศิริรัตน์, และเศกสรร กิตติคุณ, “การออกแบบและสร้างกังหันลมแกนตั้งใบพัดแบบชาโวเนียสเพื่อประยุกต์ใช้ในการสูบน้ำ,” โครงการงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาฯ, เชียงใหม่, ประเทศไทย, 2557.

- [3] สุรเทพ ผลหินลาด, “กังหันลมแกนตั้งแบบโรโมลล์ 4 ใบพัดที่ใช้ NACA0015 และ NACA4412,” โครงการงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี, ประเทศไทย, 2558.
- [4] P. Deshpande and X. Li, “Numerical study of Giromill-type wind turbines with symmetrical and non-symmetrical airfoils,” EIJST., vol. 2 no. 8, pp. 195-208, 2013.
- [5] J. Castillo, “Small-scale vertical axis wind turbine design,” Bachelor’s Thesis, Aeronautical Engineering, Tampere University of Applied Sciences, Tampere, Finland, 2011.
- [6] M. Casini, “Small vertical axis wind turbines for energy efficiency of buildings,” JOCT., vol. 4 no. 1, pp. 56-65, 2016.
- [7] T. J. Carrigan, B. H. Dennis, Z. X. Han and B. P. Wang “Aerodynamic shape optimization of a vertical-axis wind turbine using differential evolution,” ISRN Renewable Energy., vol. 2012, pp. 1-16, Oct. 2012.
- [8] ชนชาติ คำวิระ และคณะ, “การศึกษาเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับสมรรถนะของกังหันลมแบบโรโมลล์ที่ใช้แพนอากาศชนิดสมมาตร,” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 27, ชลบุรี, ประเทศไทย, 2556, หน้า TSF-2039.
- [9] ศุภอัฐ เกรียติโสภณ และคณะ, “แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับสมรรถนะของกังหันลมแบบโรโมลล์ที่ใช้แพนอากาศชนิดสมมาตรและชนิดไม่สมมาตร,” การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28, ขอนแก่น, ประเทศไทย, 2557, หน้า 1402-1408.
- [10] T. J. Carrigan, “Aerodynamic shape optimization of a vertical axis wind turbine,” M.S. thesis, Dept. Aero. Eng., UTA., Texas, America, 2010.

- [11] วีรชัย ชัยวรพฤกษ์ และศุภโชค แสงสว่าง, “การทำนายค่าสมรรถนะเชิงสถิติของกังหันลมแบบชาโวเนียสภายใต้การเปลี่ยนแปลงความเร็ว,” วิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ปีที่ 94, ฉบับที่ 4, หน้า 1-10, 2558.
- [12] ธเนศ ไชยชนะ และคณะ, “โครงการวิจัยเรื่องกังหันลมแกนตั้งแบบ Savonius หลายใบที่มีส่วนบังคับ

ลมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก,” รายงานฉบับสมบูรณ์ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557, มหาวิทยาลัยทักษิณ, พัทลุง, ประเทศไทย หน้า 1-68, 2558.