วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี | Agriculture and Technology Journal

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม 2563 | Vol.1 No.2 May – August 2020

ผลกระทบของจำนวนใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ

The effects of blade number on the efficiency of undershot water wheel

ปิยะวัฒน์ ศรีธรรม[1*] พิพัฒน์ พลวัน[1] พัฒนา พรรณสน[1] และภากร เกรัมย์[1]

Piyawat Sritram[1*], Pipat Ponlawan[1], Patana Pannason[1] and Phakorn Keram[1]

[1]คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

[*]Corresponding Author E-mail Address : sritram_1111@hotmail.com

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาผลกระทบของจำนวนใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบหลุกต่ำที่ระดับความสูงของน้ำต่ำ โดยการศึกษาเปรียบเทียบจำนวนใบพัดที่มีจำนวนใบพัดที่แตกต่างกัน เริ่มจากจำนวนใบพัดที่ 12 ใบพัด โดยทำการเพิ่มจำนวนใบพัดทีละ 2 ใบพัด สูงสุดที่จำนวนใบพัดที่ 18 ใบพัด ซึ่งทำการทดลองและวิเคราะห์หาแรงบิด กำลังที่ได้และประสิทธิภาพ ณ อัตราการไหลของน้ำที่ 960 ลิตร/นาที ที่ความสูงของน้ำในช่วง 40 เซนติเมตร จากการทดลองพบว่า การออกแบบกังหันน้ำด้วยการเพิ่มจำนวนใบพัดให้เพิ่มมากขึ้น สามารถทำให้ค่าแรงบิดที่เพลากังหันและกำลังงานทางกลที่ออกมามากขึ้น ค่าประสิทธิภาพทางกลที่ได้ของกังหันน้ำให้มีค่าเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนใบพัดของกังหันที่เพิ่มขึ้น กังหันน้ำชนิด 18 ใบพัด มีค่าแรงบิดมากที่สุดที่ 14.66 นิวตันเมตร มีค่ากำลังทางกลสูงที่สุดที่ 33.94 วัตต์ และมีค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดที่ค่า 50.06 %

คำสำคัญ: กังหันน้ำ จำนวนใบพัด ประสิทธิภาพ แรงบิด

Abstract

The objective of this research is to study the effects of the number of blade on the efficiency of the undershot water wheel at a low water level. The research has compared effect of different number of blades, starting from 12-blades propeller and increasing every 2 blades, therefore, the maximum number of propellers is at 18 blades. The experiments were conducted to analyze for the torque, power output, and efficiency at the water flow rate of 960 liters/minute, while the height of water about 40 centimeters. The experiment results found that increasing number of water turbine blades, can increase the torque of the turbine shaft and the mechanical power output. The mechanical efficiency of the turbine will increase with number of turbine blades. The water turbine with 18 blades has maximum torque of 14.66 Nm, highest mechanical power of 33.94 Watts and highest efficiency at 50.06%.

Keywords: Water turbine, Number of blades, Efficiency, Torque

บทนำ

การใช้พลังงานของโลกในสภาวะปัจจุบัน แสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงที่ได้จากฟอสซิลเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของโลก (International Energy Agency, 2016) แต่เนื่องจากมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านลบของเชื้อเพลิงฟอสซิลและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซร์ที่เป็นมลภาวะต่ออากาศ ด้วยสาเหตุนี้จึงนำไปสู่การใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนและปลอดมลภาวะ โดยมีการแสวงหาแหล่งพลังงานที่สะอาดประหยัดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Gautam et al., 2016) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าน้ำเป็นแหล่งผลิตพลังงานที่สะอาด ราคาถูกและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นพลังงานที่ยั่งยืนอย่างมีนัยสำคัญต่ออนาคต (Date and Aliakbar, 2009) ไฟฟ้าจากพลังน้ำถูกใช้งานมานานมากกว่าร้อยปี และไม่อาจปฏิเสธได้ว่าน้ำเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีประสิทธิภาพสูงและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Islam et al., 2013) ไฟฟ้าพลังน้ำคิดเป็น 19% ของกำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดทั่วโลก ภายในสิ้นปี 1999 ซึ่งผลิต 2,650 Terawatt hour หรือ TWh (Williamson et al., 2014) และมีการผลิตอย่างต่อเนื่องเกือบ 3,100 TWh ในต้นปี 2009 และคาดว่าจะถึง 3,606 TWh ในปี 2020 (World Energy Council, 2001) ไฟฟ้าพลังน้ำเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่เป็นที่ต้องการมากที่สุด พร้อมกับพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม นี่เป็นเพราะอย่างน้อย 71% ของโลกปกคลุมด้วยผิวน้ำ นอกจากนั้นมันยังเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานที่ถูกที่สุดที่มีการปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์ (Cleveland, 2013) ตามโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (United Nation Development Project , UNDP) ประชากร 1.4 พันล้านคนยังคงอยู่โดยไม่มีไฟฟ้า (International Energy Agency, 2017) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ยากจนในประเทศกำลังพัฒนา (Development program (UNDP) report available, 2012) โดยทั่วไปจะต้องใช้เงินทุนจำนวนมากในการผลิตพลังงานที่เพียงพอ สถานีไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กระดับความสูงของน้ำต่ำเป็นวิธีที่น่าสนใจและมีประสิทธิภาพสำหรับการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ชนบทห่างไกลและที่เป็นภูเขา (Khan et al., 2008; Ghosh and Prelas, 2011; Shahram and Ahmad, 2008; Banos et al., 2011) การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กสามารถใช้เพื่อสร้างพลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอสำหรับบ้าน ฟาร์มและสวน หรือสำหรับหมู่บ้านเล็ก ๆ (Paish, 2002) ข้อได้เปรียบที่สำคัญของระบบ Micro power ที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ คือสามารถคาดการณ์ได้หากมีน้ำเพียงพอ (Mohibullah et al., 2014) และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงบวก (Teuteberg, 2010) ดังนั้นระบบนี้จึงกลายเป็นสิ่งที่น่าสนใจสำหรับ

การพัฒนาระบบน้ำในอนาคต ในหลายประเทศอย่างในทวีปยุโรป ซึ่งสถานีผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ได้ถูกนำไปใช้ได้จริง แต่กลับส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม (Paish, 2002; Yaakob et al., 2014) ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าจากแม่น้ำหรือแหล่งน้ำขนาดเล็กที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปี จึงเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น การผลิตไฟฟ้าจากแหล่งน้ำขนาดเล็กมีแนวทางการผลิตอยู่ 2 แนวทาง คือวิธีการบายพาส (Bypass Method) คือการเบี่ยงน้ำจากคลองส่งน้ำหลักเข้ามาสู่ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างขึ้น และวิธีการติดตั้งในคลอง (Open Canal Method) คือการติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวางคลองส่งน้ำโดยตรง โดยที่ไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างใดๆ เพิ่มเติม การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังน้ำ โดยใช้วิธีการบายพาสมีข้อดีคือ เมื่อเราทำการผลิตไฟฟ้าเสร็จแล้ว น้ำก็จะกลับเข้าสู่แหล่งน้ำเดิม โดยสามารถนำน้ำหลังจากการผลิตไฟฟ้าไปใช้งานในด้านอื่นๆ ได้ตามที่ต้องการ (Wichian and Suntivarakorn, 2016).

ผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานว่า การเพิ่มประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำไหลผ่านกังหันน้ำแบบหลุกต่ำสามารถทำได้ ด้วยการให้จำนวนใบพัดของกังหันน้ำเพิ่มจำนวนมากขึ้นจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบได้ โดยมีการศึกษาการเพิ่มจำนวนใบพัดของกังหันน้ำชนิดใบพัดในบ่อน้ำวน ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำวนอิสระ (Suntivarakorn et al., 2016; Sritram and Suntivarakorn, 2019) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีความชัดเจนในการศึกษาจำนวนใบพัดที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพที่จะช่วยทำให้กังหันน้ำชนิดหลุกต่ำ ให้สามารถรับพลังงานจากน้ำมากขึ้น และสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันน้ำได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงให้ความสนใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำไหลผ่านกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ ด้วยการศึกษาผลกระทบของจำนวนใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ โดยทดลองในห้องปฏิบัติการ

การหาแรงบิดกังหันน้ำ (Torque of water turbine)

วิธีการในการหาแรงบิดของกันหันน้ำนั้น จะประยุกต์ใช้หลักการไดนาโมมิเตอร์แบบดูดซับ (Absorption dynamometer) ชนิดโพรนีเบรก (Prony brake) โดยการติดตั้งชุดวัดแรงบิดโพรนีเบรกบริเวณเพลาของกังหันน้ำ เพลาที่ติดตั้งโพรนีเบรกจะเกิดแรงบิดในทิศตรงกันข้ามกับโพรนีเบรกทำให้สามารถอ่านแรงได้ โดยสูตรคำนวณหาแรงบิดที่เพลากังหันน้ำกระทำกับโพรนีเบรก สามารถหาได้จากสมการ (Sritram et al., 2015; Suntivarakorn et al., 2016; Sritram and Suntivarakorn, 2017)

$$\tau = \omega L \tag{1}$$

เมื่อ $\tau =$ แรงบิดกังหันน้ำ $(\mathrm{N.m})$

$\omega =$ แรงดึงที่โพรนีเบรกกระทำกับตาชั่งสปริง (N)

การคำนวณหากำลังที่ได้ (Power output)

จากเพลากังหันน้ำสามารถหาได้จากสมการ (Sritram et al., 2015; Suntivarakorn et al., 2016; Sritram and Suntivarakorn, 2017)

$$\mathrm{P} = \frac{2\pi\tau\mathrm{N}}{60} \tag{2}$$

เมื่อ $\mathrm{P} =$ กำลังที่ได้จากเพลากังหันน้ำ (W)

$\tau =$ แรงบิดกังหันน้ำ $(\mathrm{N.m})$

$\mathrm{N} =$ รอบการหมุนของเพลากังหันน้ำ (rpm)

การคำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency)

เป็นการคำนวณหาประสิทธิภาพที่ได้จริงของกังหันน้ำ (Actual efficiency) โดยจะคำนวณอัตราส่วนระหว่างกำลังที่ได้จากเพลากังหันน้ำต่อกำลังที่ให้จากน้ำที่กระทบกับกังหันน้ำ สามารถหาได้จากสมการ (Sritram et al., 2015; Suntivarakorn et al., 2016; Sritram and Suntivarakorn, 2017)

$$\eta = \frac{P}{\rho g Q H} \quad (3)$$

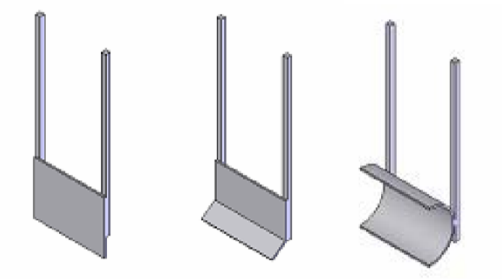
เมื่อ η = ประสิทธิภาพโดยรวม ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (Kg/m^2)

g = ค่าความโน้มถ่วง (m/s^2) Q = อัตราการไหลของน้ำ (m^3/s)

H = เฮดน้ำ (m)

กังหันน้ำแบบหลุกต่ำ (Undershot water wheel)

ในงานวิจัยได้ศึกษาลักษณะการออกแบบใบพัดแบบต่าง ๆ จากผลการศึกษาการออกแบบและสร้างแบบจำลองกังหันน้ำขนาดเล็กแบบหลุกต่ำ โดยมีใบพัดกังหันน้ำที่ใช้ในการทดลอง 3 ลักษณะ คือ 1 .กังหันที่มีใบพัดลักษณะแบน 2. กังหันที่มีใบพัดลักษณะแบนปลายหักมุม 3. กังหันที่มีใบพัดลักษณะโค้ง ดังรูปที่ 1 จากผลการศึกษาพบว่า กังหันที่มีลักษณะใบแบบโค้ง สามารถให้แรงบิดได้มากกว่ากังหันน้ำที่มีลักษณะใบอีก 2 แบบ และยังให้ค่าพลังงานที่ได้สูงกว่ากังหันน้ำที่มีลักษณะ ใบแบน และใบแบนปลายหักมุม คิดเป็น 11.76 % และ 20.58% ตามลำดับ (อัศวิน, 2552).



(ก) แบบใบพัดกังหันน้ำที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 ลักษณะ



(ข) กังหันที่มีใบพัดลักษณะแบน



(ค) กังหันที่มีใบพัดลักษณะแบนปลายหักมุม

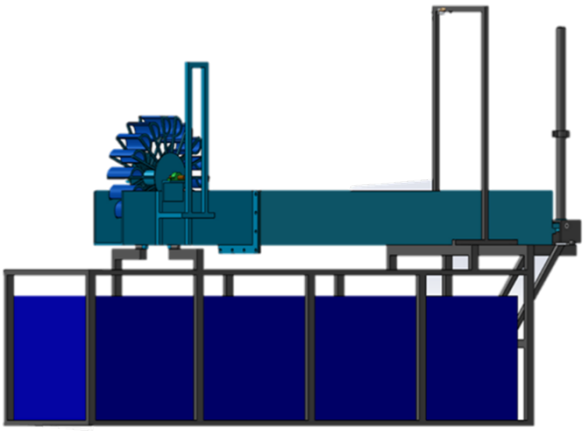


(ง) กังหันที่มีใบพัดลักษณะโค้ง

รูปที่ 1 ใบพัดกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ (อัศวิน, 2552).

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

อุปกรณ์ทดลองประกอบไปด้วยระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหลผ่านกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ และ ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำวนอิสระ โดยมีขนาดของรางน้ำไหลเข้าที่เท่ากันคือรางน้ำขนาด 0.25 × 0.25 x 2 เมตร



(ก) การออกแบบชุดทดลองกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ

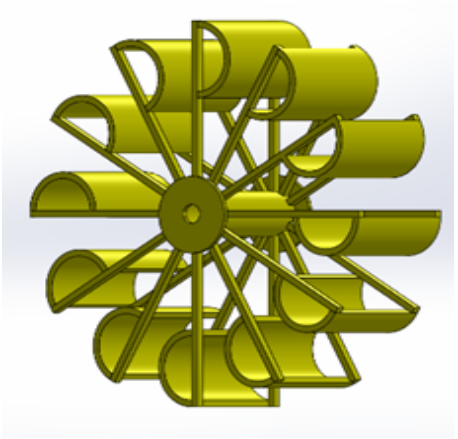


(ข) ชุดทดลองกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ

รูปที่ 2 ชุดทดลองกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ

ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหลผ่านกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ ประกอบไปด้วย

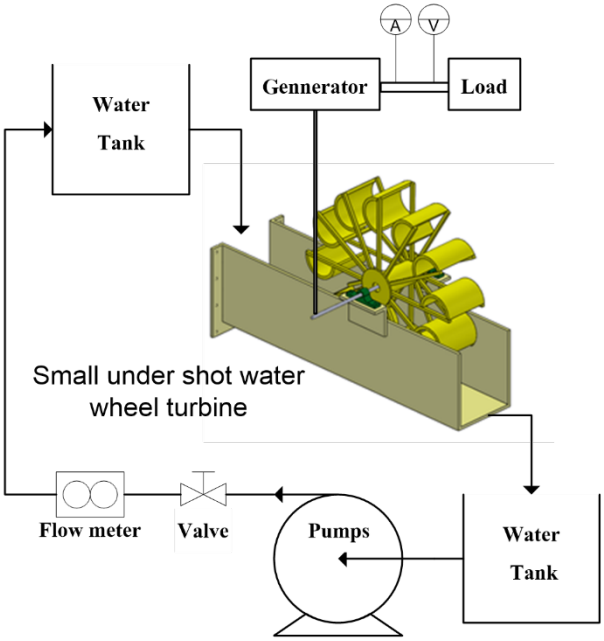
1. ใช้กังหันน้ำหลุกต่ำที่มีลักษณะใบพัดแบบโค้ง ทั้ง 4 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 มีจำนวน 12 ใบพัด ชนิดที่ 2 มีจำนวน 14 ใบพัด ชนิดที่ 3 มีจำนวน 16 ใบพัด และ ชนิดที่ 4 มีจำนวน 18 ใบพัด เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.6 เมตร กว้าง 0.18 เมตร
2. รางน้ำไหลขนาด 0.25 x 0.25 x 2 เมตร
3. อ่างพักน้ำด้านล่าง
4. ปั๊มสูบน้ำสามารถจ่ายอัตราไหลการไหลของน้ำได้สูงสุดที่ 960 ลิตรต่อนาที



(ก) แบบกังหันน้ำหลุกต่ำ



(ข) กังหันน้ำหลุกต่ำ

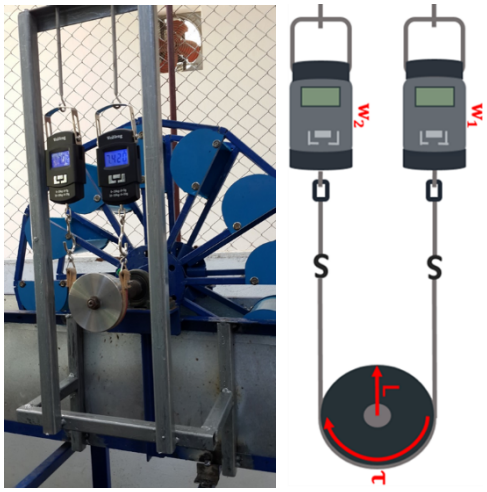


(ค) ระบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหลผ่านกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ

รูปที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหลผ่านกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ

เครื่องวัดแรงบิดโพรนีเบรก (Prony brake)

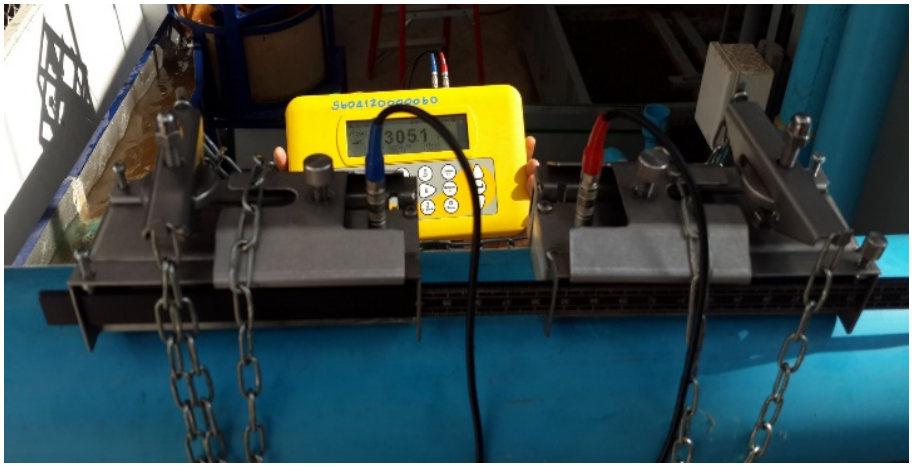
โพรนีเบรกเป็นอุปกรณ์เพื่อทดสอบหาค่าแรงบิด โดยใช้หลักไดนาโมมิเตอร์ ประกอบไปด้วยตราชั่งสปริง (Electric pocket scale) มู่เลย์ (Pulley) ผ้าเบรก สกรูปรับความฝืดเพื่อลดหรือเพิ่มความฝืดดังรูปที่ 3 หลักการทำงานของโพรนีเบรกคือเพลาของกังหันน้ำที่ติดตั้งโพรนีเบรกจะเกิดแรงบิดในทิศทางตรงกันข้ามกับโพรนีเบรกเมื่อเกิดแรงบิดทำให้เกิดแรงดึงตามทิศทางแรงบิดกับตาชั่งสปริง ทำให้สามารถอ่านค่าแรงได้ (Sritram and Suntivarakorn, 2017).



รูปที่ 4 เครื่องวัดแรงบิดชนิดไดนาโมมิเตอร์แบบโพรนีเบรก

เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัลตร้าโซนิค (Ultrasonic flow meter)

ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัลตร้าโซนิค เพื่อที่จะสามารถปรับอัตราการไหลของน้ำที่ป้อนเข้าสู่กังหันน้ำได้



รูปที่ 5 เครื่องวัดอัตราการไหล

เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer)

เครื่องวัดความเร็วรอบใช้วัดความเร็วรอบของเพลากังหันน้ำเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความฝืดที่โพรนีเบรก มีหน่วยวัดเป็น rpm หรือ รอบต่อนาที



รูปที่ 6 เครื่องวัดความเร็วรอบ

วิธีการทดลอง

มีการศึกษาหลักการและวิธีการทดลองจากงานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพกังหันน้ำ (Sritram and Suntivarakorn, 2017; Sritram and Suntivarakorn, 2019) และได้อ้างอิงวิธีการทดลองโดยมาประยุกต์ใช้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ติดตั้งกังหันน้ำแบบหลุกต่ำชนิด 12 ใบพัด เข้าชุดทดลองระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหลผ่านกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ ป้อนน้ำเข้าไปยังระบบ โดยปั๊มน้ำสามารถจ่ายค่าอัตราการไหลสูงสุดวัดได้ที่ 960 ลิตรต่อนาที

2. ทำการวัดความเร็วรอบของเพลากังหันน้ำในขณะที่ไม่มีแรงกระทำจากโพรนีเบรก เพื่อวัดค่าความเร็วรอบของกังหันเมื่อไม่มีแรงเสียดทาน เพื่อหาความเร่งสูงสุด

3. เพิ่มแรงกระทำจากโพรนีเบรกที่มีต่อเพลากังหันน้ำโดยการปรับสกรูโพรนีเบรก ให้เพลาของกังหันน้ำมีความเร็วรอบลดลงทีละ 10 rpm แล้ววัดค่าแรงดึงที่โพรนีเบรกกระทำกับตาชั่งสปริง จนกระทั่งเพลาของกังหันน้ำหยุดหมุน เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาแรงบิด กำลังที่ได้ และ ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ

4. ทำการเริ่มต้นทดลองใหม่ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1. โดยเปลี่ยนกังหันน้ำแบบหลุกต่ำเป็นชนิด 14 16 และ 18 ใบพัด ติดตั้งเข้ากับชุดทดลองดังกล่าว แล้วทำตามขั้นตอนการทดลองจากข้อ 2. และขั้นตอนการทดลองข้อ 3.

ผลการวิจัย

ค่าตัวแปรในตารางผลการทดลองกำหนดให้ N คือ จำนวนรอบการหมุนของเพลากังหันน้ำ มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที (rpm) Pi คือ กำลังของของไหลที่เข้าระบบ มีหน่วยเป็น วัตต์ (W) H คือ ความสูงของน้ำ หรือเฮดน้ำ มีหน่วยเป็น เมตร (m) T คือแรงบิดที่เพลากังหันน้ำ มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร (Nm) Po คือกำลังทางกลที่ได้จากกังหันน้ำ มีหน่วยเป็น วัตต์ (W) และ eff. คือประสิทธิภาพทางกลที่ได้จากกังหันน้ำ ได้ค่าเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

ตารางที่ 1 ผลการทดลองของกังหันน้ำแบบหลุกต่ำทั้ง 4 ชนิด โดยชนิดที่ 1 มีจำนวน 12 ใบพัด ชนิดที่ 2 มีจำนวน 14 ใบพัด ชนิดที่ 3 มีจำนวน 16 ใบพัด และ ชนิดที่ 4 มีจำนวน 18 ใบพัด ที่ค่าอัตราการไหลของน้ำสูงสุด 960 ลิตรต่อนาที

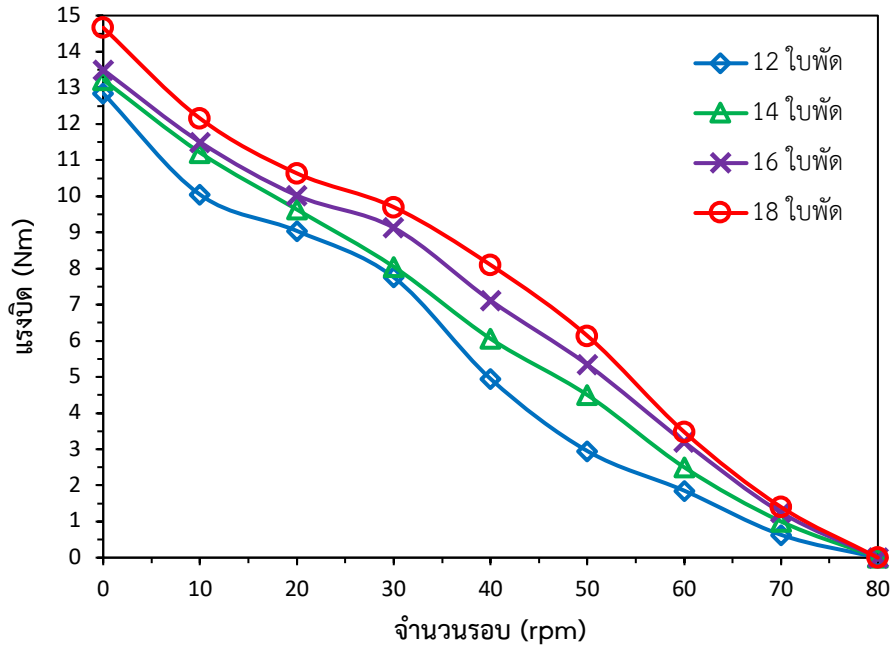
N	Pi	H	T (Nm)				Po (W)				eff. (%)			
(rpm)	(W)	(m)	12	14	16	18	12	14	16	18	12	14	16	18
80	67.81	0.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	67.81	0.43	0.63	1.00	1.25	1.40	4.63	7.33	9.17	10.27	6.83	10.81	13.52	15.14
60	67.81	0.43	1.85	2.50	3.20	3.48	11.65	15.71	20.11	21.86	17.19	23.17	29.66	32.23
50	67.81	0.43	2.95	4.50	5.34	6.14	15.45	23.57	27.98	32.15	22.79	34.76	41.26	47.41
40	67.81	0.43	4.95	6.06	7.12	8.10	20.73	25.38	29.82	33.94	30.58	37.43	43.97	50.06
30	67.81	0.43	7.76	8.05	9.13	9.70	24.38	25.30	28.69	30.49	35.96	37.31	42.31	44.96
20	67.81	0.43	9.04	9.63	10.02	10.63	18.94	20.18	21.00	22.28	27.94	29.76	30.97	32.86
10	67.81	0.43	10.05	11.21	11.50	12.15	10.52	11.74	12.05	12.73	15.52	17.31	17.77	18.78
0	67.81	0.43	12.85	13.22	13.50	14.66	0	0	0	0	0	0	0	0

จากตารางผลการทดลองที่ 1 กำหนดให้ค่าอัตราการไหลของน้ำ 960 ลิตรต่อนาที กำลังของของไหลที่เข้าระบบมีค่าเท่ากับ 67.81 วัตต์ และค่าความสูงของน้ำมีค่าเท่ากับ 0.43 เมตร พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนใบพัดให้กับกังหันน้ำ จะทำให้ค่าแรงบิดที่เพลากังหันน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนใบพัดที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าแรงบิดมากที่สุดคือ 14.66 นิวตันเมตร ที่

จำนวนใบพัดกังหันน้ำ 18 ใบพัด ที่ 12 ใบพัด มีค่า 12.85 นิวตันเมตร 14 ใบพัด มีค่า 13.22 นิวตันเมตร และ 16 ใบพัด มีค่า 13.5 นิวตันเมตร ดังรูปที่ 7

เมื่อพิจารณาค่ากำลังทางกลและประสิทธิภาพทางกลที่ได้จากกังหันน้ำ จะได้ว่าจำนวนใบพัดกังหันน้ำที่เปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อค่าทั้งสอง โดยจำนวนกังหันน้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังทางกลที่ได้มีค่าเพิ่มตามจำนวนใบพัดกังหันน้ำที่เพิ่มขึ้น และยังทำให้ประสิทธิภาพทางกลของกังหันน้ำที่ได้มีค่าเพิ่มตามจำนวนใบพัดที่เพิ่มมากขึ้นด้วย ที่จำนวนใบพัดกังหันน้ำ 12 ใบพัด มีค่ากำลังทางกลสูงสุดที่ 24.38 วัตต์ และมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ 35.96 % ที่ 14 ใบพัด มีค่ากำลังทางกลสูงสุดที่ 25.38 วัตต์ และมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ 37.43 % ที่ 16 ใบพัด มีค่ากำลังทางกลสูงสุดที่ 29.82 วัตต์ และมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ 43.97 % และที่ 18 ใบพัด มีค่ากำลังทางกลสูงสุดที่ 33.94 วัตต์ และมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ 50.06 % ซึ่งมีค่ามากขึ้นตามลำดับ ดังรูปที่ 8 และ 9 ที่ค่าอัตราการไหลของน้ำในค่าเดียวกัน เมื่อเพิ่มจำนวนใบพัดของกังหันน้ำแบบหลุกต่ำจะทำให้ แรงบิด กำลังงานทางกลที่ได้ และประสิทธิภาพที่ได้จากกังหันแบบหลุกต่ำมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าค่าแรงบิด ค่ากำลังไฟฟ้า และค่าประสิทธิภาพแปรผันตามค่าจำนวนใบพัดของกังหันน้ำที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

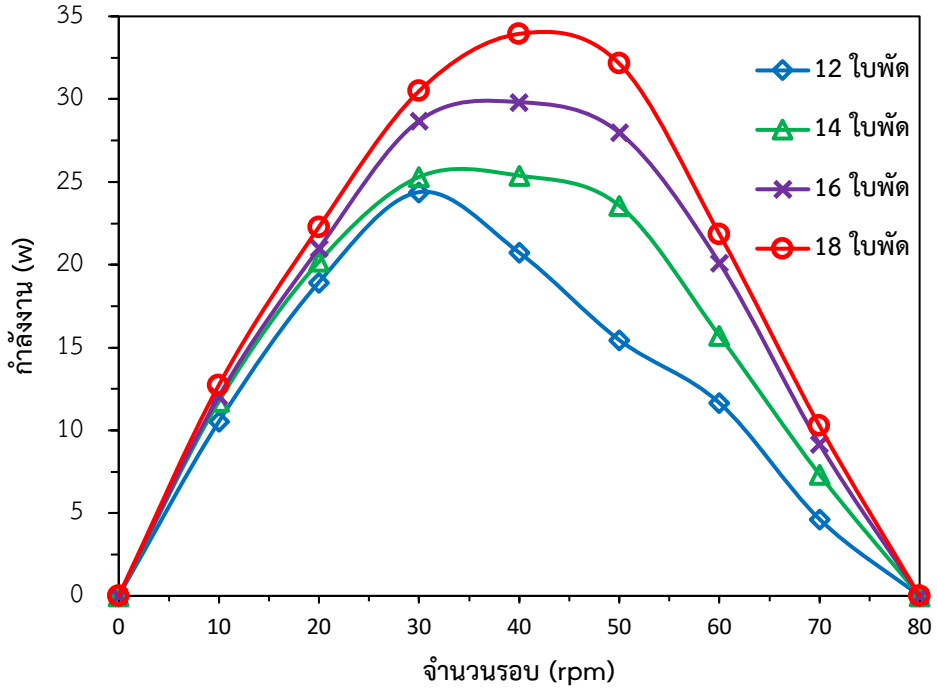
แรงบิด (Torque values)



รูปที่ 7 กราฟแรงบิดที่ได้ของกังหันน้ำทั้ง 4 ชนิด

รูปที่ 7 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองหาแรงบิดกังหันน้ำของระบบ สังเกตได้ว่าแรงบิดของกังหันน้ำนั้นตรงกันข้ามหรือแปรผกผันกับจำนวนรอบการหมุนของกังหันน้ำที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งแรงบิดที่ความเร็วรอบการหมุนของเพลากังหันน้ำสูงสุดที่ 80 rpm มีค่าเท่ากับศูนย์ จากการที่ยังไม่มีโหลดที่ระบบจึงไม่เกิดแรงบิดขึ้นที่เพลากังหันน้ำ แต่เมื่อใส่โหลดและเพิ่มค่าโหลดให้สูงขึ้นหรือนั้นก็คือการเพิ่มแรงดึงที่ไดนาโมมิเตอร์แบบโพนีเบรกให้สูงขึ้น จะทำให้เกิดแรงบิดที่เพลากังหันน้ำเพิ่มขึ้นตามด้วยและมีค่าสูงสุดเมื่อเพลาของกังหันน้ำหยุดหมุน ดังสมการการหาค่าแรงบิดจาก T = Fr ที่กังหันน้ำชนิด 18 ใบพัด จะมีค่าแรงบิดสูงที่สุด โดยลดลงตามจำนวนใบพัดที่ลดลงของกังหันน้ำ เนื่องจากจำนวนใบพัดกังหันที่มากขึ้นซึ่งจะทำให้พื้นที่สัมผัสระหว่างแรงการไหลของน้ำกับใบพัดกังหันน้ำจะมีค่ามากขึ้นจึงทำให้แรงดึงที่ไดนาโมมิเตอร์มีค่าสูงขึ้น และมีผลทำให้ค่าแรงบิดมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนใบพัดที่เพิ่มขึ้นของกังหันน้ำ

กำลังที่ได้ (Power Output)



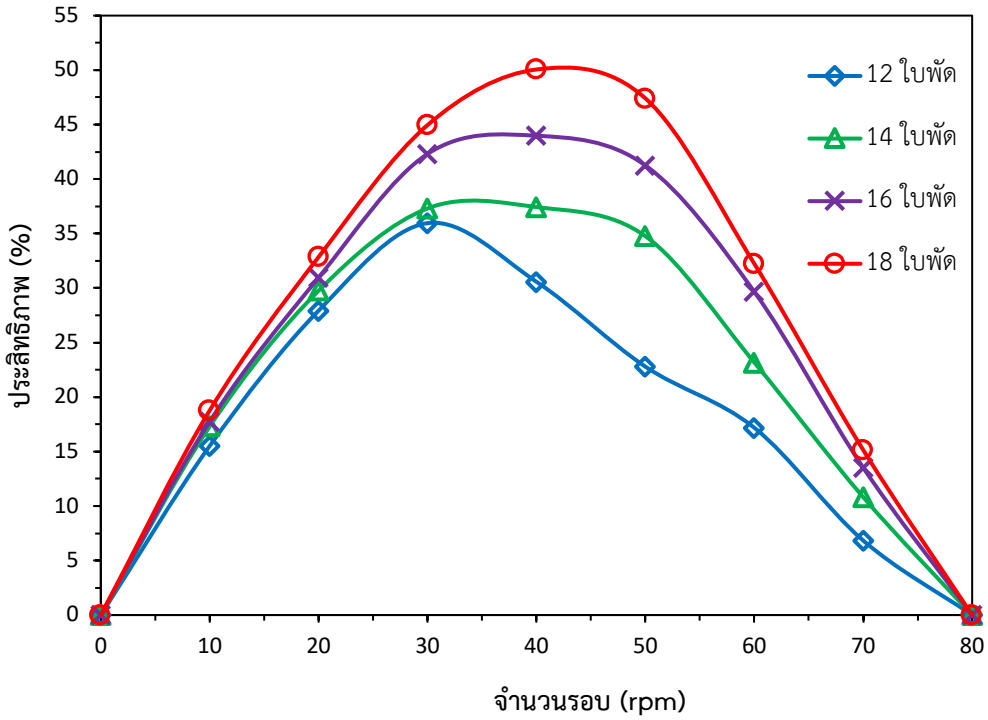
รูปที่ 8 กราฟกำลังงานทางกลที่ได้ของกังหันน้ำทั้ง 4 ชนิด

ผลการทดสอบของค่ากำลังงานทางกลที่ได้เทียบกับความเร็วรอบของกังหันน้ำ จะเห็นว่า ลักษณะกราฟกำลังงานทางกลที่ได้ในแต่ละความเร็วรอบมีลักษณะคล้ายกัน คือเมื่อค่าของกำลังงานเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นจนถึงค่าจุดสูงสุดแล้วจะมีค่าลดลงแม้ว่าความเร็วรอบกังหันน้ำจะมากขึ้นก็ตาม ทั้งกังหันน้ำชนิด 12 14 16 และ 18 ใบพัด ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการการหากำลังที่ได้จากเพลากังหันน้ำ $P = \frac{2\pi\tau N}{60}$ เมื่อ P = กำลังที่ได้ (W) T = แรงบิดของกังหันน้ำ (N.m) และ N = จำนวนรอบการหมุนของเพลากังหันน้ำ (rpm) จากที่ค่าแรงบิดของกังหันน้ำลดลงเมื่อความเร็วรอบเพลากังหันน้ำเพิ่มขึ้น ดังกราฟรูปที่ 7 เมื่อแทนค่าแรงบิด และความเร็วรอบในสมการทำให้ได้กราฟกำลังงานทางกลที่ได้ออกมามีลักษณะดังรูปที่ 8 ซึ่งพบว่า กำลังที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำไหลผ่านกังหันน้ำแบบหลุกต่ำชนิดที่มีจำนวนใบพัดมากที่สุด คือที่ 18 ใบพัด จะให้กำลังทางกลออกมามากที่สุดที่ 33.94 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที

ประสิทธิภาพ (Efficiency)

ผลการทดสอบของค่าประสิทธิภาพทางกลเทียบกับความเร็วรอบของกังหันน้ำพบว่า กังหันชนิด 18 ใบพัด มีค่าสูงที่สุดและค่าจะลดลงมาตามการเปลี่ยนแปลงจำนวนใบพัดที่ลดลงเป็น 16 14 และ 12 ใบพัด ตามลำดับและยังพบว่าประสิทธิภาพกังหันหลุกต่ำทั้ง 4 ชนิด จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่สูงขึ้นจนถึงค่าจุดสูงสุดแล้วจะมีค่าลดลง แม้ว่าความเร็วรอบกังหันน้ำจะมากขึ้นก็ตามคล้ายกราฟกำลังงานทางกล ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการการหาประสิทธิภาพกังหันน้ำ $\eta = \frac{P}{\rho g Q H}$ เมื่อ η = ประสิทธิภาพโดยรวม ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (Kg/m^3) **g** = ค่าความโน้มถ่วง (m/s^2) **Q** = อัตราการไหลของน้ำ (m^3/s) **H** = เฮดน้ำ (m) **P** = กำลังที่ได้ (W) จากกราฟผลการทดสอบค่ากำลังงานทางกลที่ได้เทียบกับความเร็วรอบของกังหันน้ำในรูปที่ 8 และเมื่อแทนค่ากำลังงานทางกลที่ได้ในสมการการหาประสิทธิภาพกังหันน้ำส่งผลต่อลักษณะของกราฟที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งคล้ายกับผลการวิจัยของ

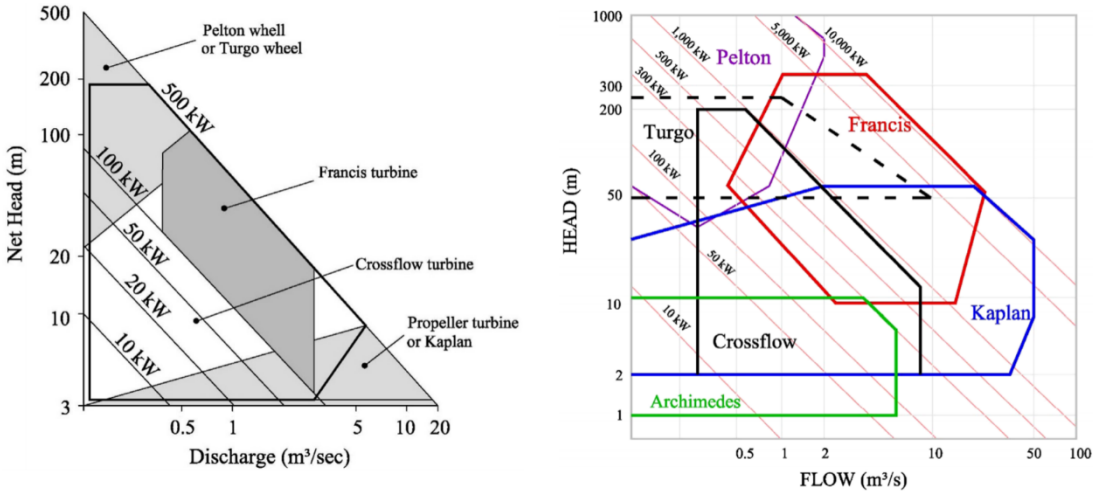
Suntivarakorn et al. (2016) ที่ได้ทำการทดลองเรื่อง An Experimental Study of Electricity Production Using a Vortex Turbine in a Gravitational Water Vortex Power Plant ซึ่งได้ศึกษากังหันน้ำแบบ propeller ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำวนอิสระ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ



รูปที่ 9 กราฟประสิทธิภาพทางกลของกังหันแบบหลุกต่ำทั้ง 4 ชนิด

จากกราฟแสดงในรูปที่ 7 รูปที่ 8 และรูปที่ 9 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา จะเห็นว่าลักษณะกราฟที่ได้มีแนวโน้มคล้ายคลึงกับผลการศึกษาของ Elbatran et al. (2015) ที่ได้ทำการทดลองเรื่อง “Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: A review” การศึกษาของ P. Sritram and R. Suntivarakorn.(2015) ที่ได้ทำการทดลองเรื่อง “Comparative Study of Small Hydropower Turbine Efficiency at Low Head Water.” โดยกราฟผลการทดลองการหาประสิทธิภาพทางกลที่ได้และกำลังงานที่ได้ มีลักษณะของเส้นกราฟไปในลักษณะเดียวกัน คือจะมีการเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดแล้ว เส้นกราฟจะมีค่าลดลงถึงแม้ค่าความเร็วรอบกังหันน้ำจะเพิ่มมากขึ้นก็ตาม

แต่ถ้าพิจารณาผลการทดสอบของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกังหันน้ำ จะเห็นว่าค่าของแรงบิด กำลังงานที่ออกมา และประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของกังหันน้ำและค่าตัวแปรต่าง ๆ ในระบบ โดยในรูปที่ 10 จะแสดงช่วงความเหมาะสมของกันหันน้ำแต่ละชนิดที่ขึ้นอยู่กับค่าอัตราการไหลและความสูงน้ำ (Head Water) ดังกล่าว (Elbatran et al., 2015)



(ก) ช่วงการเลือกใช้ชนิดกังหันน้ำจากความสูงและอัตราการไหล (ข) การอ้างอิงความสูงและอัตราการไหลของชนิดกังหันน้ำ

รูปที่ 10 ช่วงความเหมาะสมของกันหันน้ำแต่ละชนิด (Elbatran et al., 2015)

การอภิปรายผล

โครงการวิจัยการศึกษาผลกระทบของจำนวนใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ เพื่อเป็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่ระดับความสูงของน้ำต่ำ ได้มีการประยุกต์ใช้หลักการไดนาโมมิเตอร์แบบดูดซับ (Absorbs ion Dynamometer) ชนิดโพรนีเบรก (Pony Brake) โดยทำการติดตั้งชุดวัดแรงบิดโพรนีเบรกบริเวณเพลาของกังหันน้ำเพื่อนำค่าแรงบิดที่ได้ในแต่ละอัตราการไหลที่มีความเร็วรอบของเพลากังหันน้ำที่แตกต่างกัน นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหากำลังที่ได้จริงของกังหันน้ำ แล้วจึงนำค่ากำลังที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพของกังหันน้ำเพื่อเปรียบเทียบการทำงานของกังหันน้ำแบบหลุกต่ำทั้ง 4 ชนิด ซึ่งผลการทดลองของการวิจัยในครั้งนี้สามารถพบว่า การออกแบบกังหันน้ำหลุกต่ำ โดยการเพิ่มจำนวนใบพัดให้มากขึ้น เริ่มต้นที่ 12 ใบพัด และเพิ่มขึ้นที่ละ 2 ใบพัด เป็น 14 16 และ 18 ใบพัด สามารถทำให้ค่าแรงบิดที่เพลา กำลังงานทางกลที่ได้ออกมา และค่าประสิทธิภาพทางกลของกังหันน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ในงานวิจัยนี้สามารถเพิ่มจำนวนใบพัดของกังหันแบบหลุกต่ำได้มากสุดที่ 18 ใบพัด เนื่องจากการเพิ่มจำนวนใบพัดจะทำให้ระยะห่างระหว่างใบพัดที่ติดตั้งในกังหันน้ำลดลง และถ้าเพิ่มจำนวนมากกว่านี้จะส่งผลให้ไม่สามารถติดตั้งใบพัดที่ตัวกังหันน้ำได้ เนื่องจากช่องว่างระหว่างตัวกังหันน้อยกว่าความสูงของใบพัดกังหันน้ำ

ผลที่ได้ในการทดลองนี้คงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ใช้ในการออกแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกังหันน้ำ ในระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำไหลผ่านกังหันน้ำแบบหลุกต่ำ

เอกสารอ้างอิง

อัศวิน ปศุศฤทธากร. (2552). การประเมินสมรรถนะของกังหันน้ำขนาดเล็กแบบหลุกต่ำเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมพลังงาน. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

International Energy Agency. (2016). Key world energy statistics. Technical report. International Energy Agency.

Gautam A., Sapkota A., Neupane S., Dhakal J., Timilsina B., and Shaky, S. (2016). Study on Effect of Adding Booster Runner in Conical Basin: Gravitational Water Vortex Power Plant: A Numerical and Experimental Approach. Proceedings of IOE Graduate Conference. 107–113.

Date A. and Aliakbar A. (2009). Design and cost analysis of low head simple reaction hydro turbine for remote area power supply. Renew Energy. 34(2): 409–15.

Islam S., Gupta D., Masum, M., Karim A. and Rahman G. (2013). A Case Study of the Notion and Model of Micro Hydro Power Plant Using the Kinetic Energy of Flowing Water of Burinadi and Meghna River of Bangladesh. Engineering Journal. 7(4): 47-60.

Williamson J., Stark H., Booker D. (2014). Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis. Renew Energy. 61: 43–50.

World Energy Council. (2001). Survey of Energy Resources. 19th Ed. London UK: World Energy Council, Regency House.

Cleveland J. (2013). Hydropower. *Handbook of Energy Section 3*. Amsterdam: Elsevier. 79–102. International Energy Agency. (2017). Key World Energy Statistics 2017. IEA Publications: International Energy Agency.

Development program (UNDP) report available. (2012). To cut poverty in Asia and the Pacific, 'Energy Plus' package a must, says UN report. [Online]. Available: http://www.undp.org [Accessed: 3 February 2014].

Khan J., Iqbal T. and Quaicoe, E. (2008). River current energy conversion systems: Progress, prospects and challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 12(8): 2177-2193.

Ghosh K. and Prelas A. (2011). Energy resources and systems. Renewable resources, 2. Netherlands: Springer: 157-215.

Shahram D. and Ahmad N. (2008). Experimental study of characteristic curves of centrifugal pumps working as turbines in different specific speeds. Experimental thermal and fluid science. 32(3): 800-807.

Banos R., Mazano F., Gugliaro A., Montoya G., Gil C. and Alcayde, A. (2011). Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. Renewable and sustainable energy reviews. 15(4): 1753-1766.

Paish O. (2002). Micro-hydropower: status and prospects. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy. 216(1): 31-40.

Mohibullah M., Radzi M. and Hakim A. (2014). Basic design aspects of micro hydro power plant and its potential development in Malaysia. In PECon 2004. Proceedings. National Power and Energy Conference. IEEE. 220-223.

Teuteber H. (2010). Design of a pump-as-turbine for an abalone farm, final report for mechanical project 878. Department of Mechanical and Mechatronic Engineering University of Stellenbosch.

Yaakob B., Ahmed M., Elbatran H. and Shabara M. (2014). A review on micro hydro gravitational vortex power and turbine systems. J Teknol (Sci Eng). 69(7): 1–7.

Wichian P. and Suntivarakorn R. (2016). The Effects of Turbine Baffle Plates on the Efficiency of Water Free Vortex Turbines. Energy Procedia. 100: 198–202.

Sritram P., Treedet W. and Suntivarakorn R. (2015). Effect of Turbine Materials on Power Generation Efficiency from Free Water Vortex Hydro Power Plant. IOP Conference Series: Material Science and Engineering. 103: 1-7.

Sritram P. and Suntivarakorn R. (2017). Comparative Study of Small Hydropower Turbine Efficiency at Low Head Water. Energy Procedia. 138: 646-650.

Sritram P. and Suntivarakorn R. (2019). The effects of blade number and turbine baffle plates on the efficiency of free-vortex water turbines. OP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 257: 012-040.

Suntivarakorn R., Wanchat R. and Suwanasri S. (2016). An Experimental Study of Electricity Production Using a Vortex Turbine in a Gravitational Water Vortex Power Plant. GMSARN Int. Conf. on Innovative Energy, Environment, and Development in GMS. 1-4.

Elbatran H., Yaakob B., Yasser B., Ahmed M., Shabara M. (2015). Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 43: 40–50.