

การออกแบบและพัฒนาระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอย

The Design and Development of a Pumping System with a Floating Turbine

พิสิษฐ์ มณีโชติ,^{1*} วรวุฒิ เผ่าวงศ์,² วิกานต์ วันสูงเนิน,³ มัทนี สงวนเสริมศรี⁴

Pisit Maneechot,^{1*} Worawuth Paowong,² Wikarn Wansungnern,³ Mathanee Sa-nguanserm Sri⁴

Received: 25 December 2015; Accepted: 28 March 2016

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอย เพื่อใช้ในชุมชนที่มีพื้นที่ใกล้กับแม่น้ำ สามารถนำน้ำจากแม่น้ำขึ้นมาใช้ได้โดยอาศัยแรงจากกระแส น้ำ โดยมีข้อกำหนดในการออกแบบที่ระดับความสูงในการส่งน้ำ (ระยะเหต) 20 เมตร และอัตราการไหล 1,500 ลิตร/ชั่วโมง ที่ความเร็วกระแส น้ำ 0.5 เมตร/วินาที ผลการออกแบบโดยใช้หลักการของการออกแบบกังหันน้ำเพื่อสูบน้ำสำหรับชุมชนพบว่าต้องใช้ขนาดของกังหันน้ำที่มีความกว้าง 2.4 เมตร ใบพัดมีลักษณะโค้งกึ่งน้ำลึก 0.5 เมตร จำนวนใบพัดทั้งหมด 12 ใบ ผลการทดลองของระบบสูบน้ำพบว่าระบบสามารถสูบน้ำได้เฉลี่ยอยู่ที่ 7.02 ลิตรต่อวินาที โดยความเร็วของกระแส น้ำอยู่ในช่วง 0.34 - 0.43 เมตรต่อวินาที เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 1 เดือน เมื่อประหยัดค่าไฟฟ้าจากปั๊มน้ำจำนวน 5 ปี ต้นทุนต่อหน่วย 0.0018 บาทต่อลิตร ระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยที่สร้างขึ้น สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดต่อปีเท่ากับ 2,457.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อใช้กำลังในการสูบน้ำเท่ากับ 500 วัตต์

คำสำคัญ: กังหันน้ำชุมชน กังหันสูบน้ำ กังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอย

Abstract

This research focused on the design and development of a pumping system with a floating turbine. A system of this description would be mainly used in a community that typically obtains its water from a nearby river using the power of the tide. A design was determined for a 20 meter head at a flow rate of 1500 l/h. Consequently, a water velocity of 0.5 m/s acquired the turbine structure which is 2.4 meters in width. The turbine vane has a parabolic shape with 12 vanes that become submerged to 0.5 meters. The study results (assuming an average flow rate of pumped water) are 7.02 L/min, at a water velocity of 0.34 -0.43 m/s. In addition, an economic analysis of the system was undertaken considering a payback period of 1 year 1 month. The cost per unit was 0.0018 baht/L. Carbon dioxide emission reduction was 2,457.2 kgCo₂ equivalents per year.

Keywords: floating turbine, turbine pumping system, pumping system with floating turbine

¹ อาจารย์, ² นิสิตปริญญาโท, ³ เจ้าหน้าที่วิจัย, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิษณุโลก 65000

⁴ รองศาสตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹ Lecturer, ² Master degree student, ³ Researcher, School of Renewable Energy Technology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000, Thailand.

⁴ Assoc. Prof., Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000, Thailand.

* Corresponding author; Pisit Maneechot, Renewaboy@gmail.com

บทนำ

วัดกำแพงมณี อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก เป็นวัดที่มีพื้นที่ติดกับแม่น้ำน่านซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักทางภาคเหนือมีการใช้น้ำจากแม่น้ำเพื่อใช้รดต้นไม้ ทำความสะอาดบริเวณวัดอีกทั้งยังเป็นแหล่งแจกจ่ายน้ำให้กับชุมชนที่มีความต้องการน้ำใช้ในช่วงที่ไม่สามารถใช้น้ำประปาได้ ซึ่งในอดีตจะต้องใช้เครื่องสูบน้ำไฟฟ้าในการสูบน้ำจากแม่น้ำ ทำให้ทางวัดมีภาระค่าไฟฟ้าเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะฤดูที่น้ำขาดแคลน เช่น ฤดูร้อน วัดกำแพงมณีจึงมีแนวความคิดในการที่จะนำพลังงานน้ำจากแม่น้ำ ซึ่งมีความเร็วของกระแสน้ำประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที มาผลิตกังหันที่ต่อกับเครื่องสูบน้ำมาใช้ในกิจการของวัดที่มีความสูงจากระดับน้ำถึงตลิ่งตั้งแต่ 15 - 20 เมตร จากปัญหาที่กล่าวมาแล้วผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนากังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอย เพื่อให้สามารถสูบน้ำที่มีความเร็วของกระแสน้ำอยู่ที่ ประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที ซึ่งต้องใช้ใบพัดที่มีแรงต้านสูงมีลักษณะเป็นรูปตัวซี และมีระดับความสูงต่างกันระหว่างผิวน้ำกับริมฝั่งแม่น้ำ 15 - 20 เมตร เพื่อทางวัดกำแพงมณีจะสามารถใช้ระบบสูบน้ำแบบทุ่นลอยในการสูบน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภค และยังสามารถสร้างระบบต้นแบบเพื่อให้เป็นแหล่งเรียนรู้ทางด้านพลังงานทดแทน ในการนำพลังงานจากกระแสน้ำมาใช้ประโยชน์ได้ต่อไป ด้วยเหตุนี้จึงมีนักวิจัยหลายๆ ท่านได้เล็งเห็นและให้ความสำคัญในเรื่องดังกล่าวจึงจะเห็นได้จากงานวิจัยหลายๆ ชิ้น¹ ได้ทำการศึกษาในเรื่องนี้โดยสร้างเครื่องสูบน้ำโดยใช้พลังงานกลจากกังหันน้ำ ซึ่งตัวกังหันทำจากเหล็ก ใบกังหันเป็นแบบใบตรง กำลึงจากกังหันถูกส่งผ่านเพลลาไปยังชุดทดรอบซึ่งประกอบด้วยชุดโซ่ และสายพาน เพื่อเพิ่มความเร็วยวบที่ใช้ขับเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบชัก² ออกแบบสร้างกังหันน้ำสำหรับสูบน้ำแบบทุ่นลอยโดยมุ่งใช้วัสดุที่มีราคาต่ำ และหาได้ง่ายตามท้องตลาด เพื่อใช้กับแหล่งน้ำในชนบท กังหันน้ำประกอบไปด้วยใบพัดซึ่งทำจากถ้ำน้ำมัน 200 ลิตรผ่าซีกให้มีขนาดความกว้าง 0.90 เมตร สูง 0.5 เมตร จำนวน 16 ใบ³ กังหันน้ำสูบน้ำทุ่นลอยเหมาะที่จะนำไปใช้สูบน้ำในแม่น้ำลำธาร หรือคลองส่งน้ำที่ความเร็วของกระแสตั้งแต่ 1 เมตรต่อวินาที ขึ้นไป โดยที่แม่น้ำจะต้องมีความลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร และมีความกว้างไม่น้อยกว่า 3 เมตร กังหันน้ำสูบน้ำขับเคลื่อนด้วยความเร็วของกระแสที่ไหลเข้าไปผลักดันใบพัดให้หมุนแล้วส่งกำลังไปยังเครื่องสูบน้ำด้วยเฟืองจานโซ่และสายพานสามารถสูบน้ำได้ตั้งแต่ 16.67 - 166.67 ลิตรต่อวินาที ยกน้ำได้สูงถึง 45 เมตร ปริมาณน้ำจะสูบน้ำได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสูงในการยกน้ำในขณะที่ความเร็วของกระแสไหลคงที่

สมการพลังงาน (Energy Equation)

เครื่องกังหันน้ำและเครื่องสูบน้ำ ในพฤติกรรมของเครื่องจักรกลศาสตร์ล้วนมีการสูญเสียพลังงานในการเคลื่อนที่ดังนั้นสมการพลังงาน สามารถปรับเพิ่มเติมให้สอดคล้องกับการไหลจริง ในสภาวะการไหลคงที่ได้เป็น

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_{\text{pump}} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_{\text{turbine}} + h_{\ell T} \quad (1)$$

- เมื่อ $\frac{p_1}{\gamma}$ คือ หัวพลังงานเนื่องจากความดัน (Pressure head)
- z_1 คือ หัวพลังงานเนื่องจากความสูง (elevation head)
- $\frac{V_1^2}{2g}$ คือ หัวพลังงานเนื่องจากความเร็วการไหล (Velocity head)
- H_{pump} คือ หัวพลังงานของเครื่องสูบน้ำ
- H_{turbine} คือ หัวพลังงานของกังหันน้ำ
- $h_{\ell T}$ คือ หัวพลังงานสูญเสียรวม
- การสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทานในท่อ (head loss by pipe friction) ของ Hazen-Williams สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$h_{\ell} = \frac{RLQ^{1.852}}{D^{4.8704}} \quad (2)$$

- เมื่อ R ในระบบ SI = $\frac{10.675}{C^{1.852}}$
- L คือ ความยาวท่อ (เมตร)
- Q คือ อัตราการไหลของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
- D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (เมตร)
- C คือ ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล (discharge coefficient) โดยที่ค่า C เป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับชนิดของท่อ ดัง

(Table 1)

Table1 Discharge Coefficient

Type of pipe	C
Smooth and straight pipe	140
Asbestos cement pipes	140
Concrete pipe, New Cast Iron Pipe	130
Mild Steel pipes	120
Earthen pipe, Riveted steel pipe	110
Old Cast Iron Pipe	100
Very old pipes	60-80

Note. Manual assembly for teaching hydraulics and fluid mechanics [4]

หลักการออกแบบกังหันน้ำเพื่อสูบน้ำสำหรับชุมชน

1. การออกแบบลักษณะและขนาดของใบพัด

การออกแบบลักษณะและขนาดของใบพัด จะคำนึงถึงลักษณะของการดำเนินการไหลของใบพัดกับขนาดความกว้างและความยาวของใบกังหัน โดยในการหาขนาดของใบพัด จะใช้ความสัมพันธ์กันระหว่างกำลังที่ต้องใช้สำหรับเครื่องสูบน้ำกับพื้นที่ในการดำเนินการไหลของวัตถุ

เครื่องสูบน้ำที่นำมาใช้ในระบบ เลือกเครื่องสูบน้ำชนิดลูกสูบ เนื่องจากใช้กำลังต่ำแต่ให้แรงดันสูง จึงเลือกเครื่องสูบน้ำรุ่น UMA 1500 ซึ่งใช้กำลังน้อย สามารถสูบน้ำได้ 1500 ลิตรต่อชั่วโมง (0.00042 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) ที่ประสิทธิภาพ 60 % ดังนั้นจึงต้องหาค่ากำลังที่ใช้สำหรับเครื่องสูบน้ำ

จากสมการพลังงาน (1)

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_{\text{pump}} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_{\text{turbine}} + h_{\ell_T}$$

กำหนดให้

$$p_1 = p_2 = \text{ความดันบรรยากาศท้องถิ่น} = 0$$

$$V_1 = V_2 = \text{ความเร็วเท่ากัน} = 0$$

หาความสูงของระบบ

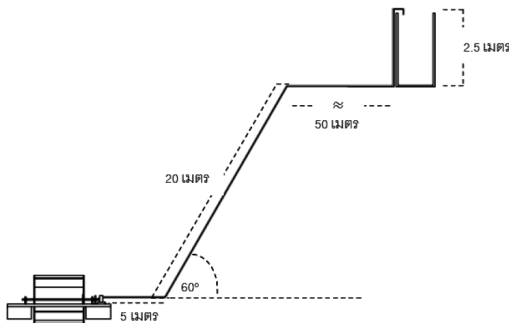


Figure 1 The pumping system with floating turbine

จาก (Figure 1) ความสูงของระบบ = $20\sin 60^\circ + 2.5 = 19.7$ เมตร

การสูญเสียพลังงานในท่อใช้สมการของ Hazen-Williams (2)

$$h_{\ell} = \frac{10.675 \times 75 \times 0.00042^{1.852}}{140^{1.852} \times 0.025^{4.8704}} = 3.0\text{m}$$

โดยการสูญเสียพลังงานรองในท่อคิดเป็น 10% ของการสูญเสียพลังงานหลักในท่อเท่ากับ 0.3 เมตร ดังนั้นการสูญเสียพลังงานรวมในท่อจะเท่ากับ

$$h_{\ell_T} = h_{\ell} + h_{\ell_m} = 3.3 \text{ m}$$

ดังนั้น $H_{\text{pump}} = z_2 - z_1 + h_{\ell_T} = 23 \text{ m}$

การหาค่ากำลังเชิงกลศาสตร์⁵

$$P = \gamma Q H_{\text{pump}}$$

$$P = 94.76 \text{ W} \quad (3)$$

$$P = 94.76 \text{ W}$$

กำลังที่คำนวณได้เป็นกำลังทางทฤษฎี ดังนั้นในกรณีที่เครื่องสูบน้ำมีประสิทธิภาพ 60% ค่าความหาค่ากำลังจริงที่ต้องให้แก่เครื่องสูบน้ำจะได้เท่ากับ

$$\eta_p = \frac{P_{p, \text{the}}}{P_{p, \text{act}}}$$

$$P_{p, \text{act}} = \frac{94.76}{0.6} = 157.9 \text{ W} \quad (4)$$

ในการออกแบบระบบใส่ค่า safety factor สำหรับค่ากำลังของชุดกังหันน้ำเท่ากับ 1.1 ดังนั้นกำลังที่ต้องให้กับเครื่องสูบน้ำจะมีค่าเท่ากับ 173.69 วัตต์ นำค่ากำลังของกังหันนี้มาหาค่าแรงบิดของกังหัน⁶

$$\text{จาก } P_T = \frac{2\pi T N}{60} \quad (5)$$

$$\text{จะได้ } T = \frac{60 P_t}{2\pi N} \quad (6)$$

จากสมการข้างต้นจะต้องหาความเร็วรอบ(N) ของกังหันก่อน โดยในขณะที่กังหันหมุนในสภาวะคงตัว ความเร็วของใบกังหันจะมีค่าประมาณเท่ากับความเร็วของกระแสที่เข้าปะทะ ดังนั้นจะมีค่าเท่ากับ $V_T = 0.5$ เมตรต่อวินาที รัศมีของใบกังหัน ใช้ค่าเฉลี่ยที่กึ่งกลางใบ (Figure 2) ดังนั้นจะสามารถหาค่าได้จาก $R = 0.5 + (0.5/2) = 0.75$ เมตร นำค่าที่ได้ไปแทนในสมการ (7)

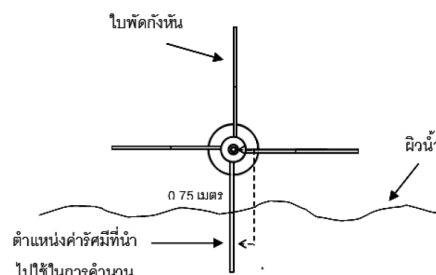


Figure 2 Position the radius

จาก
$$V_T = \frac{2\pi RN}{60} \quad (7)$$

จะได้
$$N = \frac{60V_T}{2\pi R} = 6.37 \text{ rpm}$$

แทนค่า N ในสมการ (6)

$$T = \frac{60 \times 173.69}{2\pi(6.37)} = 260.53 \text{ N.m}$$

การหาค่าแรงที่กระทำ

$$F = \frac{T}{R} \quad (8)$$

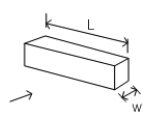





ดังนั้น $F = 347.37 \text{ N}$

นำค่าแรงที่ได้ไปหาขนาดของพื้นที่ใบกังหัน จากสมการที่ (9) ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านการไหล (drag coefficient)⁷

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho v^2 A} \quad (9)$$

จากสมการข้างต้น ค่า C_D ที่นำมาใช้ เลือกที่มีค่า C_D สูงเพื่อให้เกิดแรงต้าน ดังนั้นตามตารางค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านสำหรับวัตถุรูปทรงต่างๆ เลือกค่า $C_D = 2.3$ ใบของกังหันจะมีลักษณะโค้งเป็นรูปตัว C

Table 2 Drag Coefficient⁵

Material	$C_D (Re \geq 10^5)$
Square cylinder 	$L/W = \infty$ 2.05
	$L/W = 1$ 1.05
Disk 	1.17
Hemisphere shell 	1.42
Hemisphere shell 	0.38
Half-tube 	2.30
Half-tube 	1.20

จะได้
$$A = \frac{2 \times 347.37}{2.3 \times 1000 \times 0.5^2} = 1.2 \text{ m}^2$$

พื้นที่ใบที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 1.20 ตารางเมตร ต้องการให้ความลึกในการกินน้ำของใบกังหันเท่ากับ 0.5 m (ด้านกว้าง) จะสามารถหาความยาวของใบกังหันจาก

$$\text{ความยาวของใบกังหัน} = \frac{1.20}{0.5} = 2.40 \text{ m}$$

ดังนั้นจะได้ขนาดของใบกังหันที่มีลักษณะโค้ง ด้านกว้าง 0.5 เมตร ด้านยาว 2.4 เมตร



Figure 3 Size turbine blades (top view, front view, beside view)

2. การออกแบบชุดตอร์อบ

เครื่องสูบน้ำรุ่น UMA 1500 ที่ใช้ สามารถสูบน้ำได้ 1,500 ลิตร/ชั่วโมง เท่ากับ 0.00042 ลูกบาศก์เมตร/วินาที โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ (D) เท่ากับ 0.043 เมตร รัศมีของล้อตุนกำลัง (R) เท่ากับ 0.05 เมตร สามารถหาความเร็วรอบในการหมุนของล้อตุนกำลังได้จากสมการ (10)

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{2\pi RN}{60} \quad (10)$$

ความเร็วรอบของการหมุนของล้อตุนกำลังจะได้ว่า

$$N = 0.00042 \times \frac{4}{(3.14 \times (0.043)^2)} \times \frac{60}{(2 \times 3.14 \times 0.05)}$$

$$N = 55.29 \text{ rpm}$$

ดังนั้น ความเร็วรอบในการหมุนล้อตุนกำลังต้องมี ความเร็วรอบอย่างต่ำ 56 รอบ

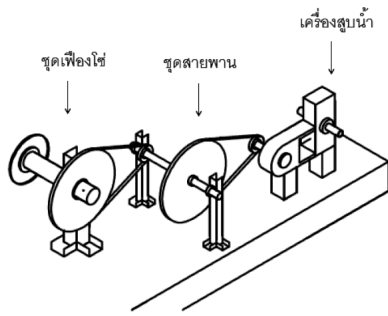


Figure 4 The reduction series

การออกแบบการทดรอบช่วงที่ 1 จากเฟืองโซ่ที่ติดกับเพลลาของกังหัน โซ่โซ่ในการส่งแรงหาอัตราทดรอบจากสมการ (11)⁸

$$m_{\omega} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (11)$$

โดยเฟืองโซ่ที่ติดกับเพลลาของกังหันมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 50 cm. ส่วนอีกเฟืองโซ่หนึ่งที่ติดกับชุดทดรอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5 cm. ดังนั้นจะได้อัตราทดรอบจากชุดสายพานดังนี้

เมื่อกังหันน้ำหมุน 1 รอบ

$$n_2 = \frac{n_1 \times d_1}{d_2} = \frac{1 \times 50}{5} = 10$$

ดังนั้นเมื่อกังหันน้ำหมุน 1 รอบ เฟืองโซ่ที่ติดกับชุดทดรอบจะหมุน 10 รอบ

การออกแบบการทดรอบช่วงที่ 2 จากแกนของชุดทดรอบเข้าสู่ล้อดุนกำลังของเครื่องสูบน้ำ ใช้พู่เล่ย์ในการส่งแรง โดยพู่เล่ย์ที่ติดอยู่กับชุดทดรอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 60 cm. ส่วนพู่เล่ย์ที่ติดกับเครื่องสูบน้ำ (ล้อดุนกำลัง) มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 cm. ดังนั้นจะได้อัตราทดรอบจากชุดเฟืองโซ่เท่ากับ

เมื่อกังหันน้ำหมุน 1 รอบ

$$n_2 = \frac{n_1 \times d_1}{d_2} = \frac{10 \times 60}{10} = 60$$

ดังนั้นเมื่อกังหันน้ำหมุน 1 รอบ ล้อดุนกำลังของเครื่องสูบน้ำจะหมุน 60 รอบ ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่เพียงพอสำหรับการสูบน้ำ

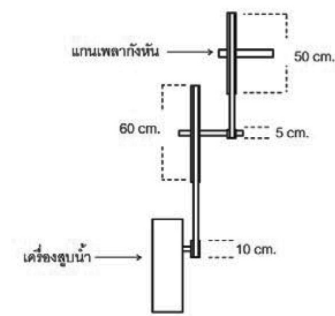


Figure 5 The reduction series (top view)

3. การออกแบบชุดท่อนลอย

การออกแบบชุดท่อนลอย ใช้แพไม่ยึดติดกับถังพลาสติก 200 ลิตร เป็นตัวรับน้ำหนัก โดยมีมวลรวมของกังหันน้ำ ชุดเครื่องสูบน้ำและแพไม่มีค่าน้ำหนักประมาณ 500 กิโลกรัม

ดังนั้นจึงออกแบบหาจำนวนถังพลาสติกเพื่อรับน้ำหนัก โดยหาได้จากปริมาตรน้ำหนักของชุดกังหัน จากสมการ (12)

$$V = \frac{W}{\rho g} \quad (12)$$

$$V = \frac{500 \times 9.81}{1000 \times 9.81} = 0.5 \text{ m}^3$$

โดยในการติดตั้งจะใช้ถังพลาสติก 200 ลิตรเป็นท่อนลอย แต่ละถังจะมีความจุ 200 ลิตร หรือ 0.2 ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้นจะต้องใช้ถังจำนวน $\frac{0.5}{0.2} = 2.5$ ถัง (3 ถัง) แต่ในการติดตั้งจริง จะเลือกใช้ถังจำนวน 4 ถังเป็นท่อนลอยเพื่อให้เกิดการสมดุลและง่ายต่อการก่อสร้าง

ดังนั้นการออกแบบระบบกังหันน้ำแบบท่อนลอยจะสรุปตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ (Table 3)

Table3 Parameters for design system

Specification	
Head	23 m
Power	173.69 W
Speeds	6.37 rpm
Force	347.37 N
Area of turbine blades	1.2 m ²
Radius of turbine blades	0.25 m
Length of turbine blades	2.4 m
Ratios of sprockets sets	1:10
Ratios of belt	1:60
Buoys	4

การวิเคราะห์ผลการวิจัย

จากงานวิจัยได้แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนตามวัตถุประสงค์ในการทำงานวิจัย คือ การออกแบบและพัฒนา ระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอยและการศึกษาความ คุ่มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบ ทุ่นลอยที่ทำการออกแบบ

1. การสร้างระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำสูบน้ำ แบบทุ่นลอย

จากแบบที่ได้จากการคำนวณ จึงทำการสร้าง กังหันน้ำขึ้น โดยทำการแบ่งขั้นตอนในการสร้างออกเป็น การขึ้นโครงสร้าง การประกอบและการติดตั้ง และการวาง ระบบส่งน้ำ

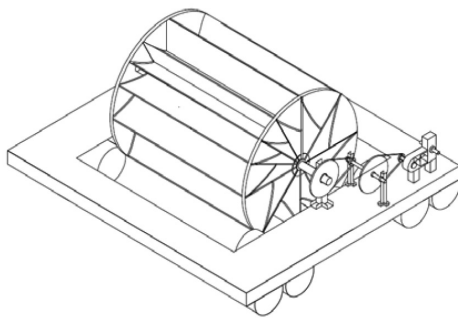


Figure 6 The design of pumping system with floating turbine

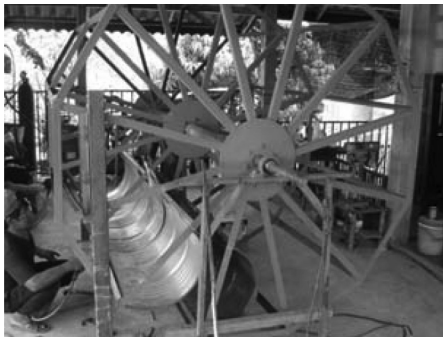


Figure 7 The creation for floating turbine



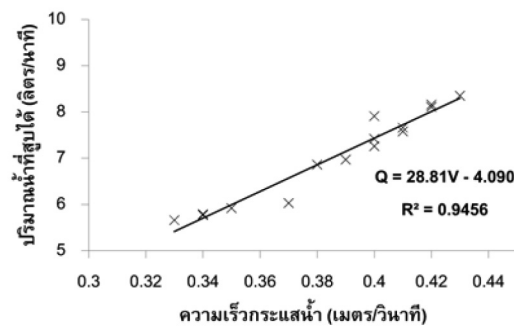
Figure 8 The assembly and installation



Figure 9 The water supply systems

2. ผลการทดลองสมรรถนะของระบบสูบน้ำ โดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอย

2.1 การทดสอบหาความสัมพันธ์ของปริมาณ น้ำต่อความเร็วของกระแสน้ำที่ความสูงคงที่เป็น การเก็บผล การทดลองระหว่าง เดือนเมษายน - มิถุนายน โดยจะทำการ เก็บผลการทดลองจำนวน 5 ครั้ง ในแต่ละเดือน



Q = ปริมาณน้ำที่สูบได้ (ลิตร/นาที) V = ความเร็วของกระแส น้ำ (เมตร/วินาที)

Figure 10 The Correlation between quantity with height

(Figure 10) เป็นผลการทดลองที่ได้จาก การเก็บข้อมูลในระหว่างช่วงเดือน เมษายน - มิถุนายน จะ พบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ระดับความสูงระหว่างผิวน้ำกับริม ฝั่งแม่น้ำมีความสูงที่ประมาณ 11 - 12 เมตร และความเร็วของ กระแสน้ำอยู่ในช่วง 0.34 – 0.43 เมตรต่อวินาที โดยน้ำที่ระบบ สามารถสูบได้เฉลี่ยอยู่ที่ 7.02 ลิตรต่อนาที โดยความเร็วของ กระแสน้ำมีผลต่อปริมาณน้ำที่ได้โดยยังมีความเร็วมากขึ้น ปริมาณน้ำที่ได้ก็มากยิ่งขึ้น โดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วของ กระแสน้ำ (Miniature current meter ยี่ห้อ Rickly Hydro- logical Co. รุ่น OSS PC1) (Figure 11)



Figure 11 Miniature current meter

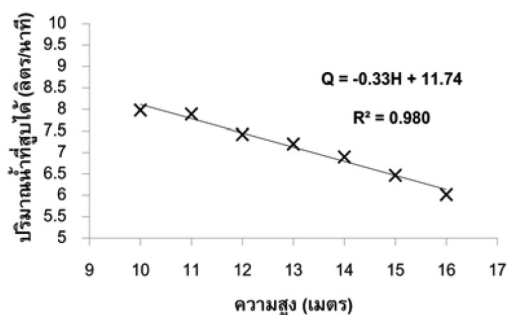
โดยเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำต่อความเร็วของกระแสน้ำได้ดังนี้

$$Q = 28.81V - 4.09 \quad (13)$$

โดยที่ Q = ปริมาณน้ำที่สูบได้ (ลิตร/นาท)

V = ความเร็วของกระแส (เมตร/วินาที)

2.2 การทดสอบหาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำต่อความสูงของห้วยกน้ำที่ความเร็วคงที่เป็นการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่สูบได้กับระดับความสูงที่ได้จากระบบสูบน้ำ



Q = ปริมาณน้ำที่สูบได้ (ลิตร/นาท) H = ระดับความสูงที่สูบ (เมตร)

Figure 12 The Correlation between quantity with height

จาก (Figure 12) พบว่าที่ความเร็วของ กระแสเท่ากัน (0.4 เมตรต่อวินาที) ปริมาณน้ำที่สูบได้จะ ขึ้นอยู่กับระดับห้วยกน้ำที่ทำการสูบ โดยยิ่งสูบน้ำขึ้นที่สูงมาก ขึ้น ปริมาณน้ำที่ได้ก็จะลดลงแปรผกผันกันโดยที่ระดับ 11 เมตรสามารถสูบได้เฉลี่ย 7.98 ลิตรต่อนาท แต่เมื่อสูบน้ำขึ้นไป ที่ระดับความสูง 17 เมตร ระบบสูบน้ำได้ลดลงเหลือเฉลี่ยที่ 6.02 ลิตรต่อนาท โดยสามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$$Q = -0.33H + 11.74 \quad (14)$$

โดยที่ Q = ปริมาณน้ำที่ได้จากการสูบ (ลิตร/นาท)

H = ระดับความสูงที่ทำการสูบ (เมตร)

โดยเมื่อแทนค่าลงไปจะพบว่าปริมาณน้ำที่ได้จะขึ้น อยู่กับระดับความสูงที่ทำการสูบ โดยยิ่งสูบน้ำขึ้นสูงมากเท่า ไหร่ ปริมาณน้ำที่ได้ก็จะลดลงตามความสูงที่ทำการสูบ โดยใช้ การวัดปริมาณน้ำเฉลี่ยเทียบกับเวลา ดัง (Figure 13)



Figure 13 Testing water content

3. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

3.1 ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุนของระบบที่ทำการออกแบบ เมื่อเทียบกับระบบสูบน้ำโดยใช้ไฟฟ้าภายในวัดกำแพงมณี

Table 4 Cost of electric pumping systems and pumping system with floating turbine

Costs	Cost of electric pumping systems (Baht)	Cost of pumping system with floating turbine (Baht)
Material costs	5,000	30,100
Construction costs	2,000	3,000
Electric costs / year	6,000	-
Total	13,000	33,100

ระยะเวลาคืนทุนของระบบสูบน้ำโดยใช้ กังหันน้ำแบบทุ่นลอยที่ทำการสร้างจะสามารถคืนทุนในระยะเวลา 1 ปี 1 เดือน เมื่อประหยัดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าจากปั้มน้ำ 5 ปี เป็นจำนวนเงิน 30,000 บาท

3.2 ต้นทุนต่อหน่วยของระบบ

ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการใช้น้ำภายใน วัดกำแพงมณีเฉลี่ยอยู่ที่เดือนละ 1,750 บาท ซึ่งคิดเป็นต้นทุน ต่อหน่วยอยู่ที่ลิตรละ 0.017 บาท หรือลูกบาศก์เมตรละ 17 บาทระบบกังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยมีต้นทุนในการก่อสร้าง อยู่ที่ 33,100 บาท โดยสามารถสูบน้ำได้ปริมาณ 302,400 ลิตร ต่อเดือน เท่ากับ 3,628,800 ลิตรต่อปี

โดยระบบกังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอย มีอายุการใช้งานอยู่ที่ 5 ปี ดังนั้นภายในเวลา 5 ปีจะสามารถสูบน้ำได้ 18,144,000 ลิตร ดังนั้นเมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อหน่วยอยู่ที่ลิตรละ 0.0018 บาท หรือลูกบาศก์เมตรละ 1.8 บาท

3.3 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ระบบสูบน้ำไฟฟ้าที่ใช้สูบน้ำที่วัดกำแพงมณี ใช้กำลังในการสูบน้ำเท่ากับ 500 วัตต์ โดยกำลังสูงสุดต่อปีที่ใช้ในการสูบน้ำมีค่าเท่ากับ 4,380 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี

โดยในการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง = 0.561 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ (grid emission factor 2555)⁹

ระบบสูบน้ำไฟฟ้าที่ใช้สูบน้ำที่วัดกำแพงมณี จะเทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดต่อปีเท่ากับ

$4380 \times 0.561 = 2457.2$ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยที่นำมาใช้แทนระบบสูบน้ำไฟฟ้า จะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดต่อปีเท่ากับ 2,457.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์

สรุปผลการวิจัย

1. การออกแบบและสร้างระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอย

จากผลการทดลองที่ได้จากการเก็บข้อมูลในระหว่างช่วงเดือน เมษายน - มิถุนายน จะพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ระดับความสูงระหว่างผิวน้ำกับริมฝั่งแม่น้ำมีความสูงที่ประมาณ 11- 12 เมตร และความเร็วของกระแสอยู่ในช่วง 0.34 – 0.43 เมตรต่อวินาที โดยที่ระบบสามารถสูบน้ำได้เฉลี่ยอยู่ที่ 7.02 ลิตรต่อวินาที โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำต่อความเร็วของกระแส สามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ Linear Regression ได้ดังนี้

$$Q = 28.81V - 4.09$$

ที่ค่าความเชื่อมั่น $R^2 = 0.945$

จากการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่สูบได้กับระดับความสูงที่ได้จากระบบสูบน้ำ ที่ความเร็วของกระแสเท่ากัน ปริมาณน้ำที่ได้จะขึ้นอยู่กับระดับความสูงที่ทำการสูบ โดยยิ่งสูบน้ำขึ้นสูงมากเท่าไร ปริมาณน้ำที่ได้ก็จะลดลงตามความสูงที่ทำการสูบ โดยสามารถเขียนเป็นสมการ Linear Regression แสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Q = -0.33H + 11.74$$

ที่ค่าความเชื่อมั่น $R^2 = 0.98$

2. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

- ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุนของระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอยที่ทำการสร้างเมื่อเทียบกับระบบสูบน้ำโดยใช้ไฟฟ้าภายในวัดกำแพงมณีจะสามารถคืนทุนในเวลา 1 ปี 1 เดือน

- ต้นทุนต่อหน่วยของระบบ

ระบบกังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยมีต้นทุนในการก่อสร้างอยู่ที่ 33,100 บาท โดยสามารถสูบน้ำได้ปริมาณ 302,400 ลิตรต่อเดือน โดยระบบกังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยมีอายุการใช้งานอยู่ที่ 5 ปี ดังนั้นภายในเวลา 5 ปีจะสามารถสูบน้ำได้ 18,144,000 ลิตร ดังนั้นเมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อหน่วยอยู่ที่ลิตรละ 0.0018 บาท หรือลูกบาศก์เมตรละ 1.8 บาท

- การศึกษาต้นทุนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำสูบน้ำแบบทุ่นลอยที่สร้างขึ้น สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดต่อปีเท่ากับ 2,457.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอยพบว่า ในส่วนของการออกแบบขนาดใบพัด ลักษณะโครงสร้างของกังหันและอัตราการทอรอบนั้น สามารถปรับขนาดต่างๆ ของกังหันน้ำได้ตามลักษณะสภาพภูมิศาสตร์ของแต่ละพื้นที่ ตามความเหมาะสม โดยมีปัจจัยหลักๆ ในการออกแบบเช่นความเร็วของกระแส น้ำทิศทางของกระแส ระดับความสูงที่ต้องการสูบ เป็นต้น โดยในส่วนของประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำนั้น จะขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสและระดับความสูงที่ต้องการสูบ โดยที่ถ้าความเร็วของกระแสในแม่น้ำมีความเร็วสูง ยิ่งทำให้ระบบสูบน้ำทำงานได้ดียิ่งขึ้น และถ้าระบบไม่จำเป็นต้องสูบน้ำขึ้นที่สูงมากๆ ปริมาณของน้ำที่สูบก็จะได้มากยิ่งขึ้นเช่นกัน ระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอยมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ประมาณ 1 ปี 1 เดือน ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้สร้าง ระบบสูบน้ำโดยใช้กังหันน้ำแบบทุ่นลอยเป็นกังหันสูบน้ำที่ใช้พลังงานจากแม่น้ำซึ่งเป็นพลังงานจากธรรมชาติ ยังสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศเมื่อเทียบกับระบบสูบน้ำที่ใช้ไฟฟ้าหรือน้ำมัน ซึ่งถือว่าการช่วยกันแก้ปัญหาโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง

ข้อเสนอแนะ

1. การติดตั้งระบบริมฝั่งแม่น้ำให้ระวังในช่วงที่น้ำขึ้นและน้ำลงฉับพลัน เพราะอาจทำให้ระบบได้รับความเสียหาย

2. ควรมีการวิจัยต่อยอดเกี่ยวกับการสร้างกังหันน้ำแบบทุ่นลอย เพื่อใช้พลังงานจากแม่น้ำในการนำมาผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อให้ครอบครัวที่อาศัยบนแพหรือริมแม่น้ำ

3. ระบบสูบน้ำที่ใช้พลังงานจากแม่น้ำจะมีปัญหาเกี่ยวกับ ขยะมูลฝอย ซาก เศษกิ่งไม้ ที่มาทับกระแสน้ำ ซึ่งเมื่อเข้ามาติดที่ระบบ จะทำให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพลดลง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัยลักษณ์ เส้นเศษ และคณะ.(2548)). เครื่องสูบน้ำโดยใช้พลังงานกลจากกังหันน้ำ. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ตาก.
- [2] ประพันธ์ รุ่งภาส และวิสิฐ เอี่ยมประชา.(2526)). การออกแบบและสร้างกังหันน้ำสำหรับสูบน้ำแบบทุ่นลอย. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- [3] บรรจง วรรณพงษ์. (2542). เครื่องสูบน้ำพลังงานน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริพระเจ้าอยู่หัว. กรุงเทพมหานคร. เซ็นจูรี จำกัด. หน้า 107
- [4] ไพฑูรย์ กิติสุนทร. (ม.ป.ป.). ชลศาสตร์. คู่มือประกอบการเรียนการสอนในวิชาชลศาสตร์และกลศาสตร์ของไหล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี. หน้า 109 - 114.
- [5] สุธรรม นียมवास และบัญญัติ นียมवास. (2549). เครื่องจักรกลของไหล. กรุงเทพฯ:วิทยาพัฒนา จำกัด. หน้า 53-143,151-189.
- [6] วิสิทธิ์ อึ้งภากรณ์. (2541). การออกแบบเครื่องกล เล่ม 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น. หน้า 22-23,251-253,308-309,314-316.
- [7] อนุรัตน์ เทวตา. (2548). โครงการเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ตาก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ตาก. หน้า 9-10.
- [8] สมศักดิ์ ไชยะภินันท์(2547)). กลศาสตร์ของไหล. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 409
- [9] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2550). กลไกการพัฒนาที่สะอาด. สืบค้นเมื่อ 29 กรกฎาคม 2556, จาก http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&view=section&id=6&Itemid=38.