

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกังหันเกลียวเฮดต่ำในแนวนอนเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า

Efficiency Comparison of Horizontal Low Head Spiral Turbine for Electrical Energy Production

วิรุณ โมณะตระกูล^{1*} รัชพล สันติวารากร¹ จาริณี จงปลื้มปิติ² และพลเทพ เวงสูงเนิน²

Wiroon Monatrakul^{1*} Ratchaphon Suntivarakorn¹ Jarinee Jongpluempiti² and Ponthep Vengsungne²

Received: March 27, 2021; Revised: March 3, 2022; Accepted: March 11, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยกังหันน้ำแบบเกลียววนที่เหมาะสมที่ใช้กับกระแสน้ำความเร็วต่ำที่มีการไหลหรือไม่มีความต่างศักย์ของแหล่งน้ำโดยรูปร่างเกลียวของกังหันถูกสร้างขึ้นโดยฟังก์ชัน Arc-length หรือสมการบิดเกลียว (Helix Equation) โดยทำการทดสอบกังหันขนาดเล็กแบบกังหันเกลียว 3 ใบ และให้น้ำในท่อไหลผ่านกังหันน้ำที่มีมุมกาง 15 18 21 และ 30 degrees ตามลำดับ และกังหันแบบ 3 ใบพัด ที่ความเร็วน้ำทดสอบ 1.00 1.25 1.50 1.75 และ 2.00 m/s ตามลำดับ และผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองกังหันมุมกาง 21 degrees มีความเร็วรอบสูงสุด มีแรงบิดและประสิทธิภาพกังหันดีที่สุด จากกังหันน้ำทดสอบทั้งหมด โดยมีความเร็วรอบสูงสุดที่ 457.09 RPM และแรงบิดที่ 2.12 N.m และประสิทธิภาพกังหันที่ 38.10 % ณ ความเร็วน้ำที่ 2 m/s โดยมีกำลังงานเท่ากับ 24.2 W แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนากังหันน้ำแบบเกลียวเพื่อให้ได้ระบบผลิตไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : กังหันเกลียววนในแนวนอน; การผลิตกระแสไฟฟ้า; ประสิทธิภาพกังหัน

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

¹ Faculty of Engineering, Khon Kaen University

² Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima

* Corresponding Author, Tel. 08 6653 9179, E - mail: wiroomnnn@gmail.com

Abstract

This research aims to design and develop a compact generator system using horizontal spiral water turbines which can effectively gather waste energy from low flow rate water current without potential differences. The basic spiral turbine design was carried out through Arc-length Function (helix equation) to obtain spiral turbine prototypes for Laboratory testing. They had three spiral blades with tilt angles of 15, 18, 21, and 30 degrees. There were tested in-line flow tests with flow rates variations of 1.0, 1.25, 1.50, 1.75, and 2.00 m/s. The results revealed that the three spiral water turbines with 21 degrees blade tilt had the most RPM, torque and efficiency. This model could produce 457.09 RPM, 2.12 N.m of torque, and with 38.10 % efficiency at 2 m/s water flow rate generating 24.2 W of electricity. The study results showed potential development of the system and its enhancements to achieve better quality in the future.

Keywords: Horizontal Spiral Turbine; Electric Energy Production; Turbine Efficiency

บทนำ

พลังงานหมุนเวียนของโลกจากข้อมูลของ International Hydropower Association (IHA) แสดงให้เห็นว่ามีการนำเอาพลังงานหมุนเวียนกับมาใช้ใหม่ทั้งสิ้น 25.6 % โดยคิดจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลมและพลังงานน้ำ โดยพลังงานน้ำคิดเป็น 15.9 % ส่วนที่เหลือคิดเป็น 6.7 % [1] จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการนำเอาพลังงานน้ำมาใช้ถือเป็นส่วนใหญ่จากพลังงานที่กล่าวมา ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่น่าจะมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในอนาคต ปัจจุบันหากกล่าวถึงประเทศไทยแล้วมีกำลังการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำรวม 3,444.18 MW คิดเป็นร้อยละ 22.25 ของกำลังผลิตรวมของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย [2] และการพัฒนาโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ของประเทศไทยไม่สามารถเกิดขึ้นได้อีกเนื่องจากมีข้อจำกัดหลายประการ จากสถานการณ์ดังกล่าวการศึกษาออกแบบชุดกังหันน้ำที่ติดตั้งง่ายในคลองส่งน้ำ เพื่อเป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าแบบเล็ก และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วต่ำจะเป็นตัวช่วยเสริมในการผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับประเทศไทยในอนาคต เนื่องจากคลองส่งน้ำในประเทศไทยมีเป็นจำนวนมาก แต่กระแสน้ำในคลองส่งน้ำส่วนใหญ่มีความเร็วต่ำ และลำคลองมีความชันน้อยมาก การที่จะนำพลังงานจากคลองน้ำมาใช้ได้จำเป็นต้องออกแบบกังหันที่เหมาะสมที่ใช้กับกระแสน้ำความเร็วต่ำ คือ น้อยกว่า 0.3 m ได้ ดังนั้นการออกแบบกังหันน้ำเพื่อประยุกต์ใช้ในคลองส่งน้ำจะมีความเหมาะสมกว่า [3] ปัจจุบันมีการวิจัยเจาะจงไปยังการออกแบบและพัฒนากังหันในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อทำการดึงเอาพลังงานจากกระแสน้ำเพื่อทำการผลิตกระแสไฟฟ้าให้มากที่สุด ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาดและสมเหตุสมผลที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่ห่างไกลที่ไม่มีไฟฟ้าแต่มีการไหลผ่านของกระแสน้ำทำให้ไม่จำเป็นต้องมีการสร้างโครงข่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่และต้นทุนการขนส่งระยะไกล [4] งานวิจัยในประเทศไทยมีการศึกษาการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากคลื่นชายฝั่งทะเลซึ่งสามารถชาร์ตแบตเตอรี่ขนาด 12 V 5 Ah ได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง 45 นาที [5] โดยกังหันในปัจจุบันได้มีการพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างมากในการสร้างแรงบิด (Torque) และประสิทธิภาพสามารถนำมาใช้สำหรับความเร็วต่ำและสามารถใช้แรงบิดที่สูงและประสิทธิภาพในการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเพิ่มพลังงาน Output ด้วยแรงที่น้อยที่สุด [6] เพื่อการผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ พบว่ากังหันแบบหมุนวนในแนวนอนด้วยรูปทรงของใบกังหันที่มีขนาดครึ่งมิลิกรัม จึงเกิดแรงดูดน้อยแต่สามารถเก็บกักพลังงานจลน์ของของไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ทำให้สามารถผนวกกับระบบนิเวศน์ดั้งเดิมได้ อีกทั้งด้วยพื้นที่รับน้ำที่มากและมีการเชื่อมต่อกันเป็นใบที่ติดกันทำให้กังหัน

มีความแข็งแรงกว่ากังหันแบบทั่วไป และเหมาะกับกระแสน้ำความเร็วต่ำมากกว่ากังหันแบบทั่วไปที่มีพื้นที่ผิวรับน้ำน้อยกว่า พื้นที่รับกระแสของไหลของกังหันแบบทั่วไปคือ พื้นที่ที่ใบของกังหันกวาดไปลบด้วยพื้นที่ตรงกลาง ซึ่งเป็นที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่สำหรับกังหันแบบเกลียวในแนวนอนมีพื้นที่ตรงกลางไม่ได้หายไป ซึ่งจะช่วยให้มีพื้นที่รับของไหลที่มากกว่าและทำให้มีประสิทธิภาพในการดึงพลังงานได้สูงกว่า [7] ในงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบกังหันน้ำเพื่อผลิตพลังงานของประเทศไทยแสดงให้เห็นว่ากังหันน้ำที่มีการออกแบบมาให้ใช้งานกับระดับน้ำที่มีเสถียรนั้นมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 53 % [8] ส่วนในต่างประเทศมีการออกแบบกังหันที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 87.9 % ที่เสถียรเท่ากับ 2.87 m [9] ซึ่งเป็นข้อมูลที่น่าจะนำมาใช้ในการพัฒนากังหันน้ำต่อไปในอนาคตนั่นเอง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนากังหันเกลียวในแนวนอนเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นการประเมินหาแรงบิดเบื้องต้น หรือคำนวณหากำลังที่ได้จากแรงบิดจะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) [10] - [12]

$$P_t = 2\pi\tau N / 60 \quad (1)$$

ในการประเมินประสิทธิภาพของกังหันก็เป็นหนึ่งในตัวชี้วัดที่สำคัญสำหรับการประเมินงานวิจัยนี้ โดยที่ กำลังของกังหันและประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้หรืออัตราการไหลของน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) และกำลังงานสูงสุดที่ใบของกังหันน้ำจะเก็บได้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3) [13] ซึ่งเป็นไปตามกฎของ Betz Limit [14]

$$\eta = P_t / \rho g Q H_n \quad (2)$$

$$P_t = \left(\frac{16}{27} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \rho A V^3 \quad (3)$$

เมื่อ

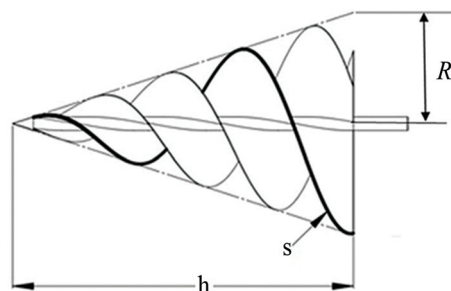
- P_t คือ Turbine Output, kW
- τ คือ แรงบิดกังหันน้ำ N.m
- Q คือ อัตราไหลของน้ำ Turbine Discharge, m³/s
- H_n คือ เหน้ Turbine Net Head, m
- η คือ Turbine Efficiency
- A คือ พื้นที่หน้าตัดกังหัน
- ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ
- V คือ ความเร็วของน้ำ

โดยที่ 16/27 คือค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานสูงสุด (CPmax) หรือเรียกว่า Betz Coefficient [15]

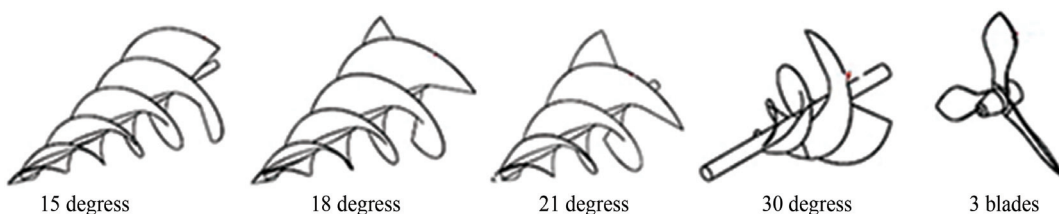
2. กังหันเกลียว

กังหันเกลียวถูกสร้างขึ้นและบิดเป็นเกลียวด้วยสมการฟังก์ชันของความยาวส่วนโค้ง หรือที่เรียกกันว่า Arc-Length Function [16] - [18] โดยการออกแบบกังหันเกลียวถูกสร้างขึ้นและบิดเป็นเกลียวด้วยในการพันใบให้ครบ 1 รอบแกนเพลลา หรือ 360 degrees คือความยาว (L) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ดังรูปที่ 1

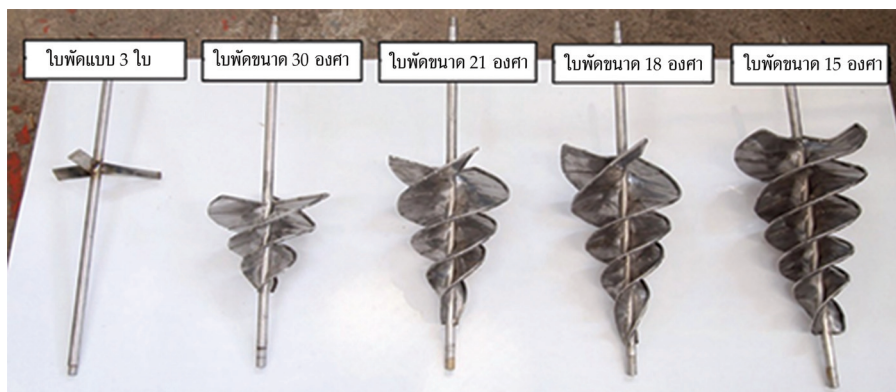
ของกังหัน ซึ่งที่ความยาวค่าหนึ่งจำนวนใบ (n) จะเป็นตัวกำหนดระยะพิทช์ที่ความยาวเท่ากัน ยิ่งจำนวนใบกังหันมาก ระยะพิทช์จะสั้น แต่ถ้าจำนวนใบกังหันน้อยระยะพิทช์จะยาว ดังนั้นที่ความยาวของกังหันเท่ากัน จำนวนใบที่เหมาะสมเท่านั้นจะให้กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าดีที่สุด โดยรูปที่ 1 แสดงถึงตัวแปรในการคำนวณและสร้างรูปร่างของกังหัน รูปที่ 2 รูปร่างของกังหันน้ำเกลียวแบบ 3 ใบพัดที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดให้แตกต่างกัน และใบพัดจากงานวิจัยอื่นที่นำมาเปรียบเทียบ ส่วนรูปที่ 3 แสดงถึงแบบจำลองที่พร้อมใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบกังหันเกลียวด้วย Arc-Length Function



รูปที่ 2 รูปร่างของกังหันน้ำเกลียวแบบ 3 ใบพัดที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดให้แตกต่างกันและใบพัดจากงานวิจัยอื่นที่นำมาเปรียบเทียบ



รูปที่ 3 โมเดลกังหันที่นำมาทดสอบ

โดยตารางที่ 1 แสดงถึงข้อมูลกายภาพของกังหันที่นำมาทดสอบ

ตารางที่ 1 ลักษณะกายภาพของ Model กังหันน้ำ

Turbine Model	Blade Area (mm ²)	Pitch (mm)	Length (mm)	Width (mm)
15 degree	38,797.86	49	265	150
18 degree	37,976.16	49	233	150
21 degree	31,763.73	49	197	150

ตารางที่ 1 ลักษณะกายภาพของ Model กังหันน้ำ (ต่อ)

Turbine Model	Blade Area (mm ²)	Pitch (mm)	Length (mm)	Width (mm)
30 degree	20,196.81	49	113	150
3-blades	2.264.88			10

เนื่องจากการสร้างกังหันแนวนอนนั้นในการสร้างใบเกลียวจำเป็นต้องมีการคำนวณหาระยะของเกลียวก่อนการสร้าง เพื่อให้ลักษณะของกังหันเกลียวที่ได้จากการสร้างจริงมีขนาดตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยในการคำนวณหาระยะความยาวเส้นโค้งกังหันเกลียวสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4) และสามารถคำนวณหาพื้นที่ความยาวเส้นโค้งใบกังหันเกลียวได้จากสมการที่ (5)

$$s = \sqrt{4\pi^2 N^2 R^2 + h^2} \quad (4)$$

$$A = \pi r = \pi \int_0^s \int_0^b \|r'(t)\| \frac{dr}{dt} \frac{dt}{dt} \quad (5)$$

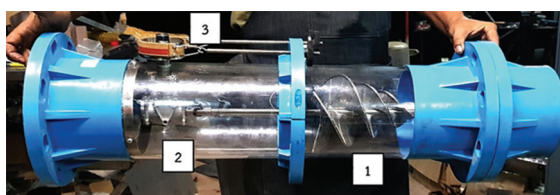
เมื่อ

h แทนค่าความสูง (ระยะระหว่างช่วงการหมุนตามกันมา) และเมื่อเกลียวมีการหมุนครบรอบ N รอบ

R คือ รัศมีของเกลียว

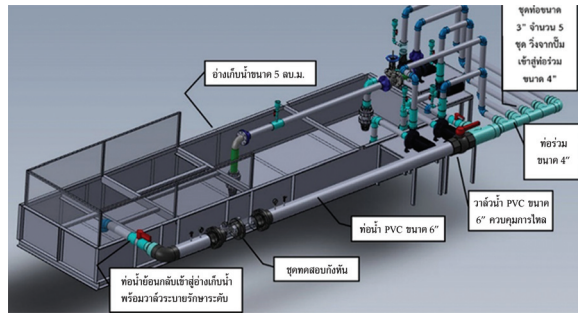
3. ระบบทดสอบจากพลังงานน้ำไหลผ่านกังหันน้ำเกลียววนในท่อ

ชุดทดสอบกังหันน้ำเกลียว โดยได้ทำการออกแบบให้สามารถถอดเปลี่ยนใบกังหันทดสอบได้ โดยมีตัวช่วยถอดยึดเป็นลักษณะท่ออะคริลิคใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.15 m ยาว 0.6 m เพื่อที่จะได้มองเห็นการไหลและการหมุนของกังหัน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชุดทดสอบกังหันน้ำเกลียว; หมายเลข 1: ใบกังหันทดสอบสามารถถอดเปลี่ยนใบเพื่อการทดสอบได้, หมายเลข 2: ชุดเกียร์เปลี่ยนทิศทาง 90 degrees อัตราทด 1:1, หมายเลข 3: ชุดพู่เล็กล้องกับโฟมเบรก โดยจะติดตั้งไหลดเซลล์ไว้เพื่อรับไหลดจากการหมุนตึงผ้าเบรกด้วยสกรูปรับความตึง

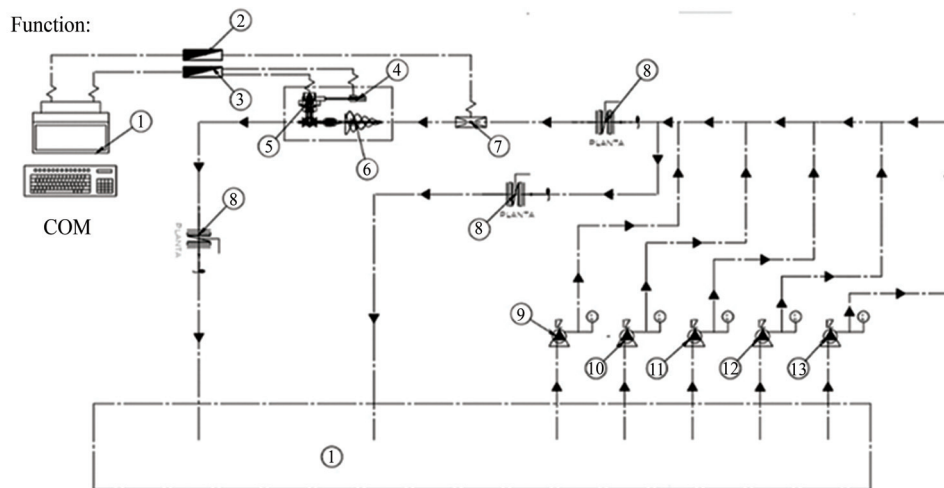
ระบบท่อน้ำไหลทำจาก PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.150 m ความยาว 6.80 m มีวาล์วเปิด-ปิดน้ำระยะห่างจากชุดทดสอบ 3.05 m โดยมีระบบส่งน้ำด้วยปั๊มจำนวน 5 ตัว เข้าสู่ท่อร่วมขนาด 0.10 m และผ่านวาล์วเปิด-ปิดขนาด 0.150 m ผ่านช่วงต่อขยาย และมีวาล์วขนาด 0.075 m ก่อนถึงวาล์วส่งน้ำ เพื่อบายพาสปริมาณน้ำกลับสู่อ่างน้ำ เพื่อใช้ในการปรับอัตราการไหล ส่วนรูปที่ 5 และ 6 แสดงแบบจำลองระบบทดสอบการไหลในท่อและชุดทดสอบจริง ณ ห้องปฏิบัติการ โดยรูปที่ 7 จะแสดงถึงไดอะแกรมภาพรวมของระบบทดสอบทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นระบบเก็บข้อมูล ชุดกลไกในการทดสอบ โมดูลกังหันน้ำ เซ็นเซอร์ ฯลฯ



รูปที่ 5 แบบจำลองระบบทดสอบการไหลในท่อ



รูปที่ 6 ระบบทดสอบการไหลในท่อ ณ ห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 7 ไดอะแกรมระบบทดสอบการไหลในท่อ

โดยที่

- | | |
|-----------|---|
| หมายเลข 1 | อุปกรณ์เก็บข้อมูล |
| หมายเลข 2 | อุปกรณ์เก็บข้อมูลอัตราการไหล |
| หมายเลข 3 | อุปกรณ์เก็บข้อมูลความเร็วรอบ |
| หมายเลข 4 | พรอนีเบรก (Prony Brake) พร้อมโหลดเซลล์ |
| หมายเลข 5 | ชุดพู่เล่รับแรงบิด และเซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบ |
| หมายเลข 6 | โมเดลกังหันทดสอบ |

- หมายเลข 7 เซ็นเซอร์วัดอัตราการไหล (Ultrasonic Flow Meter)
หมายเลข 8 วาล์วน้ำ
หมายเลข 9 - 13 ปัมป์สูบน้ำที่อัตราการไหล 1,000 LPM
หมายเลข 14 อ่างน้ำขนาด 5 m³

4. ขั้นตอนการศึกษา

ในขั้นตอนการศึกษาจะเริ่มจากการป้อนน้ำเข้าไปยังแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าในอัตราการไหลของน้ำ โดยกำหนดที่ช่วง 1.00 m/s ทำการวัดความเร็วรอบของเพลากังหันน้ำในกรณีที่ไม่มีแรงกระทำจากโพรนิเบรก เพื่อวัดค่าความเร็วรอบของกังหันเมื่อไม่มีแรงเสียดทาน เพิ่มแรงกระทำจากโพรนิเบรกที่มีต่อเพลากังหันน้ำ โดยการปรับสกรูโพรนิเบรกให้เพลากังหันน้ำมีความเร็วรอบลดลงที่ละ 10 RPM แล้ววัดค่าและเก็บข้อมูลแรงดันที่โพรนิเบรก จนกระทั่งเพลากังหันน้ำหยุดหมุน และเก็บข้อมูลต่าง ๆ ลงในโปรแกรม LAB VIEW จากนั้นทำการเริ่มต้นทดลองใหม่ตั้งแต่เริ่มต้น โดยลดอัตราการไหลของน้ำที่ป้อนเข้าสู่ระบบทดสอบที่ละช่วง 1.25 1.50 1.75 และ 2.00 m/s ตามลำดับ นำข้อมูลทำการเก็บค่าเสร็จแล้วทำการคำนวณหาค่าแรงบิด กำลังของไหล กำลังที่เพล่า และประสิทธิภาพทางกล เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยในการศึกษา

ผลการศึกษา

1. ผลการทดสอบความเร็วรอบของกังหันน้ำ

ผลการทดลองความเร็วของกังหันน้ำ โดยวิธีการการวัดความเร็วรอบด้วยเครื่อง Tachometer แบบเซ็นเซอร์แสงเพื่อเปรียบเทียบความเร็วรอบการหมุนของกังหันน้ำทั้ง 5 แบบ ดังตารางที่ 2 ซึ่งจากผลศึกษาแสดงให้เห็นว่าความเร็วขาเข้าของน้ำที่กระทบกับใบกังหันน้ำส่งผลต่อความเร็วรอบของกังหันสูงสุดในเชิงเส้น และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะของกังหันเกลียวในแต่ละมุมแล้วจะแสดงให้เห็นว่าเกลียวในแต่ละมุมส่งผลต่อความเร็วรอบของกังหันเป็นกราฟแบบพาราโบลา โดยแต่ละมุมจะมีแนวโน้มเช่นเดียวกันในทุกๆ ความเร็วน้ำที่เข้าปะทะกับกังหันคือจะมีค่าสูงสุดที่กังหันเกลียวมุม 21 degrees

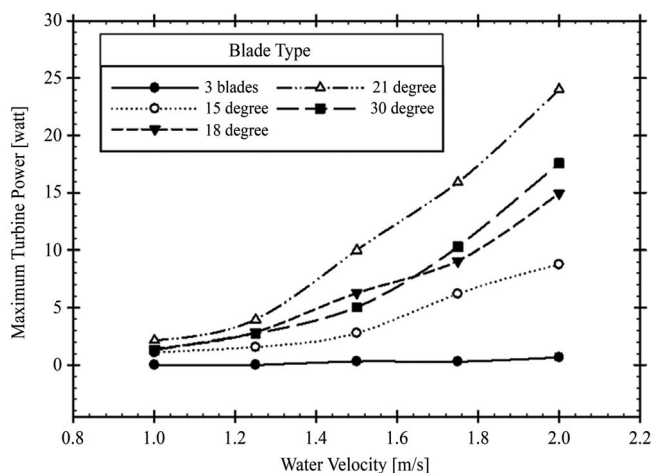
ตารางที่ 2 ความเร็วรอบกับอัตราการไหลของกังหันน้ำทั้ง 5 แบบจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

Water Velocity (m/s)	Turbine Angular Velocity (RPM)				
	15 degrees	18 degrees	21 degrees	30 degrees	3-blades
1.00	180.5	187.78	232.22	126.87	0.00
1.25	237.20	265.76	279.32	173.37	0.00
1.50	270.37	355.90	366.51	213.64	153.55
1.75	326.62	386.45	415.41	258.69	144.61
2.00	391.49	457.09	469.00	301.40	193.05

2. กำลังที่ได้ของกังหันน้ำ

ผลการเปรียบเทียบกำลังที่ได้ของกังหันน้ำทั้ง 5 แบบที่อัตราการไหล 1,100 1,300 1,630 1,850 และ 2100 LPM ตามลำดับ กำลังที่ได้จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดแล้วจะลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์ที่ความเร็วรอบการหมุนของกังหันน้ำมีค่าสูงสุด จะเห็นว่า กังหันน้ำเกลียวขนาดมุมองศา 21 degrees มีกำลังสูงสุดทุกย่านความเร็วรอบที่ทำการเก็บข้อมูลการทดลอง และกังหันเกลียวขนาดมุมองศา 18 15 30 degrees มีกำลังลดลงตามลงมาเป็นลำดับ ส่วนของกังหันแบบ 3 ใบพัด จะเริ่มสามารถเก็บข้อมูลได้

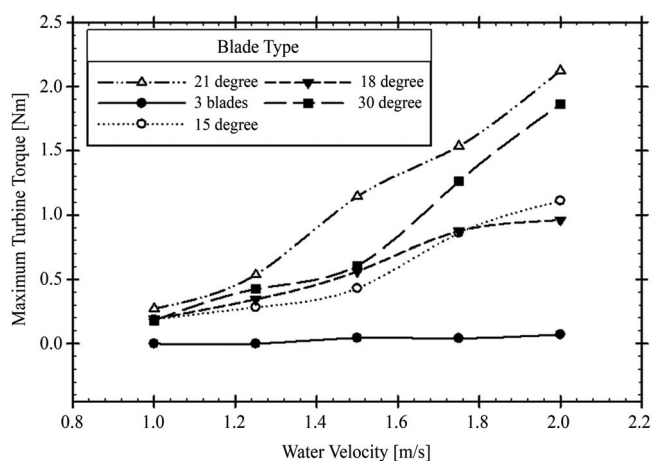
ที่อัตราการไหลของน้ำ 1,630 1,850 2,100 LPM ตามลำดับ และกำลังจะมีค่าน้อยที่สุดในกังหันจำลองทดสอบ โดยรูปที่ 8 เป็นกราฟเปรียบเทียบกำลังของกังหันน้ำ ณ ความเร็วน้ำต่าง ๆ



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบกำลังสูงสุดของกังหันน้ำแบบเกลียววนและ 3 ใบพัด ที่อัตราการไหล 1,100 1,300 1,630 1,850 และ 2,100 LPM หรือ 1 1.25 1.50 1.75 และ 2.00 m/s ตามลำดับ

3. แรงบิดที่ได้ของกังหันน้ำ

เมื่อพิจารณาถึงแรงบิดที่ได้จากกังหันน้ำในผลการทดลองที่อัตราการไหลของน้ำ 1,100 1,300 1,630 1,850 และ 2,100 LPM ตามลำดับ พบว่ากังหันน้ำเกลียววนขนาดมุมกวาง 21 degrees มีแรงบิดสูงสุด โดยค่าแรงบิดสูงสุดทุกย่านความเร็วรอบที่ทำการเก็บข้อมูลการทดลอง และกังหันเกลียววนมุมกวาง 18 15 และ 30 degrees มีค่าแรงบิดลดลงตามลงมาเป็นลำดับ ส่วนของกังหันแบบ 3 ใบพัด จะเริ่มสามารถเก็บข้อมูลได้ที่อัตราการไหลของน้ำ 1,630 1,850 และ 2,100 LPM ตามลำดับ และแรงบิดจะมีค่าน้อยที่สุดในกังหันจำลองทดสอบ โดยรูปที่ 9 เป็นกราฟเปรียบเทียบแรงบิดของกังหันน้ำ ณ ความเร็วน้ำต่าง ๆ

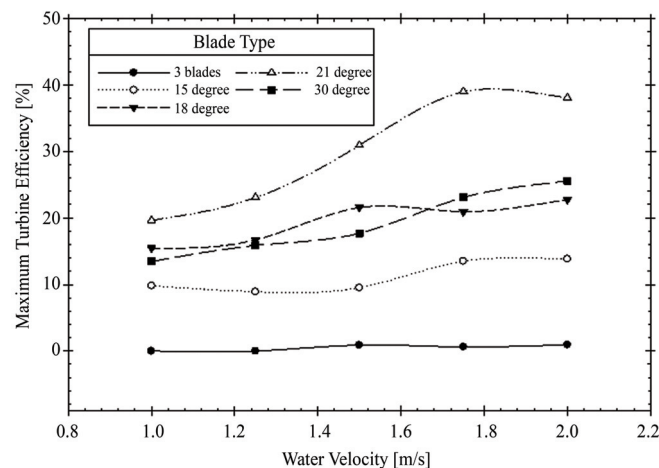


รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบแรงบิดสูงสุดของกังหันน้ำแบบเกลียววนและ 3 ใบพัดที่อัตราการไหล 1,100 1,300 1,630 1,850 และ 2,100 LPM หรือ 1 1.25 1.50 1.75 และ 2.00 m/s ตามลำดับ

4. ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ

ในการพิจารณาประสิทธิภาพของกังหันน้ำนั้น เมื่อนำเอาผลการศึกษามาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกังหันน้ำในแต่ละช่วงอัตราการไหลจะเห็นว่า กังหันน้ำเกลียววนขนาดมุมกวาง 21 degrees มีประสิทธิภาพสูงสุด

โดยประสิทธิภาพสูงสุดทุกย่านความเร็วรอบที่ทำการเก็บข้อมูลการทดลอง และกังหันเกลียววนมุมกาง 18 15 และ 30 degrees มีประสิทธิภาพลดทอนตามลงมาเป็นลำดับ ส่วนของกังหันแบบ 3 จะเริ่มสามารถเก็บข้อมูลได้ที่อัตราการไหลของน้ำ 1,630 1,850 และ 2,100 LPM ตามลำดับ และประสิทธิภาพจะมีค่าน้อยที่สุดในกังหันจำลองทดสอบ โดยกังหันน้ำแบบเกลียววนขนาดมุมกาง 21 degrees มีประสิทธิภาพสูงกว่ากังหันอื่น ๆ ที่ทุกค่าอัตราการไหล และมีประสิทธิภาพสูงสุด 38.10 % ณ ความเร็วรอบ 120.00 RPM ที่อัตราการไหล 1,100 LPM 39.05 % ณ ความเร็วรอบ 156.63 RPM ที่อัตราการไหล 1,300 LPM 30.96 % ณ ความเร็วรอบ 179.72 RPM ที่อัตราการไหล 1,630 LPM 38.07 % ณ ความเร็วรอบ 195.79 RPM ที่อัตราการไหล 1,850 LPM และ 38.10 % ณ ความเร็วรอบ 230.31 RPM ที่อัตราการไหล 2,100 LPM ตามลำดับ โดยรูปที่ 10 เป็นกราฟเส้นเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกังหันน้ำทั้ง 5 ชนิด



รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพสูงสุดของกังหันน้ำแบบเกลียวและ 3 ใบพัดที่อัตราการไหล 1,100 1,300 1,630 1,850 และ 2,100 LPM หรือ 1.25 1.50 1.75 m/s และ 2.00 m/s ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกังหันเกลียวเฮดต่ำในแนวนอนเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยใช้เทคนิคการขยายมุมกางใบพัดจากสมการ Arc-Length Function ทำให้ได้ต้นแบบกังหันเกลียวเพื่อจะนำมาทดสอบแบบการไหลในท่อ (In-Line Flow) โดยทำการสร้างโมเดลที่จะทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการทำจากสแตนเลสมีขนาดกว้าง 150 mm ใบพัดมีลักษณะหมุนบิดเกลียวมีระยะพิชต์ต่อรอบการหมุน 50 mm และมีมุมกางตามลำดับที่ 15 18 21 และ 30 degrees ตามลำดับ และมีกังหันตามแนวแกนแบบ 3 ใบพัด ทำการทดสอบที่อัตราการไหล 1.00 1.25 1.50 1.75 และ 2.00 m/s เพื่อหาการหมุน (RPM) แรงบิด (Torque) และประสิทธิภาพของกังหัน ผลการทดลองพบว่า แบบจำลองกังหันมุมกาง 21 degrees มีความเร็วรอบสูงที่สุด มีแรงบิด และประสิทธิภาพกังหันดีที่สุดในกังหันน้ำทดสอบทั้งหมด โดยมีความเร็วรอบสูงสุดที่ 457.09 RPM และแรงบิดที่ 2.12 N.m และประสิทธิภาพกังหันที่ 38.10 % ณ ความเร็วน้ำที่ 2 m/s โดยมีกำลังงานเท่ากับ 24.2 W ซึ่งหากเปรียบเทียบประสิทธิภาพ [9] ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 87.9 % หรือเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัย [8] จะพบว่าประสิทธิภาพสูงถึง 53 % ซึ่งจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ประสิทธิภาพของกังหันน้ำมีมากยิ่งขึ้น โดยมีการควบคุมปัจจัยรบกวนต่าง ๆ เช่น ผลกระทบเสไฟฟ้าของกังหันน้ำแบบเกลียววน และลักษณะที่เหมาะสมซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้กังหันน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของน้ำต่ำ และมีความเหมาะสมกับปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม การวิเคราะห์พฤติกรรมผลการไหลของน้ำผ่านกังหันโดยวิเคราะห์ผ่านการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการทดสอบผลกระทบเสไฟฟ้าจริงอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น

และมีการควบคุมปัจจัยรบกวนต่าง ๆ เช่น ขนาดของกังหันน้ำ ซึ่งจะส่งผลต่อแรงบิดและกำลังที่ได้ เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทำงานวิจัยให้น้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ด้านการบริหารจัดการพลังงานและพัฒนาพลังงานทดแทน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สนับสนุนทุนโครงการวิจัยในครั้งนี้ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีควบคุมอัตโนมัติ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้คำปรึกษาในการวิจัย และสถานที่ในการทดลอง

References

- [1] Xu, B., Zhang, J., Egusquiza, M., Chen, D., Li, F., Behrens, P., and Egusquiza, E. (2021). A Review of Dynamic Models and Stability Analysis for a Hydro-Turbine Governing System. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Vol. 144, p. 110880. DOI: 10.1016/J.RSER.2021.110880
- [2] Thailand Power Development. (2015). **Thailand Power Development Plan 2015-2036 (PDP2015)**. Energy Policy and Planning Office, thailand
- [3] Wanchat, S. (2014). **Design and Development of Water Free Vortex Hydro Power Plant**. Khon Kaen University
- [4] Hoghooghi, H., Durali, M., and Kashef, A. (2018). A New Low-Cost Swirler for Axial Micro Hydro Turbines of Low Head Potential. **Renewable Energy**. Vol. 128, Part A, pp. 375-390. DOI: 10.1016/J.RENENE.2018.05.086
- [5] Chaichan, W. and Kanchana, S. (2016). The Small Electric Power Generation from Coast Waves. **RMUTI JOURNAL Science and Technology**. Vol. 9, No. 2, pp. 108-117 (in Thai)
- [6] Sørnes, K. (2010). **Small-scale Water Current Turbines for River Applications**. ZERO - Zero Emission Resource Organisation
- [7] Suntivarakorn, R., Wanchat, S., and Monatrakul, W. (2016). An Experimental Study of Electricity Generation Using a Horizontal Spiral Turbine. **Energy Procedia**. Vol. 100, pp. 532-536. DOI: 10.1016/J.EGYPRO.2016.10.215
- [8] Nuantong, W. and Taechajedcadarungsri, S. (2016). Comparison of Flow Simulation of Very Low Head (VLH) Turbine Using RANS and LES. **RMUTI JOURNAL Science and Technology**. Vol. 9, No. 3, pp. 82-98 (in Thai)
- [9] Zhou, D., Gui, J., Deng, Z. D., Chen, H., Yu, Y., Yu, A., and Yang, C. (2019). Development of An Ultra-Low Head Siphon Hydro Turbine Using Computational Fluid Dynamics. **Energy**. Vol. 181, pp. 43-50. DOI: 10.1016/J.ENERGY.2019.05.060
- [10] Batchelor, C. K. and Batchelor, G. K. (1967). **An Introduction to Fluid Dynamics**. Cambridge University Press
- [11] Versteeg, H. K. and Malalasekera, W. (2007). **An Introduction to Computational Fluid Dynamics**. Pearson Education Limited

- [12] Sritram, P. and Suntivarakorn, R. (2017). Comparative Study of Small Hydropower Turbine Efficiency at Low Head Water. **Energy Procedia**. Vol. 138, pp. 646-650. DOI: 10.1016/J.EGYPRO.2017.10.181
- [13] Abolvafaei, M. and Ganjefar, S. (2020). Maximum Power Extraction from Fractional Order Doubly Fed Induction Generator Based wind Turbines Using Homotopy Singular Perturbation Method. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**. Vol. 119, p. 105889. DOI: 10.1016/J.IJEPES.2020.105889
- [14] Vennell, R. (2013). Exceeding the Betz Limit with Tidal Turbines. **Renewable Energy**. Vol. 55, pp. 277-285. DOI: 10.1016/J.RENENE.2012.12.016
- [15] Schubel, P. J. and Crossley, R. J. (2012). Wind Turbine Blade Design. **Energies**. Vol. 5, pp. 3425-3449. DOI: 10.3390/EN5093425
- [16] Herman, E. J. and Strang, G. (2016). **Calculus**. Rice University
- [17] Larson, Ron. (2015). **Calculus: Early Transcendental Functions**. 7th Edition. Bruce H. Edwards
- [18] Thomas, Jr., George B. Weir, Maurice D., and Hass, Joel, Heil, C. (2014). **Thomas' Calculus Thirteenth Edition (13th ed.)**. Pearson Education Limited