ME-NETT23 The 23rd Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand

ETM-033234

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23
4 – 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่

ความสามารถในการเริ่มต้นหมุนด้วยตนเองของกังหันลมแกนตั้ง

Self-Starting Capability of Vertical Axis Wind Turbines

จารุวรรณ ตั้งต้นสกุลวงศ์[1]* และ ทวิช จิตรสมบูรณ์[2#]

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*jacksut@hotmail.com, #tabon@sut.ac.th, 0-4422-4410

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วิเคราะห์กังหันลมแกนตั้งสองประเภทคือกังหันแบบใบตั้งตรงและแบบใบบิดเกลียวในประเด็นของความสามารถในการเริ่มต้นหมุน โดยพิจารณาผลกระทบจากจำนวนใบกังหันร่วมด้วย การวิเคราะห์ทำโดยหาความสัมพันธ์ของทิศทางความเร็วลมกับตำแหน่งของใบกังหัน และเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์แรงยกกับแรงต้านจากข้อมูลการทดลองหลังจากนั้นนำค่าดังกล่าวนำไปคำนวณหาแรงบิดเริ่มต้น ผลจากการวิเคราะห์กังหันใบตั้งตรงใบเดียวแสดงให้เห็นชัดเจนว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงในแนวสัมผัสของกังหันใบเดียวมีค่าน้อยที่บางมุมหัน (Azimuth angle) และมีค่าเป็นลบที่มุมหันประมาณ 15° ถึง 50° และ 310° ถึง 345° การเพิ่มจำนวนใบกังหันมากขึ้นสามารถทำให้กังหันมีแรงบิดเริ่มต้นสูงขึ้นหรือศักยภาพในการเริ่มหมุนดีขึ้น รวมถึงมีค่าสม่ำเสมอกันมากขึ้นในแต่ละมุมหัน ส่วนกังหันแบบใบบิดเกลียวให้ค่าแรงบิดเริ่มต้นคงที่เท่ากับค่าเฉลี่ยของกังหันใบตรง โดยไม่มีค่าใดเป็นลบเลย จากการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่ากังหันแบบใบบิดเกลียวอาจสามารถใช้แก้ปัญหาการไม่เริ่มต้นหมุนและแรงบิดที่ไม่สม่ำเสมอในขณะทำงานของกังหันแกนตั้งได้

คำหลัก: การเริ่มต้นหมุนของกังหันลมแกนตั้ง, กังหันลมแกนตั้ง, กังหันลมแกนตั้งแบบใบบิดเกลียว,

Abstract

This paper compares two vertical axis wind turbines, straight vertical blade and single helical blade types with respect to their self-starting capabilities. The effects of the number of blades are also included. Analyses are pursued by seeking the relation between the angle of attack of wind velocity and blade azimuth angle. Aerodynamics force coefficients are then obtained from experimental data and the starting torque can be calculated. The results indicate that the tangential force coefficients of a single vertical blade rotor are low in some regions and become negative in the ranges 13° to 35° and 325° to 347° of azimuth angles. Increase in blade numbers results in higher and smoother tangential force coefficients and starting torques. For the helical blade rotor, its starting torque equals to the average value of the vertical one and remains constant at all azimuth angles. This indicates that the helical blade might be able to overcome the starting problem and the problem of torque ripple in the vertical axis wind turbine.

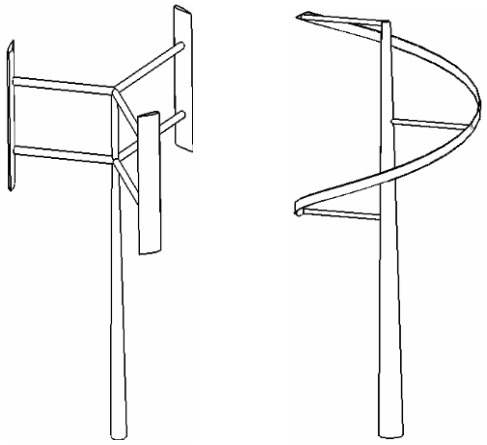
Keywords: Self-Starting Capability; VAWT; Vertical axis wind turbine; Helical blade VAWT

1. ที่มาและความสำคัญ

กังหัน ลมแกนตั้งมีข้อดีที่น่าสนใจหลายประการ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและชุดเฟืองทดสามารถติดตั้งที่พื้นได้ และสามารถรับลมได้ทุกทิศทางทำให้ไม่ต้องใช้เครื่องมือหันกังหันเข้าหาลม ส่วนข้อเสีย ที่ชัดเจนได้แก่ แรงบิด มีค่าแปรปรวนตลอดมุมหันที่หมุนไป และที่สำคัญคือกังหันแกนตั้งมีความสามารถในการเริ่มต้นหมุนด้วยตัวเองต่ำ ซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยากในการใช้งาน และเป็นส่วนหนึ่งที่ส่งผลให้กังหันแกนตั้งได้รับความนิยมต่ำอีกด้วย

“การเริ่มต้นหมุนด้วยตนเอง ” (Self starting)” หมายถึงการเริ่มต้นหมุนของกังหันจากหยุดนิ่งจนสามารถสกัดพลังงานจากลมได้ (Ebert และ Wood [1] และ Kirke [2]) นอกจากนี้ Lunt [3] กำหนดว่าหมายถึงการที่กังหันสามารถเร่งตัวเองจากสภาพหยุดนิ่งจนกระทั่งค่าอัตราส่วนความเร็วปลายปีกของกังหัน (Tip speed ratio; TSR) มีค่าเท่ากับ 1

ปัญหาการไม่เริ่มหมุนของกังหันแกนตั้งมีความสำคัญในกรณีที่เป็นกังหันแกนตั้งขนาดเล็กที่ถูกติดตั้งใช้งานในชนบทที่ห่างไกล ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าหรือพลังงานอย่างอื่นมาช่วยหมุนกังหันในช่วงเริ่มต้นทำได้ลำบาก นักวิจัยจำนวนมากจึงพยายามแก้ปัญหาการไม่เริ่มต้นหมุนดังกล่าวด้วยวิธีที่แตกต่างกันออกไป เช่น การใช้ใบกังหันแบบปรับมุมได้ (Variable pitch blade) (Kirke [2] ,Baker [4], Cooper [5], และ Pawsey [5]) แต่วิธีการนี้ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากกลไกที่ยุ่งยากซับซ้อนทำให้เพิ่มต้นทุนในการผลิตมากขึ้น อีกวิธีหนึ่งคือการผนวกกังหันแบบ Darrieus กับ Savonius เข้าด้วยกัน (Wakui [6], Gupta [7]) วิธีนี้ทำให้กังหันเริ่มต้นหมุนได้ แต่ประสิทธิภาพลดลงเป็นอย่างมาก รวมถึงจุดทำงานของกังหันต่ำมาก ไม่เหมาะกับการนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า อย่างไรก็ดีในปี ค.ศ. 1995 Gorlov [8] วิศวกรชาวอเมริกา ได้ออกแบบกังหันน้ำแบบใบคู่บิดเกลียวในแนวนอนซึ่งพบว่ากังหันสามารถเริ่มต้นหมุนได้เอง และให้แรงบิดที่ราบเรียบ จากนั้นในปี ค.ศ. 2001 Van Bussel และคณะ [9] ได้ออกแบบกังหันลมขนาดเล็กแบบ 3 ใบที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือมีใบที่บิดเกลียว กังหันดังกล่าวสามารถเริ่มต้นหมุนได้ อย่างไรก็ตามสาเหตุการสามารถเริ่มต้นหมุนได้ด้วยตนเองของกังหันใบบิดเกลียวยังไม่มีการศึกษาที่แน่ชัด ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอการวิเคราะห์ศักยภาพการเริ่มต้นหมุนด้วยตนเองของกังหัน โดยอาศัยการวิเคราะห์ทางอากาศพลศาสตร์ของกังหันแบบดั้งเดิม (คือแบบใบตั้งตรง) เปรียบเทียบกับแบบใบบิดเกลียว 360 องศาเพียงใบเดียว ซึ่งกันหันแบบนี้เป็นกังหันที่คิดค้นขึ้นใหม่ในการวิจัยนี้ (ต่างจากของ Gorlov ที่มีใบคู่) ลักษณะของกังหันทั้งสองดังรูปที่ 1



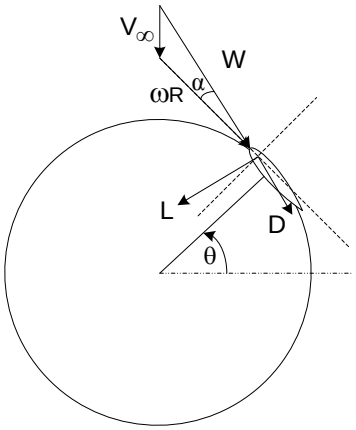
(ก) (ข)

รูปที่ 1 กังหันแกนตั้ง 2 แบบ (ก) แบบใบตั้งตรง และ (ข) แบบใบบิดเกลียว 360 องศา

การบิดเป็นวงรอบ 360 องศานี้เชื่อว่าจะทำให้กังหันสามารถเริ่มต้นหมุนได้ด้วยตนเอง แรงบิดมีความเรียบสม่ำเสมอตลอดมุมหัน การสูญเสียที่ปลายปีกมีค่าน้อยกว่าปกติ และลดผลกระทบของคลื่นสะบัดท้าย (wake) ซึ่งน่าจะทำให้ประสิทธิภาพของกังหันเพิ่มขึ้นกว่ากังหันแบบใบตรงที่ถือเป็นกังหันแกนตั้งมาตรฐานในปัจจุบันนี้

2. ศักยภาพการเริ่มต้นหมุนของกังหันแกนตั้ง

เริ่มต้นด้วยการหามุมปะทะของความเร็วลมสัมพัทธ์กับคอร์ดของใบกังหันโดยใช้หลักการทางเรขาคณิตดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 มุมปะทะและแรงที่กระทำกับหน้าตัดใบกังหันลมแกนตั้ง

เมื่อ V_∞ คือความเร็วลมที่เข้าสู่กังหัน จากระยะไกล ωR คือความเร็วเชิงเส้นของใบกังหัน W คือความเร็วสัมพัทธ์ α คือมุมปะทะ (angle of attack) หรือมุมที่ความเร็วลัพธ์กระทำกับเส้นคอร์ด (chord) ในกรณีอุดมคติที่ไม่คำนึงถึงการขยายตัวของการไหลอันเนื่องจากการดูดซับพลังงานของกังหัน จะได้ว่าความสัมพันธ์ของมุมปะทะ (α) และความเร็วสัมพัทธ์ (W) นั้นสัมพันธ์กับมุมหัน (θ) ดังนี้

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{\cos\theta}{\sin\theta + TSR} \quad (2)$$

$$W = V_\infty\left(\frac{TSR+\cos\theta}{\cos\alpha}\right) \quad (3)$$

เมื่อ TSR คือ อัตราส่วนความเร็วปลายปีก (tip speed ratio) ซึ่งนิยามโดย

$$TSR = \frac{\omega R}{V_\infty} \quad (1)$$

จะเห็นว่าถ้ากังหันหยุดนิ่ง ความเร็วลัพธ์จะเท่ากับความเร็วลมที่วิ่งเข้าสู่กังหันนั่นเอง แรงยก (Lift force, L) และแรงต้าน (Drag force, D) สามารถหาได้ดังนี้

$$C_L = \frac{L}{0.5\rho W^2 c} \quad (4)$$

$$C_D = \frac{D}{0.5\rho W^2 c} \quad (5)$$

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์แรงยก (C_L) และสัมประสิทธิ์แรงต้าน (C_D) หาได้จากข้อมูลแพนอากาศที่มีการทดสอบไว้แล้ว ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวมีค่าแตกต่างกันตามคุณลักษณะของแพนอากาศ (airfoil) สำหรับแพนอากาศที่นิยมใช้ทำใบกังหันแกนตั้ง คือแพนอากาศแบบสมมาตรเบอร์ NACA-00xx ซึ่ง xx คือตัวเลขบ่งบอกความหนาต่อความยาวคอร์ด ซึ่งควรมีค่าประมาณ 12-21

เมื่อแตกเวคเตอร์ทั้งสองให้อยู่ในทิศสัมผัสและตั้งฉากกับเส้นรอบวงกังหันจะได้

$$C_t = C_L\sin\alpha - C_D\cos\alpha \quad (6)$$

$$C_n = C_L\cos\alpha + C_D\sin\alpha \quad (7)$$

ซึ่งทำให้สามารถหาสัมประสิทธิ์แรงในแนวเส้นสัมผัสและในแนวตั้งฉากดังสมการต่อไปนี้

$$F_t = \frac{f_t}{0.5\rho V_\infty^2 c} = C_t\left(\frac{W}{V_\infty}\right)^2 \quad (8)$$

$$F_n = \frac{f_n}{0.5\rho V_\infty^2 c} = C_n\left(\frac{W}{V_\infty}\right)^2 \quad (9)$$

Ft เป็นตัวบ่งชี้แรงบิดที่กระทำต่อกังหัน ซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถ ในการหมุนของกังหัน ส่วน F_n เป็นตัวชี้วัดแรงกระทำต่อแกนกังหัน หาก F_n มีค่าแกว่งมากอาจทำให้เกิดการเสียหายเนื่องจากความล้าได้ สุดท้ายแรงบิดของกังหันแกนตั้งที่มุมหันต่างๆ สามารถหาได้จาก

$$T = f_t hR \quad (10)$$

เมื่อ R คือรัศมีของกังหัน และ h คือความยาวใบกังหัน ในกรณีที่กังหันมีหลายใบ แรงบิดรวมหาจากการรวมแรงบิดของกังหันแต่ละใบ ส่วนกรณีกังหันแบบใบบิดเกลียวใบเดี่ยว 360 องศาแรงบิดสามารถหาได้จากสมการ

$$T = \frac{hR}{2\pi}\int_0^{2\pi} f_t\, d\theta \quad (11)$$

การเปรียบเทียบแรงบิดในบทความนี้จะเปรียบเทียบระหว่างกังหันแบบใบตั้งตรงกับแบบใบบิดที่มีความตัน (solidity) เท่ากันโดยความตันมีนิยามดังนี้

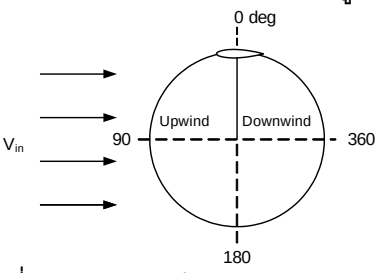
$$\sigma = \frac{Nc}{R} \quad (12)$$

เมื่อ N คือจำนวนใบกังหัน

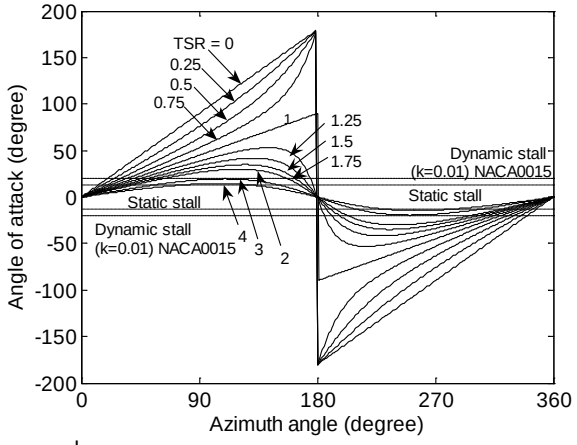
3. ผลลัพธ์และการอภิปรายผล

เมื่อกำหนดตำแหน่งมุมหันและทิศทางลมที่เข้าสู่กังหันดังรูปที่ 3 สามารถใช้สมการในหัวข้อที่แล้ว

คำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมปะทะกับมุมหัน ที่ TSR ต่าง ๆ และแสดงผลเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4

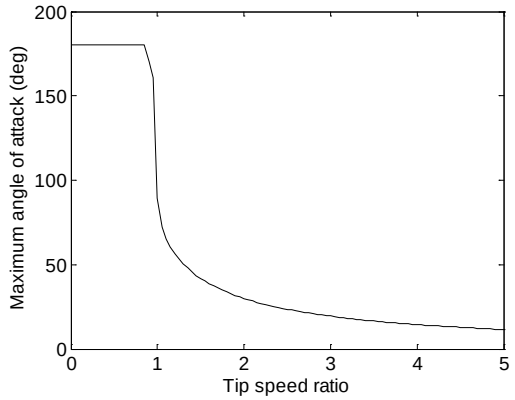


รูปที่ 3 ทิศทางมุมหันและทิศทางลมเข้า



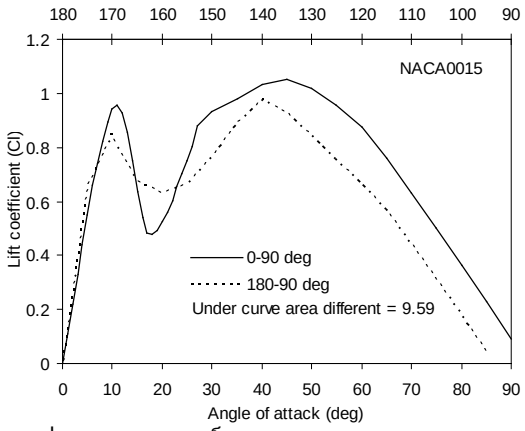
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมปะทะกับมุมหัน

ซึ่งจะเห็นว่าหากกังหันทำงานที่ TSR ต่ำกว่า 1 มุมปะทะจะแปรค่าจาก 0 ° ไปจนถึง 180 ° ที่ด้านต้นลม (upwind) และจาก -180° จนถึง 0° ที่ด้านปลายลม (downwind) เมื่อ TSR สูงขึ้น ช่วงของมุมปะทะในแต่ละรอบการหมุนจะแคบลง รูปที่ 5 แสดงมุมปะทะสูงสุดที่ TSR ต่าง ๆ



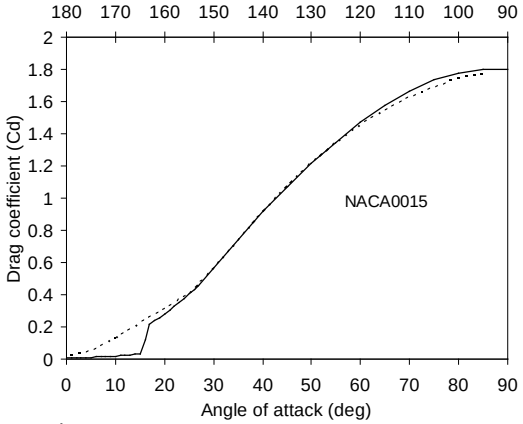
รูปที่ 5 มุมปะทะสูงสุดเป็นฟังก์ชันของ TSR

ในกรณีที่ TSR มีค่าต่ำกว่า 1 มุมปะทะสูงสุดคือ 180° ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของมุมปะทะจะต้องผ่านมุมป้อ (Stall angle) ซึ่งเป็นมุมวิกฤตที่จะเกิดปรากฏการแรงยกลดลงอย่างรวดเร็วในขณะที่แรงต้านเพิ่มสูงขึ้น รูปที่ 6 และ 7 แสดงสัมประสิทธิ์แรงยกและสัมประสิทธิ์แรงต้านของแพนอากาศ NACA0015



รูปที่ 6 สัมประสิทธิ์แรงยกของ NACA 0015

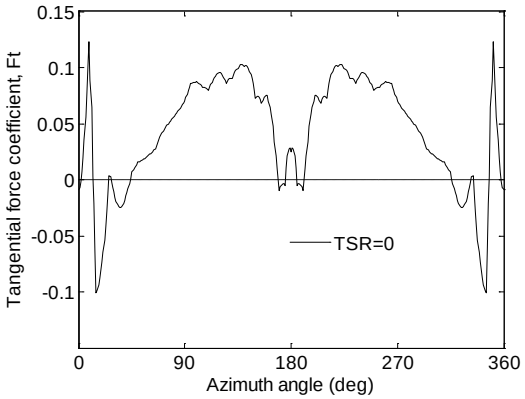
ซึ่งพฤติกรรมการป้อ (Stall) นี้เป็นอุปสรรคต่อการหมุนของกังหัน สำหรับแพนอากาศแบบสมมาตรในตระกูล NACA 00XX เกิดการป้อ (Stall) ที่มุมปะทะประมาณ 12 °-15° หลังจากนั้นแรงยกจะกลับมาเพิ่มขึ้นอีกครั้ง แต่แรงต้านจะเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน



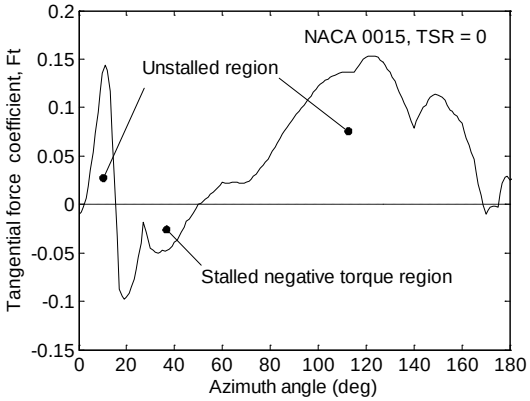
รูปที่ 7 สัมประสิทธิ์แรงต้านของ NACA 0015

เมื่อทำการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แรงในแนวสัมผัสของกังหันใบเดียวที่มีความยาวคอร์ด 0.5 เมตร

ในสองมิติที่ค่า TSR = 0 ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 8 โดยส่วนขยายในช่วงที่สัมประสิทธิ์มีค่าเป็นลบแสดงในรูปที่ 9



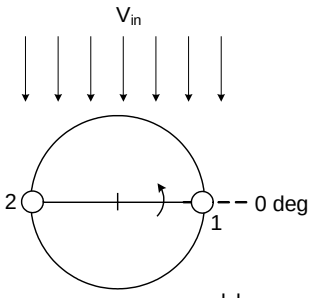
รูปที่ 8 สัมประสิทธิ์แรงในแนวสัมผัส



รูปที่ 9 สัมประสิทธิ์แรงในแนวสัมผัสที่มุมหัน 0°-180°

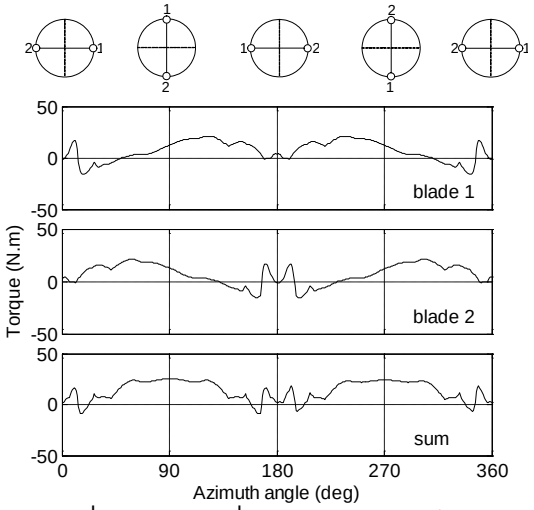
จากรูปที่ 8 และ 9 จะเห็นว่าบริเวณที่ค่าแรงในแนวเส้นสัมผัสมีค่าเป็นลบอยู่ในช่วงมุมหันประมาณ 15°– 50° องศา ซึ่งมุมหันในช่วงดังกล่าวให้มุมปะทะที่ทำให้เกิดการป้อ (Stall) ค่าแรงยกจึงต่ำและแรงต้านสูง ค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นลบดังกล่าวนี้เป็นอุปสรรคต่อการเริ่มต้นหมุนของกังหัน

เมื่อพิจารณากรณีกังหันใบตั้งตรง 2 ใบ โดยแต่ละใบกังหันมีความยาวคอร์ด 0.5 เมตร หน้าตัดใบกังหันคือ NACA 0015 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกังหันเป็น 3 เมตร ความยาวของใบกังหัน 6 เมตรความเร็วลมที่เข้าสู่กังหันเป็น 8 เมตร/วินาที และTSR = 0 โดยทิศทางลมที่เข้าสู่กังหันและตำแหน่งมุมหันเป็นดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงทิศทางลมที่วิ่งเข้าสู่กังหัน

ผลการคำนวณแรงบิดเริ่มต้นจากใบกังหันทั้งสองใบที่มุมหันต่างๆ แสดงในรูปที่ 11

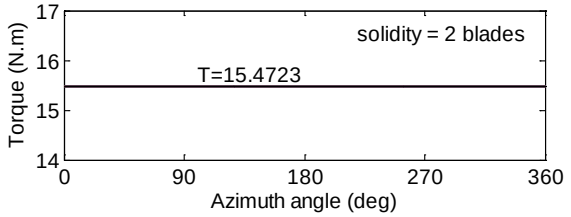


รูปที่ 11 แรงบิดเริ่มต้นของกังหัน 2 ใบ

ซึ่งพบว่าการใช้ใบกังหันเพิ่มขึ้นจากหนึ่งเป็นสองใบทำให้ช่วงมุมหันที่ใบกังหันมีค่าแรงบิดเป็นค่าลบ (จากเดิม 15° ถึง 50° และ 310° ถึง 345°) มีช่วงที่แคบลง โดยแต่ละช่วงครอบคลุมมุมหันเพียงแค่ประมาณ 10 ° มีและจำนวนทั้งสิ้น 4 ช่วง และถึงแม้ว่าช่วงมุมหันที่ทำให้แรงบิดเป็นลบมีช่วงที่ลดลงมาก แต่ก็ไม่ได้หมดไป ซึ่งหมายความว่ากังหันแบบใบตั้งตรงสองใบไม่สามารถแก้ปัญหาการไม่เริ่มต้นหมุนด้วยตนเองได้อย่างแท้จริง กังหันอาจเริ่มขยับตัวเล็กน้อยในกรณีที่ใบกังหันวางตัวอยู่ในมุมหันที่มีแรงบิดเริ่มต้นเป็นบวกเท่านั้น แต่เมื่อใบกังหันกวาดผ่านมุมหันที่ให้ค่าแรงบิดเป็นลบก็จะเกิดการหน่วงให้กังหันกลับมาหยุดได้อีก หรือไม่สามารถเร่งตัวให้ความเร็วรอบสูงขึ้นได้

จากนี้จะพิจารณากังหันแบบใบบิดเกลียวที่ค่าความตัน (Solidity) เดียวกันกับกังหันสองใบตั้งตรงข้างต้น ผลลัพธ์

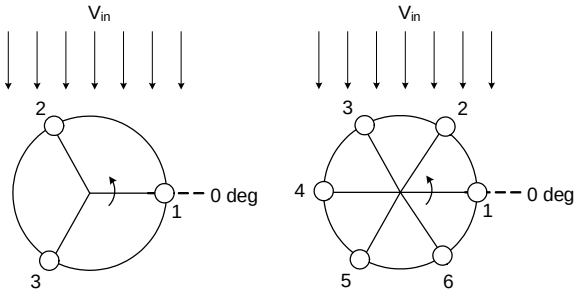
แสดงในรูปที่ 12 พบว่ากังหันแบบใบบิดเกลียวให้ค่าแรงบิดเริ่มต้นคงที่ทุกมุมหัน เท่ากับ 15.4723 N.m ค่าดังกล่าวนี้เท่ากับค่าแรงบิดเฉลี่ยของกังหัน 2 ใบ



รูปที่ 12 แรงบิดของกังหันแบบใบบิดเกลียวที่มีความตัน (Solidity) เท่ากับกังหันแบบใบตั้งตรง 2 ใบ

การที่แรงบิดเริ่มต้นของกังหันแบบใบบิดเกลียวมีค่าคงที่เช่นนี้เกิดเนื่องจากกังหันมีหน้าตัดที่รับลมอยู่ในทุกมุมหัน ดังนั้นถึงแม้จะมีบางช่วงมุมหันที่ใบกังหันมีค่าแรงบิดเริ่มต้นน้อย แต่ก็มีบางช่วงมุมหันที่มีค่ามาก ทำให้กังหันอาจสามารถเริ่มต้นหมุนได้เอง และมีแนวโน้มว่าจะให้ค่าแรงบิดที่ราบเรียบขึ้น

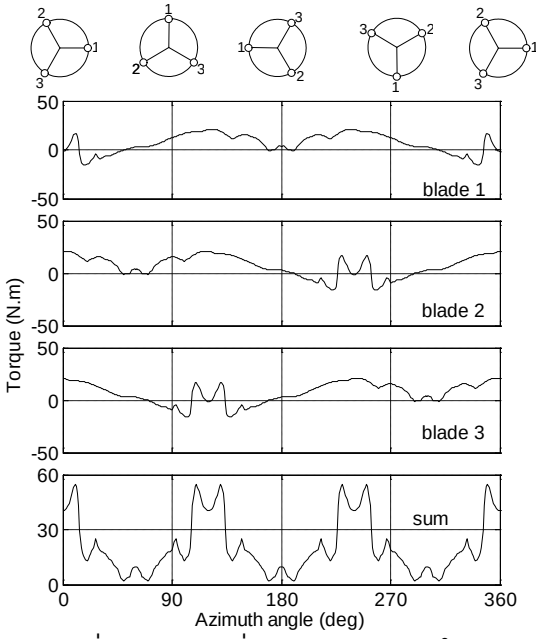
จากผลการวิเคราะห์กังหันสองใบ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มค่าความตัน (Solidity) โดยให้มีจำนวนใบกังหันเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มว่าอาจทำให้กังหันสามารถเริ่มต้นหมุนเองได้ดีขึ้น จึงพิจารณากังหันแบบใบตั้งตรง 3 ใบและ 6 ใบซึ่งมีขนาดกังหันเท่ากับกังหันสองใบก่อนหน้านี้ แต่มีจำนวนใบที่เพิ่มขึ้น โดยมีทิศทางลมเข้าและทิศของมุมหันดังรูปที่ 13



(ก) (ข)

รูปที่ 13 ทิศทางลมเข้าละทิศทางมุมหันของกังหัน (ก) กังหันใบตรง 3 ใบ (ข) กังหันใบตรง 6 ใบ

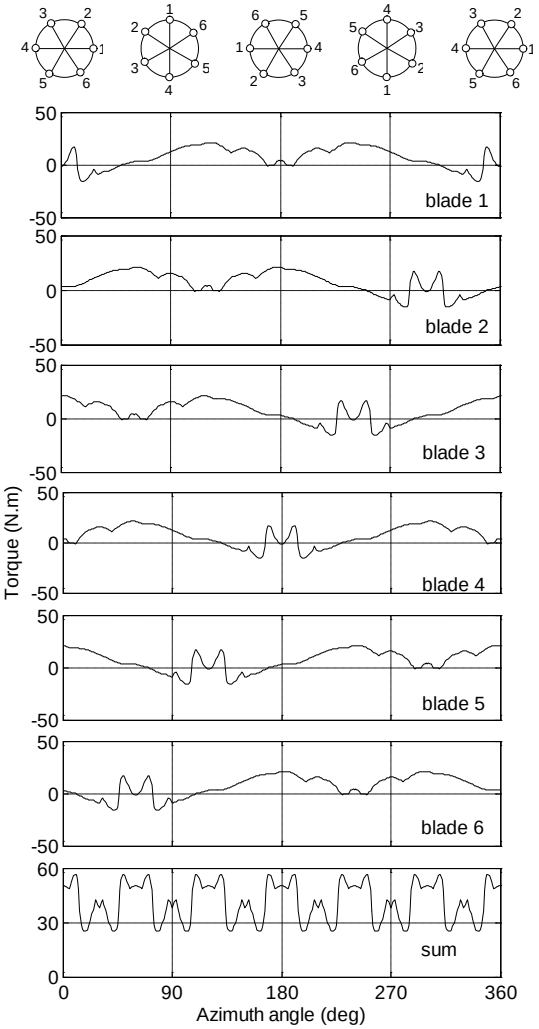
แรงบิดเริ่มต้นที่ได้จากการรวมแรงบิดเริ่มต้นของกังหัน 3 ใบ และ 6 ใบ เป็นดังรูปที่ 14 และ รูปที่ 15



รูปที่ 14 แรงบิดเริ่มต้นของกังหัน 3 ใบ

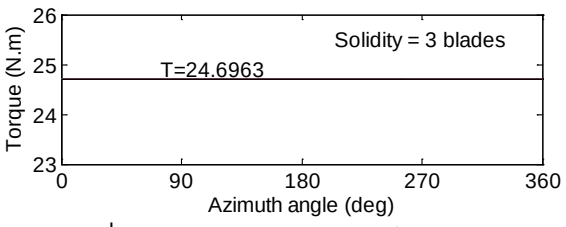
จะเห็นว่าการเพิ่มจำนวนใบกังหันทำให้กังหันมีศักยภาพการเริ่มต้นหมุนที่ดีขึ้น นั่นคือมีแรงบิดเริ่มต้นที่ดีขึ้น โดยทั้งสองไม่มีค่าแรงบิดเป็นลบในช่วงมุมหันใดเลย อย่างไรก็ตามค่าแรงบิดเริ่มต้นของกังหันแบบ 3 ใบยังมีบางช่วงของมุมหันที่ให้ค่าแรงบิดเริ่มต้นต่ำ ซึ่งมีอยู่ทั้งสิ้น 3 ช่วง (ที่ 50, 180, 310 องศา) ซึ่งเป็นช่วงที่ค่อนข้างกว้าง ส่วนช่วงที่มีค่าแรงบิดเริ่มต้นสูงนั้นแคบกว่าช่วงที่มีแรงบิดต่ำ ในช่วงดังกล่าวหากค่าแรงบิดเริ่มต้นต่ำเกินกว่าที่จะเอาชนะแรงเสียดทานของแบริ่งอาจทำให้กังหันไม่สามารถเริ่มต้นหมุนได้ จึงไม่น่าแปลกใจว่าเหตุใดกังหันแกนตั้งแบบ 3 ใบทั่วไปจึงไม่สามารถเริ่มต้นหมุนด้วยตัวเองได้ทุกครั้ง

ส่วนกังหันแบบ 6 ใบแม้ว่าแรงบิดเริ่มต้นที่ได้ค่อนข้างสูง (ดังในรูปที่ 15) และสามารถแก้ปัญหาแรงบิดที่ต่ำมากในบางช่วงของกังหัน 3 ใบได้ โดยแรงบิด มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 25 ถึง 55 N.m ในขณะที่กังหัน 3 ใบแรงบิดมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 2 ถึง 55 N.mแต่จำนวนใบที่มากเกินไปจะทำให้สิ้นเปลืองวัสดุและน้ำหนักมาก ฐานรากจึงต้องแข็งแรงตามไปด้วย ทำให้ต้นทุนสูง

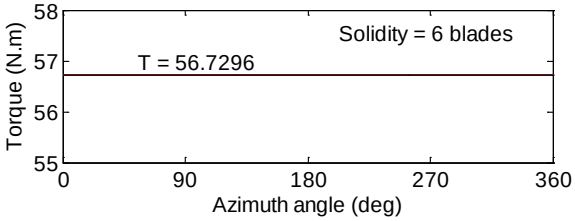


รูปที่ 15 แรงบิดเริ่มต้นของกังหัน 6 ใบ

ในขณะที่กังหันแบบใบบิดเกลียว มีแรงบิดที่สม่ำเสมอทุกมุมไม่ว่าจะมีค่าความตัน (Solidity) เท่าใด ยิ่งความตัน (Solidity) สูง แรงบิดก็ยิ่งสูงตามไปด้วย โดยค่าแรงบิดเริ่มต้นของกังหันแบบบิดเกลียวที่มีความตัน (Solidity) เท่ากับกังหัน 3 ใบและ 6 ใบ มีค่า 24.69 นิวตันเมตร และ 56.7 3 นิวตันเมตรตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 16 และ 17



รูปที่ 16 แรงบิดรวมของกังหันใบบิดเกลียว ที่มีความตัน (Solidity) เท่ากับกังหัน 3 ใบ



รูปที่ 17 แรงบิดรวมของกังหันใบบิดเกลียว ที่มีความตัน (Solidity) เท่ากับกังหัน 6 ใบ

4. สรุป

จากการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่ากังหันแกนตั้งแบบใบตรงในแนวดิ่งมีศักยภาพในการเริ่มต้นหมุนที่ดีขึ้นหากเพิ่มจำนวนใบกังหันมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับสิ่งที่พบในทางปฏิบัติ ในขณะที่กังหันแบบใบบิดเกลียวใบเดี่ยวมีศักยภาพในการเริ่มต้นหมุนที่ดีและคงที่ไม่ว่าใบกังหันจะวางตัวอยู่ในตำแหน่งใด ซึ่งอาจเกิดจากการที่กังหันมีหน้าตัดที่รับลมอยู่ในทุกมุมหัน ถึงแม้ว่าการผลิตใบกังหันใบเกลียวอาจมีความยุ่งยากกว่าการผลิตใบกังหันแบบใบตรงแต่ถ้ามีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตให้ดีขึ้นการใช้กังหันใบบิดเกลียวอาจเป็นทางเลือกในการแก้ไขปัญหาการไม่เริ่มต้นหมุนของกังหันแกนตั้งได้ อย่างไรก็ดีการวิเคราะห์ในบทความนี้เป็นการวิเคราะห์โดยไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบจากปลายใบ (end effect) จึงถือว่าเป็นการรวิเคราะห์อย่างหยาบ ในกรณีที่ต้องการความแม่นยำสูงขึ้นอาจวิเคราะห์โดยใช้ CFD ต่อไปในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สนับสนุนโดยโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว)

7. เอกสารอ้างอิง

1. Ebert, P. and D. Wood, *Observations of the starting behaviour of a small horizontal-axis wind turbine.* Renewable energy, 1997. **12**(3): p. 245-257.
2. Kirke, B., *Evaluation of self-starting vertical axis wind turbines for stand-alone applications.* Griffith University, 2005.

3. Lunt, P.A.V., *An Aerodynamic Model for a Vertical-Axis Wind Turbine*. 2005.
4. Baker, J., *Features to aid or enable self starting of fixed pitch low solidity vertical axis wind turbines.* Name: J. Wind Eng. Ind. Aerodyn, 1983.
5. Cooper, P. and O. Kennedy. *Development and Analysis of a Novel Vertical Axis Wind Turbine*. 2004.
6. Wakui, T., et al., *Hybrid configuration of Darrieus and Savonius rotors for stand-alone wind turbine-generator systems.* Electrical Engineering in Japan, 2005. **150**(4).
7. Gupta, R., R. Das, and K. Sharma. *Experimental study of a Savonius–Darrieus wind machine*. 2006.
8. Gorlov, A., *The helical turbine: A new idea for low-head hydro.* Hydro Review, 1995. **14**(5).
9. van Bussel, G., et al., *TURBY®: concept and realisation of a small VAWT for the built environment.* Proceedings of the science of making torque from wind: p. 19-21.