การออกแบบและประเมินขีดความสามารถของกังหันน้ำขนาดเล็กแบบหลุกต่ำ

Design and Performance Evaluation of Small Undershot Water-wheel

อัศวิน ปศุศฤทธากร[1*] สัมพันธ์ ไชยเทพ[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
โทร 0-5394-2005 โทรสาร 0-5394-2062[*] อีเมล์ aswin_p1@hotmail.com
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
โทร 0-5394-2005 โทรสาร 0-5394-2062 อีเมล์ svmpvn@gmail.com

บทคัดย่อ

กังหันน้ำขนาดเล็กแบบหลุกต่ำเพื่อใช้เป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ออกแบบและพัฒนาสามารถติดตั้งในลำน้ำขนาดเล็กได้ เป็นทางเลือกในการนำประโยชน์พลังน้ำไหลได้พลังงานทดแทนอีกทางหนึ่งเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในพื้นที่หรือชุมชนห่างไกลที่ต้องการไฟฟ้าใช้ มีการออกแบบลักษณะใบที่สามารถเปลี่ยนพลังงานได้สูงสุด ง่ายต่อการขนย้ายและติดตั้ง ระบบไม่ซับซ้อน คนในพื้นที่สามารถซ่อมบำรุง และดูแลรักษาได้ง่าย ข้อดีของกังหันน้ำแบบหลุกต่ำคือนำเอาพลังงานจากการไหลของลำน้ำมาใช้งานโดยตรงน้ำจะไหลไปตามลำน้ำเหมือนเดิม ไม่ต้องกักหรือปิดทางเดินของลำน้ำ ต้นไม้และสัตว์ก็ยังสามารถใช้ประโยชน์จากลำน้ำเดิมได้ จากการศึกษาสมรรถนะของกังหันน้ำขนาดเล็กแบบหลุกต่ำที่มีลักษณะใบที่แตกต่างกันที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากน้ำเป็นพลังงานกลได้ดีที่สุด เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป ลักษณะใบกังหันที่ทำการทดลองมี 3 แบบ คือ ใบแบน ใบหักมุม และใบโค้ง โดยใบกังหันน้ำแต่ละแบบได้ทำการทดลองที่ความเร็วน้ำไหลระหว่าง 0.5 – 1.5 เมตรต่อวินาที จากการทดลองพบว่ากังหันน้ำขนาดเล็กแบบหลุกต่ำที่มีใบโค้งสามารถเปลี่ยนพลังงานจากน้ำเป็นพลังงานกลได้ดีที่สุด

Abstract

A small undershot water-wheel for electricity generation was designed and developed. The water-wheel can be installed in any small watercourse as an alternative choice for harness the renewable form of energy. Designed was aimed for utilization in the remote communities. Blades incorporated in the designed were selected to the suitable shapes that offer the best power conversion. The whole system was designed to be simple to construct, ease of transportation as well as maintenance. One main advantage of the system is direct use the water flow in the watercourse, with minimum blockage to the water flow. Therefore less affect to the eco-balance of the plants as well as animals in the nature.

This paper was studied the performance of different paddles use in the small undershot water-wheel in order to obtain the best performance of converting the energy from water to mechanical power. Three characteristics of blades were used, i.e., flat plate, bend flat plate and curve paddle. With test on velocity of water flow between 0.5 – 1.5 m/s. The result was found that undershot water wheel with curve paddle offer the best energy conversion from water flow to mechanical power.

1. บทนำ

พื้นผิวโลกถึง 70 เปอร์เซนต์ ปกคลุมด้วยน้ำ ซึ่งมีความสำคัญยิ่งต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย น้ำเหล่านี้มีการเปลี่ยนสถานะและหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลาระหว่างผิวโลกและบรรยากาศอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเรียกว่า วัฏจักรของน้ำ น้ำที่กำลังเคลื่อน มีพลังงานสะสมอยู่มาก และมนุษย์รู้จักนำพลังงานนี้มาใช้หลายร้อยปีแล้ว เช่น ใช้หมุนกังหันน้ำและนำพลังงานที่ได้จากกังหันไปใช่ประโยชน์เป็นต้นกำลัง (http://www.panyathai.or.th)

พลังงานที่ได้จากแหล่งน้ำที่รู้จักกันโดยทั่วไป คือ พลังงานน้ำตก พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง และพลังงานคลื่น เป็นต้น

1. พลังงานน้ำตก สามารถผลิตไฟฟ้าโดยอาศัยพลังงานของน้ำตกตามธรรมชาติหรือจากการดัดแปลงสภาพธรรมชาติ เช่น น้ำตกจากการสร้างเขื่อนกั้นน้ำ น้ำตกจากทะเลสาบบนเทือกเขาสู่หุบเขา น้ำตกจากแม่น้ำไหลตกหน้าผา เป็นต้น โดยให้น้ำตกไหลผ่านกังหันน้ำซึ่งติดอยู่บนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พลังงานที่ได้จะขึ้นอยู่กับความสูงของน้ำตกและอัตราการไหลของน้ำที่ปล่อยลงมา

2. พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เป็นผลมาจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ต่อโลก จัดเป็นแหล่งพลังงานประเภทใช้แล้วไม่หมดไป การเปลี่ยนพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า คือเลือกแม่น้ำหรืออ่าวที่มีพื้นที่เก็บน้ำได้มากและพิสัยของน้ำขึ้นน้ำลงที่มีค่าสูง สร้างเขื่อนที่ปากแม่น้ำหรือปากอ่าว เพื่อให้เกิดเป็นอ่างเก็บน้ำขึ้นมา เมื่อน้ำขึ้นน้ำก็จะไหลเข้าและเมื่อน้ำลงน้ำก็จะไหลออกจากอ่างเก็บน้ำ โดยต้องควบคุมให้น้ำไหลผ่านกังหันน้ำที่ต่อเชื่อมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่พลังงานที่ได้จะไม่ค่อยสม่ำเสมอ เพราะจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงขึ้นลงของน้ำ

3. พลังงานคลื่น คลื่นในทะเลและมหาสมุทรส่วนใหญ่มักเกิดจากลม แต่ก็สามารถเกิดจากการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก เช่น แผ่นดินไหวได้ด้วย โดยในต่างประเทศได้มีความพยายามที่จะนำพลังงานงานคลื่นมาผลิตไฟฟ้าซึ่งจะต้องอาศัยอุปกรณ์หรือวิธีการที่จะดึงพลังงานจากคลื่นมาใช้

ข้อดีของพลังงานน้ำ

- พลังงานน้ำเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ไม่หมดสิ้น
- เมื่อนำพลังงานน้ำไปใช้แล้ว น้ำยังคงมีคุณภาพเหมือนเดิม ทำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก
- พลังงานน้ำจากการสร้างเขื่อน ช่วยกักเก็บน้ำไว้ใช้ในช่วงหน้าแล้ง เป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำหรือใช้เป็นสถานที่ท่องเที่ยวได้

แม้ว่าจะมีข้อดีหลายประการ แต่การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำก็ยังมีข้อด้อยอยู่บ้าง กล่าวคือ

- การพัฒนาแหล่งพลังงานน้ำต้องใช้เงินลงทุนสูง และยังทำให้สูญเสียพื้นที่ของป่าไปบางส่วนด้วย อีกทั้งพลังงานน้ำยังมีความไม่แน่นอนเกิดขึ้นได้ เช่น กรณีที่ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล เป็นต้น [7-9]
- การจัดหาบุคลากรไปปฏิบัติงาน รวมทั้งการซ่อมแซม บำรุงรักษาสิ่งก่อสร้าง และอุปกรณ์ต่าง ๆ จะหาได้ยากเนื่องจากสถานที่ตั้งมักต้องอยู่ห่างไกลจากชุมชน

แต่อย่างไรก็ตาม พลังงานน้ำก็นับเป็นพลังงานทดแทนที่น่าสนใจทางเลือกหนึ่ง

การวิจัยออกแบบกังหันน้ำขนาดเล็กแบบหลุกต่ำ มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินขีดความสามารถของกังหันน้ำขนาดเล็กแบบหลุกต่ำ ที่มีใบลักษณะที่ต่างกัน เพื่อที่จะสามารถเปลี่ยนพลังงานจากน้ำเป็นพลังงานกลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. หลักการและทฤษฎี

2.1 กำลังและพลังงานของน้ำ

การประยุกต์ใช้พลังงานจากน้ำที่อยู่ในแหล่งกักเก็บที่อยู่สูงอย่างเช่น น้ำตก หรือเขื่อน ซึ่งน้ำสะสมพลังงานอยู่ในรูปของพลังงานศักย์นั้น สามารถคำนวณได้โดยสูตร

$$E_p = mgH$$

เมื่อ E_p คือ พลังงานศักย์ของน้ำ (J)

m คือ มวลของน้ำ (kg)

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

และ H คือ ความสูงในแนวดิ่งของแหล่งน้ำเหนือระดับอ้างอิง (m)

จากสมการ ถ้าเปลี่ยนค่าพลังงานให้อยู่ในรูปของกำลัง หรือค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะได้ว่ากำลังของน้ำขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีมวล 1,000 กิโลกรัม จะมีค่าเท่ากับ

$$P = (1000Q) \times g\, H$$

เมื่อ P คือ กำลัง วัตต์ (W)

Q คือ ปริมาตรการไหล ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (m^3/s)

$$E_p = E_k$$

$$mgH = \frac{1}{2}mv^2$$

นั่นคือความเร็วของน้ำหาค่าได้จาก

$$v^2 = 2gH$$

พิจารณาการไหลของลำน้ำที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัด A ด้วยความเร็ว v จะได้ปริมาตรของการไหลของน้ำ

$$Q = Av$$

2.2 ทฤษฎีทางด้านกลศาสตร์ของไหล

ถ้าให้ ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

A = พื้นที่หน้าตัดของใบพัด (m^2)

V_1 = อัตราเร็วของกระแสน้ำ (m/s)

V_2 = อัตราเร็วของใบพัด (m/s)

ดังนั้นอัตราการมวลของน้ำที่ไหลผ่านใบพัดในหนึ่งวินาที ได้

$$\dot{M} = \rho A V_1 \qquad (kg/s)$$

ในกรณีที่ V_1 คงที่ $\dot{M}$ = constant

จากพลังงานจลน์ $= \frac{1}{2}mv^2$ (j)

กำลังงานของกระแสน้ำ (P_1) ที่มีอัตราเร็ว V_1 คือ

$$P_1 = \frac{1}{2}\dot{M}V_1^2 \qquad (watt)$$

$$= \frac{1}{2}\rho A V_1^3 \qquad (watt)$$

กำลังงานของกระแสน้ำให้แก่กังหันน้ำ (P_{in}) เมื่อมีอัตราเร็วใบพัด V_2 คือ

$$P_{in} = \frac{1}{2}\dot{M}V_1^2 - \frac{1}{2}\dot{M}V_2^2 \quad (watt)$$

$$= \frac{1}{2}\rho A V_1 \left(V_1^2 - V_2^2\right) \quad (watt)$$

อัตราการไหลของน้ำ

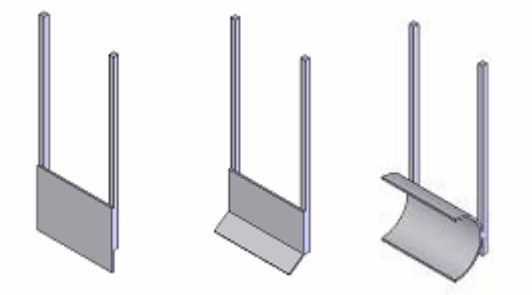
$$\dot{Q} = A\, V_1 \qquad (m^3/s)$$

$$P_{in} = \frac{1}{2}\rho \dot{Q}\left(V_1^2 - V_2^2\right) \qquad (watt)$$

3. ขั้นตอนการทดลอง

3.1 ออกแบบและสร้างแบบจำลองกังหันน้ำขนาดเล็กแบบหลุกต่ำโดยมีลักษณะใบที่ใช้ทดลอง 3 แบบ คือ

- กังหันที่มีใบลักษณะแบน
- กังหันที่มีใบลักษณะแบน ปลายหักมุม
- กังหันที่มีลักษณะใบโค้ง



รูปที่ 1 ลักษณะใบกังหันแบบต่าง ๆ

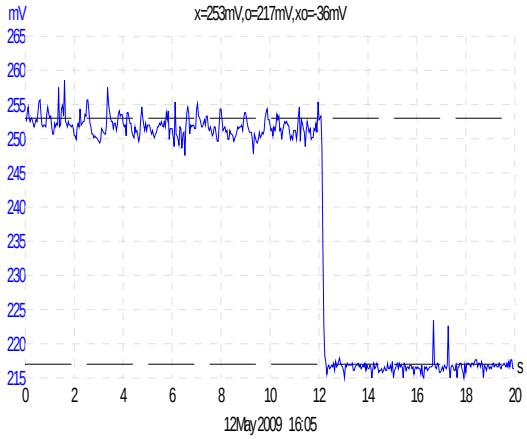
โดยกังหันแต่ละแบบออกแบบใบให้มีพื้นที่หน้าตัดกว้าง 6 ซม. ยาว 8 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางของกังหันแต่ละวง เท่ากับ 40 ซม. มีจำนวนใบทั้งหมด 16 ใบ

รูปที่ 2. แบบจำลองกังหันใบตรง

รูปที่ 3. แบบจำลองกังหันใบหักมุม

รูปที่ 4. แบบจำลองกังหันใบโค้ง

นำแบบจำลองกังหันน้ำที่ออกแบบและสร้าง ทั้ง 3 แบบมาทดลองกับรางน้ำที่สร้างขึ้นโดยทดลองที่อัตราการไหลของน้ำคงที่ประมาณ 1 เมตรต่อวินาที ทำการวัดค่าแรงบิดโดยใช้เครื่องมือวัดแรงบิด แบบโพลนีเบรค (PRONY BRAKE) กดลงบน สเตรนเกจ (strain gauge) อ่านค่าแรงที่ได้ โดย เครื่อง Oscilo Scope ค่าที่อ่านได้เป็นค่าทางไฟฟ้า จากนั้นนำมาแปลงเป็นค่าของแรงในหน่วยนิวตัน (N) บันทึกข้อมูลที่ได้ แล้วนำไปคำนวนหาค่าแรงบิด เปรียบเทียบกัน ณ ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ของกังหันน้ำ



รูปที่ 5. แสดงกราฟแรงดันไฟฟ้า ที่วัดได้จากแขนโพลนีเบรค ณ ความเร็วรอบหนึ่งๆ ของกังหัน

4. ผลการทดลอง

แบบจำลองกังหันน้ำแต่ละแบบทดสอบที่ความเร็วน้ำคงที่ประมาณ 1 เมตรต่อวินาที ปรับความเร็วรอบกังหันโดยการเบรค และวัดแรงที่ได้จากการเบรคค่าที่ได้ดังแสดงในตาราง 4.1 – 4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองกังหันน้ำใบแบน

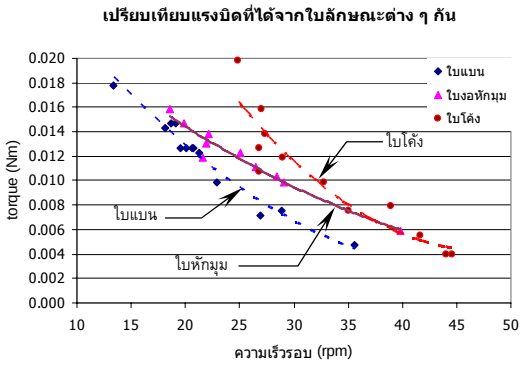
ที่	ความเร็วรอบ (rpm)	แรงที่แขนยาว 24 ซม. (N)	T=Fr (Nm)
1	13.37	0.074	0.017
2	18.09	0.059	0.014
3	18.66	0.061	0.014
4	19.53	0.053	0.013
5	20.73	0.053	0.013
6	21.32	0.051	0.012
7	22.92	0.041	0.009
8	26.95	0.030	0.007
9	28.87	0.031	0.007
10	35.55	0.020	0.005

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองกังหันน้ำใบหักมุม

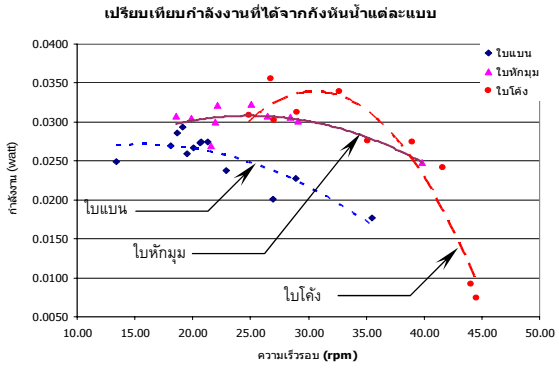
ที่	ความเร็วรอบ (rpm)	แรงที่แขนยาว 24 ซม.(N)	T=Fr (Nm)
1	18.58	0.07	0.02
2	19.87	0.06	0.01
3	21.61	0.05	0.01
4	21.96	0.05	0.01
5	22.16	0.06	0.01
6	25.10	0.05	0.01
7	26.50	0.05	0.01
8	28.41	0.04	0.01
9	29.07	0.04	0.01
10	39.84	0.02	0.01

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองกังหันน้ำใบโค้ง

ที่	ความเร็วรอบ (rpm)	แรงที่แขนแรงยาว 24 ซม.(N)	T=Fr (Nm)
1	24.87	0.050	0.012
2	26.78	0.053	0.013
3	27.00	0.045	0.011
4	29.01	0.043	0.010
5	32.71	0.041	0.010
6	35.08	0.031	0.008
7	38.96	0.028	0.007
8	41.66	0.023	0.006
9	44.05	0.008	0.002
10	44.57	0.007	0.002



รูปที่ 6. กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงบิดที่ได้จากกังหันน้ำทั้งสามแบบ



รูปที่ 7. กราฟแสดงการเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากกังหันน้ำทั้งสามแบบ

6. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าที่ความเร็วในการไหลของน้ำประมาณ 1 เมตรต่อวินาที ที่ความเร็วรอบกังหันที่เท่ากัน กังหันที่มีลักษณะใบแบบโค้งสามารถให้แรงบิดได้มากกว่ากังหันน้ำที่มีลักษณะใบอีกสองแบบ และ เมื่อคำนวนพลังงานกังหันที่มีใบลักษณะแบน จะให้พลังงานสูงสุดที่ ความเร็วรอบประมาณ 20 รอบต่อนาที กังหันน้ำที่มีใบลักษณะหักมุม ให้พลังงานสูงสุดที่ความเร็วรอบ ประมาณ 27 รอบต่อนาที และ กังหันน้ำที่มีลักษณะใบโค้ง ให้พลังงานสูงสุดที่ ความเร็วรอบ ประมาณ 32 รอบต่อนาที และยังให้ค่าพลังงานสูงกว่ากังหันน้ำที่มีลักษณะใบแบนและใบหักมุมคิดเป็น 11.76 % และ 20.58% ตามลำดับ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ PARA Laboratory and FAME Laboratory ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้คำปรึกษาในการวิจัย สถานที่ในการทดลองและขอบคุณสำนักงานนโยบาย และแผนพลังงาน (สนพ.) ที่เอื้อเฟื้อสนับสนุนทุนวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] นิกร มังกรทอง ผ่องศรี มังกรทอง และ สุภาพ ณ เชียงใหม่ การผลิตไฟฟ้าโดยใช้กังหันน้ำ Electricity Generation by Means of a Water wheel. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549

[2] ประพันธ์ ร้องกาศ และ วิสรัส เอี่ยมประชา. “การออกแบบและสร้างกังหันน้ำสำหรับสูบน้ำแบบทุ่นลอย”. ปริญญานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2526.

[3] ชาญ ถนัดงาน “กลศาสตร์ของไหล” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตพระนครเหนือ พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ , 2523

[4] สัมพันธ์ ไชยเทพ และ ธเนศ ไชยชนะ “กังหันน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ระบบบังคับน้ำ” งานประชุมวิชาการประจำปี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2550

[5] สัมพันธ์ ไชยเทพ และ ธเนศ ไชยชนะ “อิทธิพลของระดับการจมน้ำของใบพัดต่อประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบทุ่นลอย” งานประชุมวิชาการประจำปี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2550

[6] Allan “Undershot Water Wheel” (on line) Available:http://www.builditsolar.com/Projects/Hydro/UnderShot/WaterWheel.htm (December 2007)

[7] เรื่องข้อดี-ข้อเสียของการใช้พลังงานน้ำ http://www.energyfantasia.com/ef4/index.php ค้นหาวันที่ 27 พฤษภาคม 2552

[8] เรื่อง น้ำ http://www.bangchak.co.th/th/energyOther.asp?catID=11 ค้นหาวันที่ 27 พฤษภาคม 2552

[9] พลังงานน้ำตก พลังงานที่ใช้แล้วไม่สูญสิ้น http://www.energyfantasia.com/ef3/energy_pedia/show.php?show=305 ค้นหาวันที่ 27 พฤษภาคม 2552