

การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานกลจากน้ำเก็บสะสมที่มีอยู่บนอาคาร

Utilization of Mechanical Energy from Available Storage Water on Building

สิทธิพร ไหล่ขุนายศ¹

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาวิจัยถึงการนำน้ำทิ้งที่ได้กักเก็บไว้บนอาคารมาแปรรูปแบบเป็นพลังงานกล เพื่อให้เห็นถึงการ
ใช้ประโยชน์จากพลังงานที่ยังมีเหลืออยู่ ซึ่งเป็นรูปแบบของพลังงานทดแทน โดยที่ กำลังงาน และ ประสิทธิภาพที่ได้จะมีการแปร
เปลี่ยนไปตามตัวแปรต่างๆ กังหันน้ำแบบจำลองได้ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อรับน้ำที่กักเก็บไว้บนอาคารชั้นต่างๆ มีการปรับเปลี่ยนขนาด
ลำน้ำที่เข้าขับกังหัน และปรับวาล์วควบคุมการไหลของน้ำเพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ทำให้ได้หัวน้ำ 50 % ของระดับความ
สูงของน้ำขึ้นไป ผลการศึกษาค้นพบว่า ได้กำลังงานถ่ายเทสูงขึ้น แต่ความเร็วรอบของกังหันต่ำลงเมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาดใหญ่ขึ้น
ได้กำลังงานถ่ายเทสูงขึ้นตามตำแหน่งมุมในการปรับวาล์วมากขึ้นและระดับความสูงของน้ำเพิ่มขึ้น กำลังงานที่กังหันส่งออกที่ระดับ
ความสูงของน้ำ 4 m ได้สูงสุดประมาณ 20 W ที่ระดับความสูงของน้ำ 7 m ได้สูงสุดประมาณ 43 W , ที่ระดับความสูงของน้ำ 10 m
ได้สูงสุดประมาณ 78 W และที่ระดับความสูงของน้ำ 13 m ได้สูงสุดประมาณ 115 W สำหรับหัวฉีดขนาดเล็ก ค่าประสิทธิภาพ
โดยรวมของกังหันมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อ มีการปรับวาล์วให้อัตราการไหลของน้ำสูงขึ้น แต่จะค่อนข้างคงที่เมื่ออัตราการไหลของ
น้ำสูงๆ ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันสูงสุดเมื่อใช้หัวฉีดขนาดที่เหมาะสม

คำสำคัญ : กังหันน้ำ , กังหันน้ำแรงดล , กังหันน้ำล้อเพลตัน

Abstract

This paper is research of taking storage water on building to convert to mechanical energy. It is to be see the utility of
available energy which is renewable energy. The available power and efficiency will be vary with parameters. The model of
water turbine has been formed to get water storage on several floors of building, Varying size of water jet driving turbine and
adjusting valve to control water flow rate which have water head of 50 % up of water elevation. In result, it is found that the
transferred power are higher but turbine revolution is lower when nozzle is more large. The transferred power are higher with
angular position control valve and the water elevation. The maximum power that turbine send out at water elevation of 4 m is
about 20 W, at the water elevation of 7 m is about 43 W, at the water elevation of 10 m is about 78 W and at the water
elevation of 13 m is about 115 W. For small nozzle, the overall efficiency of turbine is tend to be higher when adjust valve to
be higher water flow rate, but it is nearly constant when water flow rate is very high. The overall efficiency of turbine is highest
when use suitable size of nozzle.

Keywords : Water or Hydraulic Turbine , Impulse Water Turbine, Pelton Wheel Water Turbine

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1. บทนำ

น้ำที่ผ่านการใช้งานในอาคาร ที่อยู่อาศัย หรือ โรงงาน อุตสาหกรรม ซึ่งได้แก่ น้ำที่ใช้ในการชำระล้างต่างๆ น้ำที่ใช้ใน กระบวนการต่างๆ สามารถถูกนำมาใช้ประโยชน์ โดยการกัก เก็บไว้ในถังเก็บ แล้วถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านพลังงานกล ใน การขับเคลื่อนเครื่องจักรกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ซึ่งอาจจะ ได้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่สูงนัก แต่ก็พอที่จะนำมาใช้ได้สำหรับ อุปกรณ์ขนาดเล็กๆ เช่น หลอดไฟส่องสว่าง เครื่องสูบน้ำ สำหรับตู้เลี้ยงปลา เครื่องสูบน้ำสำหรับรดต้นไม้ พัดลมขนาดเล็กสำหรับระบายอากาศ ที่ต้องการพลังงานไฟฟ้าเล็กน้อยได้ เป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านได้บ้าง หรือ เป็น แนวทางในการประเมินถึงพลังงานไฟฟ้าที่จะได้ถ้าเป็นอาคาร ที่มีระดับความสูงมากๆ และ การผลิตไฟฟ้าในระดับท้องถิ่น นอกจากนี้ยังได้เป็นการช่วยในการบำบัดน้ำที่ผ่านการใช้งาน แล้ว ที่มักจะถูกส่งผ่านท่อไปเก็บไว้ในบ่อน้ำทิ้งนอกอาคารเพื่อ รอกการกำจัดต่อไปซึ่งสร้างมลภาวะให้แก่แหล่งดิน และแหล่ง น้ำ เนื่องจากมีการผ่านการกรองสิ่งที่ไม่เจือปนมากับน้ำ ก่อนที่จะ เข้ากักเก็บไว้ในถังเก็บ รวมทั้งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดน้ำ เหลือทิ้งจากอาคาร เครื่องจักรกังหันที่ได้สร้างขึ้นมานี้ในงานวิจัย นี้เป็นรูปแบบกังหันที่ไม่มีโครงตัวเรือนคลุมภายนอก ปัญหา ด้านการสะสมของสิ่งเจือปนที่ยังหลงเหลือมากับน้ำใน เครื่องจักรจะมีอยู่น้อย นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องจักรขนาดเล็ก สร้างได้สะดวก และ การติดตั้งทำได้ง่าย ตัวใบพัดทำด้วยไม้ ใผซึ่งเป็นวัสดุที่ทนทาน น้ำหนักเบา ความฝืดน้อย สามารถ ใช้งานได้ในช่วงเวลาที่ยาวนาน แต่อาจจะมีความแข็งแรงน้อย ทนต่อพลังน้ำที่ไหลมาจากที่สูงได้ไม่มากนัก ซึ่งในการ ออกแบบสร้างก็ได้พิจารณาปัญหาด้านนี้ และมีการป้องกันไว้ พอสมควร ซึ่งถ้าเป็นวัสดุที่เป็นโลหะเมื่อใช้ไปในระยะเวลา หนึ่งมักเกิดสนิม และ ผุกร่อน การหมุนของใบพัดมีความฝืด มากขึ้น นอกจากนี้ก็อาจนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ทำใบพัด เครื่องจักรกังหันน้ำได้

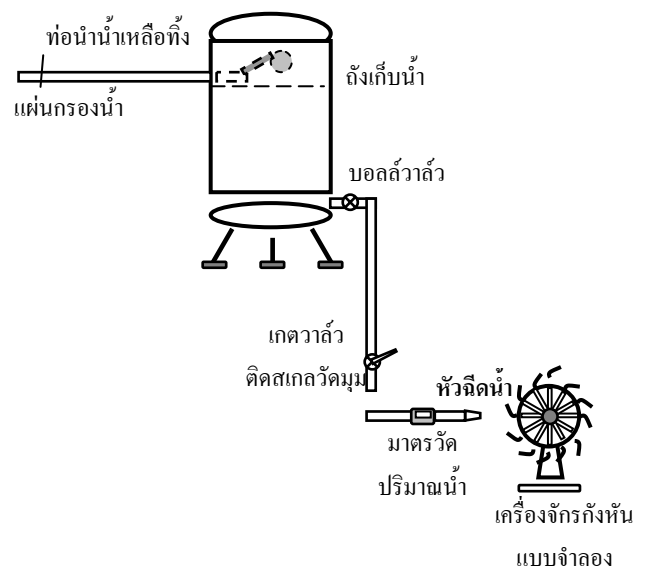
2. อุปกรณ์และขั้นตอนการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาวิจัยมีอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญ ดังนี้

- 1) ชุดเครื่องจักรกังหันน้ำแบบจำลอง

- 2) บอลล์วาล์ว (ball valve)
- 3) เกตวาล์ว (gate valve) พร้อมทั้งสเกลวัดมุมตำแหน่ง การปรับก้านวาล์ว
- 4) มาตรวัดปริมาณการไหลของน้ำและนาฬิกาจับเวลา
- 5) เครื่องมือวัดความเร็วรอบ
- 6) มวลถ่วงคงที่มีขนาด 0.8 kg
- 7) มวลถ่วง (น้ำหนักตวงใส่ถ้วย) และ เครื่องชั่ง
- 8) ล้อถ่วงต่อเข้ากับเพลากังหันสำหรับรับมวลถ่วง

โดยมีการจัดชุดทดสอบในการศึกษาวิจัยตามในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การจัดชุดทดสอบในการศึกษาวิจัย

และมีขั้นตอนการศึกษาวิจัย ดังนี้

- 1) ติดหัวฉีดขนาด 5 mm เข้าที่ปลายท่อ
- 2) เปิดบอลล์วาล์วให้น้ำไหลออกจากถังมาตามท่อ พร้อมกับเริ่มปรับเกตวาล์วตามตำแหน่งมุมของก้าน วาล์ว 0 ถึง 90°
- 3) คำนวณวิเคราะห์หาอัตราการไหลของน้ำ ขนาดของ หัวน้ำที่ออกจากหัวฉีดตามตำแหน่งมุมของก้านวาล์ว โดยเลือกพิจารณาเฉพาะตำแหน่งมุมของก้านวาล์วที่ ได้ขนาดของหัวน้ำออกจากหัวฉีดตั้งแต่ 50 % ของ ระดับความสูงของน้ำขึ้นไป

- 4) วัดความเร็วรอบของกังหัน เพื่อนำมาใช้ วิเคราะห์หา กำลังงานที่กังหันได้รับจากน้ำและประสิทธิภาพพลศาสตร์ของกังหันตามทฤษฎี
- 5) เริ่มตวงน้ำใส่ถ้วยที่นำมาถ่วงเพลากังหัน ซึ่งขนาดของมวลน้ำที่ทำให้กังหันหยุดหมุน เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์หาขนาดของแรงบิดรอบแกน กำลังงานที่กังหันส่งออกได้ และประสิทธิภาพเชิงกลของกังหัน
- 6) ทำซ้ำตามขั้นตอนข้อที่ 1 – 5 โดยการเปลี่ยนเป็น หัวฉีดขนาด 8 และ 10 mm

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยนี้ ได้แก่ กฎความคล้ายคลึงและตัวแปรไร้มิติของกังหัน กฎ และ สมการพื้นฐาน กังหันน้ำแบบล้อเพลตัน (Pelton Wheel Turbine) ซึ่งเป็นกังหันน้ำแบบที่สร้างขึ้นมาทดสอบในงานวิจัยนี้ และจะได้แสดงถึงสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์กำลังงานและประสิทธิภาพของกังหัน

3.1 กฎความคล้ายคลึงและตัวแปรไร้มิติของกังหัน

ตามกฎความคล้ายคลึงของเครื่องจักรกลของไหล ได้เส้นกราฟสำหรับเครื่องจักรที่มีการออกแบบมาต่างกันจำนวนมาก และจะใช้เส้นกราฟเหล่านี้สำหรับเลือกการออกแบบเครื่องจักรตามการใช้งานที่ต้องการ ซึ่ง ในการออกแบบจะมีอยู่เพียงจุดเดียวบนเส้นกราฟที่ให้ค่าประสิทธิภาพได้สูงสุด สำหรับในเรื่องของกังหัน จะพิจารณาหาความเร็วรอบ , กำลังงานส่งออก และ อัตราการไหล ภายใต้หัวพลังงาน 1 หน่วย ที่มีค่าประสิทธิภาพคงที่ ตัวอย่างเช่น เมื่อทดสอบกังหันภายใต้ค่าหัวพลังงาน H_1 และความเร็วรอบ N_1 ซึ่งจากกฎความคล้ายคลึงสำหรับกังหันที่อยู่ภายใต้ค่าหัวพลังงาน H_2 และมีความเร็วรอบ N_2 จะได้

$$\frac{H_1}{N_1^2} = \frac{H_2}{N_2^2} \quad \text{หรือ} \quad N_2 = N_1 \left(\frac{H_2}{H_1} \right)^{1/2}$$

ถ้า $H_2 = 1$ แล้วจะได้

$$N_2 = \frac{N_1}{H_1^{1/2}} = N_u \quad (1)$$

และในทำนองเดียวกันก็จะได้อัตราการไหลและกำลังงานสำหรับค่าหัวพลังงาน 1 หน่วย

$$Q_u = \frac{Q}{H^{1/2}} \quad (2)$$

$$\dot{W}_u = \frac{\dot{W}}{H^{3/2}} \quad (3)$$

จากค่าสัมประสิทธิ์ไร้มิติที่เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์หัวพลังงาน

$$\psi = \frac{gH}{N^2 D^2} \quad (4)$$

และ ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงาน

$$\bar{W} = \frac{\dot{W}}{\rho N^3 D^5} \quad (5)$$

$$\text{จะได้ } D = \frac{(gH/\psi)^{1/2}}{N} \quad \text{แทนลงในค่าสัมประสิทธิ์}$$

กำลังงาน

$$\bar{W} = \frac{\dot{W}}{\rho N^3 D^5} = \frac{\dot{W} N^5 \psi^{5/2}}{\rho N^3 (gH)^{5/2}} = \frac{\dot{W} N^2 \psi^{5/2}}{\rho (gH)^{5/2}}$$

$$\text{หรือ} \quad \left(\frac{\bar{W}}{\psi^{5/2}} \right)^{1/2} = \frac{N \dot{W}^{1/2}}{\rho^{1/2} (gH)^{5/4}} = \text{ค่าคงที่} \quad (6)$$

และจากการแทนค่ากำลังงาน, $\dot{W} = \rho g Q H$ ลงในสมการที่ (6) จะได้

$$\frac{NQ^{1/2}}{(gH)^{3/4}} = \frac{\phi_D^{1/2}}{\psi_D^{3/4}} = \text{ค่าคงที่} \quad (7)$$

ค่าคงที่ที่ได้นี้ เรียกว่า ค่าความเร็วจำเพาะไร้มิติ (Dimensionless specific speed) , N_s เป็นค่าตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบซึ่งบ่งบอกถึงชนิดของเครื่องจักรที่ควรจะใช้สำหรับค่าความเร็วรอบ (N) , หัวพลังงาน (H) และ อัตราการ

ไหล (Q) ที่เป็นอยู่ ซึ่งค่าทั้ง 3 นี้ รวมทั้งกำลังงาน ($\dot{w}$) จะต้องถูกนำมาใช้ในการออกแบบเพื่อเลือกแบบของกังหันได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะให้ค่าประสิทธิภาพการใช้งานได้สูง

3.2 กฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 2 ของนิวตัน

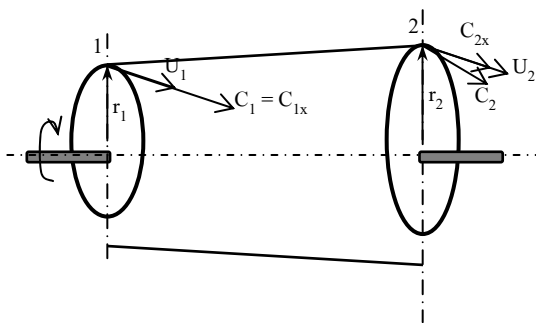
กฎนี้มีว่า ผลรวมของแรงกระทำจากของไหลทั้งหมดเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมของของไหลซึ่งเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$\sum F_x = \dot{m} (C_{2x} - C_{1x}) = \rho Q (C_{2x} - C_{1x}) \quad (8)$$

เครื่องจักรกังหันซึ่งมีใบพัดที่เคลื่อนที่แบบหมุนรอบแกนกลาง จะแสดงกำลังงานถ่ายเทระหว่างเครื่องจักร และของไหลได้ในรูปของ ผลคูณระหว่างแรงบิด (torque) กับความเร็วเชิงมุม (ในหน่วย rad/s)

ในรูปที่ 2 แสดงถึง การเคลื่อนที่ของอนุภาคของของไหลจากจุด 1 ที่ระยะรัศมี r_1 ไปยัง จุด 2 ที่ระยะรัศมี r_2 , C_{1x} และ C_{2x} คือ ค่า องค์ประกอบของความเร็วของของไหลในทิศทางตามแนวสัมผัสที่ทางเข้าและทางออก ตามลำดับ ก็จะได้ว่า ผลรวมของแรงบิดทั้งหมดที่กระทำกับระบบ คือ

$$\sum T = \dot{m} (r_2 C_{2x} - r_1 C_{1x}) \quad (9)$$



รูปที่ 2 การเคลื่อนที่ของของไหลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

เมื่อใบพัดมีความเร็วเชิงมุมในการหมุน ω จะได้กำลังงานถ่ายเท

$$= \sum (T \omega) = \dot{m} \omega (r_2 C_{2x} - r_1 C_{1x}) \quad (10)$$

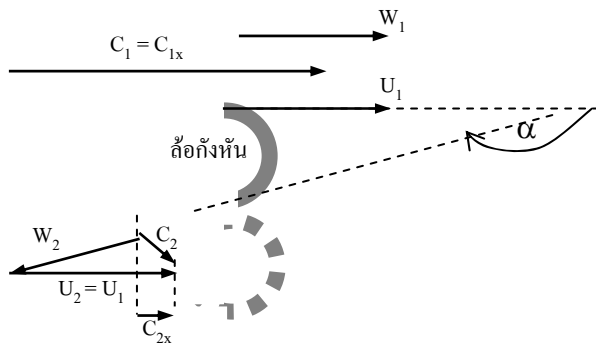
$$\dot{w} = \dot{m} (U_1 C_{1x} - U_2 C_{2x}) \quad (11)$$

และสมการนี้เรียกว่า สมการของออยเลอร์ (Euler's equation)

3.3 กังหันล้อเพลตัน

กังหันล้อเพลตัน เป็น กังหันน้ำแบบแรงดลที่อาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม ซึ่งเป็นกังหันที่เหมาะสมในการใช้งานกับค่าความเร็วจำเพาะไว้มีคิต่ำๆหรือค่าหัวน้ำสูงๆ โดยลำนํ้าจะพุ่งออกมาจากหัวฉีด แล้วกระทบบนกระป๋อวิดน้ำ(bucket) ที่มีลักษณะโค้ง หลายอันซึ่งติดอยู่กับที่ตามแนวเส้นรอบวงของล้อที่กำลังหมุน ทำให้ทิศทางการลำนํ้าเปลี่ยนเป็นมุมระหว่าง 160° และ 170° จากแนวทิศทางเดิมของลำนํ้าที่ไหลเข้ากระป๋อ ดังนั้นกระป๋อจะถูกลำนํ้าผลักดันและกระป๋ออันต่อไป ที่เคลื่อนที่เข้ามาตามการหมุนของล้อกังหัน ก็จะถูกแรงกระทำในลักษณะเดียวกันอย่างต่อเนื่อง

ในรูปที่ 3 เป็นสามเหลี่ยมความเร็ว สำหรับการไหลของน้ำเข้า และออกจากกระป๋ออันหนึ่ง โดยที่เวกเตอร์ความเร็วสัมผัสของน้ำเทียบกับกระป๋อที่ทางเข้า (W_1) ได้จากการลบเวกเตอร์ความเร็วกระป๋อ (U_1) ออกจากเวกเตอร์ความเร็วของลำนํ้าที่ไหลเข้า (C_1) และทิศทางของลำนํ้าจะเปลี่ยนไปเป็นมุม α ตามความโค้งของกระป๋อ เมื่อกระป๋อเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว U_1 ดังนั้นมุม α จึงเป็นทิศทางของความเร็วสัมผัสที่ทางออก (W_2) ถ้าวกเวกเตอร์ความเร็วกระป๋อที่ทางออก (U_2 ซึ่งให้เท่ากับ U_1) กับเวกเตอร์ความเร็วสัมผัสที่ทางออก (W_2) ก็จะได้ผลลัพธ์เป็นเวกเตอร์ความเร็วสมบูรณ์ของลำนํ้าที่ทางออก (C_2)



รูปที่ 3 สามเหลี่ยมความเร็วสำหรับล้อหรือกระพ้อของกังหันล้อเพลตัน

จากสมการของออยเลอร์ (11) เมื่อคิดเป็นพลังงานที่น้ำถ่ายเทให้แก่กังหันคิดต่อหน่วยน้ำหนักของน้ำหรือหัวพลังงานถ่ายเท

$$E = \frac{\dot{W}}{\dot{m}g} = \frac{U_1 C_{1x} - U_2 C_{2x}}{g} \quad (12)$$

จากกรณีเฉพาะสำหรับกังหันน้ำแบบนี้ที่ $U_2 = U_1 = U$, $C_{1x} = C_1$ และ เนื่องจากมีความเสียดทานระหว่างน้ำกับผิวของกระพ้อ ทำให้ความเร็วสัมผัสของน้ำที่ทางออกลดลงจากทางเข้า ($W_2 < W_1$) ดังนั้นสมการที่ (12) จะกลายเป็น

$$E = \frac{U(C_1 - U)(1 - k \cos \alpha)}{g} \quad (13)$$

โดยที่ k คือ อัตราส่วนความเร็วสัมผัส, $k = \frac{W_2}{W_1}$ และ k เป็นค่าที่น้อยกว่า 1.0 เสมอ เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3 จะได้

$$E = \frac{U[(U + W_1) + \{W_2 \cos(180^\circ - \alpha) - U\}]}{g} \quad (14)$$

และได้กำลังงานถ่ายเทที่กังหันได้รับจากน้ำ

$$\dot{W}_T = \rho g Q E \quad (15)$$

ค่าประสิทธิภาพของชลศาสตร์ (Hydraulic efficiency ; η_H) กำหนดดังนี้

$$\eta_H = \frac{\text{พลังงานที่น้ำถ่ายเทให้แก่กังหัน}}{\text{พลังงานที่มีอยู่ในน้ำ}} = \frac{E}{(C_1^2 / 2g)} \quad (16)$$

จากสมการที่(13) สามารถหาค่าความเร็วของกระพ้อ (U) ที่เหมาะสม คือ กระพ้อได้รับพลังงานจากน้ำหรือได้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยการหาอนุพันธ์ของสมการที่ (13) เทียบกับ U

$$\frac{dE}{dU} = \frac{(1 - k \cos \alpha)(C_1 - 2U)}{g} = 0$$

ซึ่งจะได้ว่าเมื่อ $C_1 = 2U$ ทำให้ได้ค่าหัวพลังงานถ่ายเท สูงที่สุด

$$U = \frac{C_1}{2} \quad (17)$$

เมื่อนำไปแทนค่าในสมการที่ (13) จะได้ ค่าหัวพลังงานสูงสุด

$$E_{\max} = \frac{C_1^2 (1 - k \cos \alpha)}{4g} \quad (18)$$

4. ผลการศึกษาวิจัย

จากขั้นตอนในการทดสอบ ได้ผลการทดสอบที่วัดได้และผลการคำนวณวิเคราะห์สำหรับน้ำที่มีระดับความสูงต่างๆจากกังหัน โดยได้ควบคุมตำแหน่งมุมในการปรับวาล์วที่ทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพการส่งน้ำ 50 % ขึ้นไป ดังนี้

ที่ระดับความสูงของน้ำ 4 m

เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาด 5 mm ได้มุมในการปรับวาล์ว 65 ถึง 90°

เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาด 8 mm ได้มุมในการปรับวาล์ว 70 ถึง 90°

เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาด 10 mm ได้มุมในการปรับวาล์ว 75 ถึง 90°

ที่ระดับความสูงของน้ำ 7 m

เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาด 5 mm ได้มุมในการปรับวาล์ว 65 ถึง 90°

เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาด 8 mm ได้มุมในการปรับวาล์ว 75 ถึง 90°

เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาด 10 mm ได้มุมในการปรับวาล์ว 75 ถึง 90°

ที่ระดับความสูงของน้ำ 10 m

เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาด 5 mm ได้มุมในการปรับวาล์ว 70 ถึง 90°

เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาด 8 mm ได้มุมในการปรับวาล์ว 75 ถึง 90°

เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาด 10 mm ได้มุมในการปรับวาล์ว 75 ถึง 90°

ที่ระดับความสูงของน้ำ 13 m

เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาด 5 mm ได้มุมในการปรับวาล์ว 70 ถึง 90°

เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาด 8 mm ได้มุมในการปรับวาล์ว 75 ถึง 90°

เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาด 10 mm ได้มุมในการปรับวาล์ว 75 ถึง 90°

4.1 ผลการทดสอบที่วัดได้

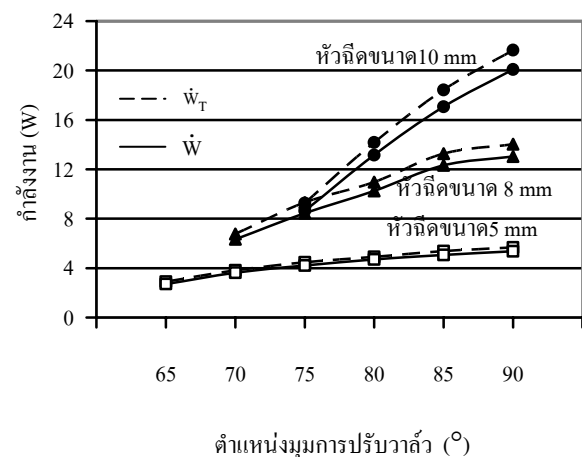
ได้แสดงตัวอย่างค่าอัตราการไหล (Q) ความเร็วรอบ (N) และแรงบิด (T) ที่วัดได้ ที่ระดับความสูงของน้ำ 4 m ตามตารางที่ 1

4.2 ผลการทดสอบที่วิเคราะห์ได้

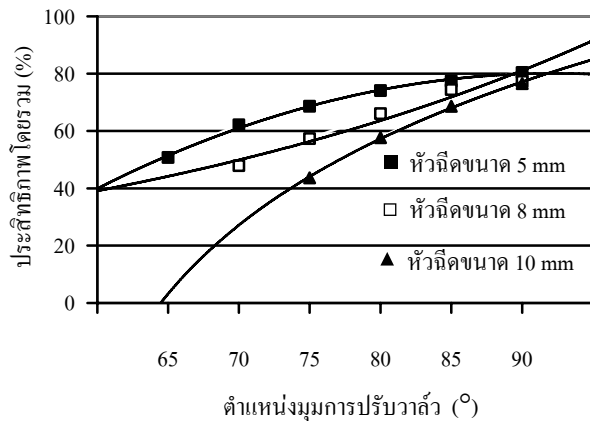
ได้แสดงตัวอย่างกำลังงานที่กังหันได้รับ กำลังงานที่กังหันส่งออก ที่วิเคราะห์ได้ตามตารางที่ 2 ที่ระดับความสูงของน้ำ 4 m ได้แสดงค่ากำลังงาน และประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันที่วิเคราะห์ได้ที่ระดับความสูงของน้ำ เป็นส้นกราฟ ตามในรูปที่ 4 ถึง 11

ตารางที่ 1 อัตราการไหล ความเร็วรอบ และ แรงบิดที่วัดได้ จากการทดสอบที่ระดับความสูงของน้ำ 4 m

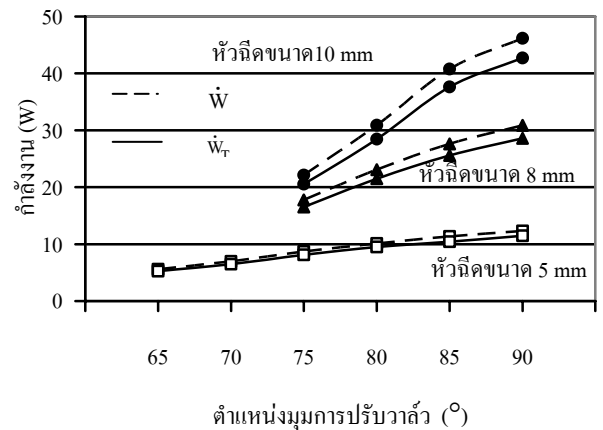
ขนาดหัวฉีด (mm)	มุมก้านวาล์ว (°)	Q (L/s)	N (rpm)	มวลน้ำที่ถ่วง (g)	T (N-m)
5	65	0.136	297	1022	0.087
	70	0.149	330	1068	0.105
	75	0.157	345	1098	0.117
	80	0.162	358	1120	0.126
	85	0.167	366	1137	0.132
	90	0.170	374	1149	0.137
8	70	0.337	291	1330	0.208
	75	0.375	324	1434	0.249
	80	0.396	342	1530	0.286
	85	0.422	366	1619	0.321
	90	0.430	370	1657	0.336
10	75	0.504	283	1543	0.292
	80	0.581	318	1806	0.395
	85	0.634	350	1987	0.466
	90	0.669	370	2121	0.518



รูปที่ 4 กำลังงานที่กังหันได้รับและส่งออกสำหรับน้ำจากระดับความสูง 4 m



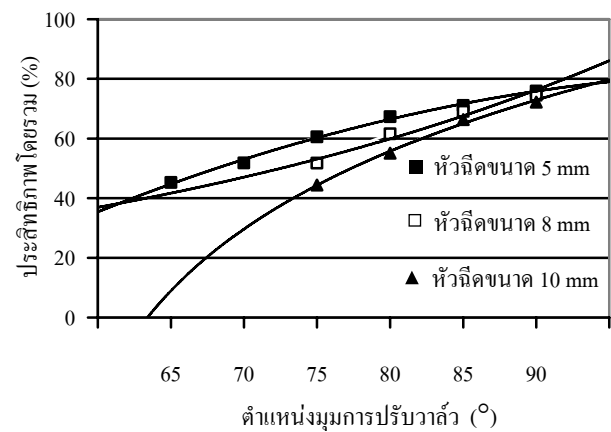
รูปที่ 5 ประสิทธิภาพโดยรวมที่ระดับความสูง 4 m



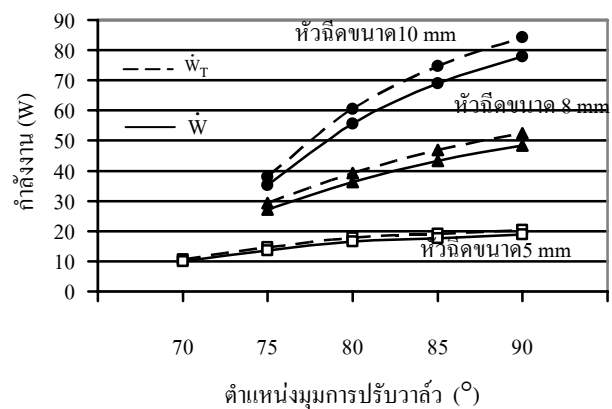
รูปที่ 6 กำลังงานที่กักเก็บได้รับและส่งออกสำหรับน้ำจากระดับความสูง 7 m

ตารางที่ 2 กำลังงานที่กักเก็บได้รับ กำลังงานที่กักเก็บส่งออกจากการทดสอบที่ระดับความสูงของน้ำ 4 m

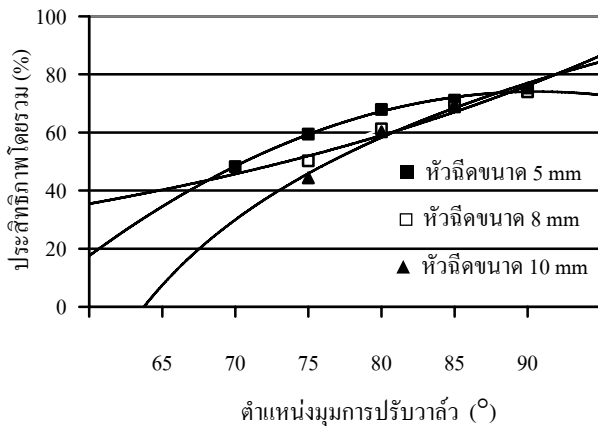
หัวฉีด (mm)	มุมก้าน วาล์ว (°)	กำลังงานที่กักเก็บได้รับ จากน้ำ (W)	กำลังงานที่กักเก็บส่งออก (W)
5	65	2.91	2.71
	70	3.83	3.63
	75	4.47	4.22
	80	4.92	4.71
	85	5.38	5.07
	90	5.68	5.36
8	70	6.76	6.34
	75	9.31	8.44
	80	10.96	10.26
	85	13.27	12.32
	90	14.03	13.03
10	75	9.27	8.64
	80	14.17	13.15
	85	18.43	17.07
	90	21.65	20.08



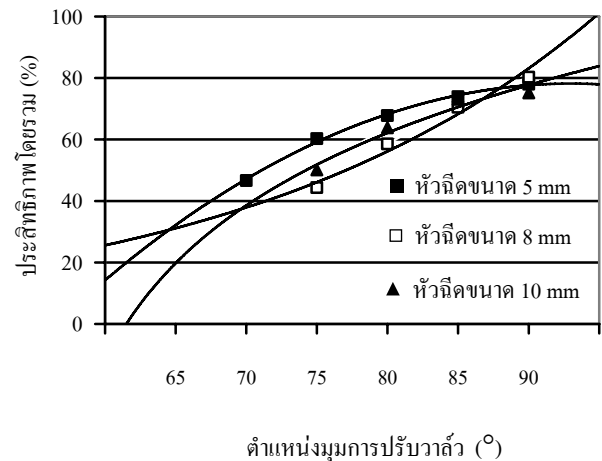
รูปที่ 7 ประสิทธิภาพโดยรวมที่ระดับความสูง 7 m



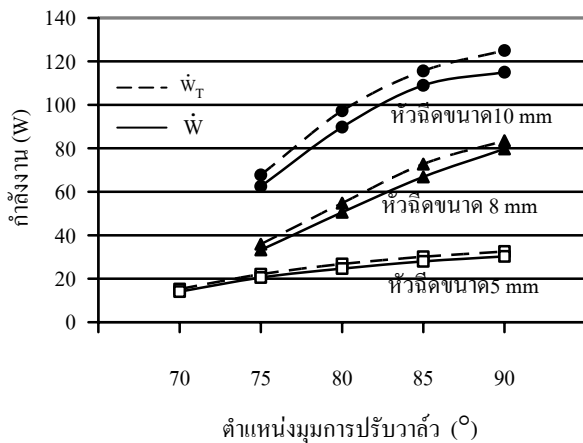
รูปที่ 8 กำลังงานที่กักเก็บได้รับและส่งออกสำหรับน้ำจากระดับความสูง 10 m



รูปที่ 9 ประสิทธิภาพโดยรวมที่ระดับความสูง 10 m



รูปที่ 11 ประสิทธิภาพโดยรวมที่ระดับความสูง 13 m



รูปที่ 10 กำลังงานที่กังหันได้รับและส่งออกสำหรับน้ำจากระดับความสูง 13 m

จากตัวอย่างตารางที่ 1 และ 2 สำหรับการทดสอบน้ำที่ระดับความสูง 4 m , ขนาดของหัวฉีด 5 mm ตำแหน่งมุมในการปรับวาล์ว 65°

จากตารางที่ 1 ได้อัตราการไหลของน้ำ , $Q = 0.136 \text{ L/s}$ ความเร็วรอบของกังหัน , $N = 297 \text{ rpm}$

มวลน้ำที่ถ่วงให้กังหันหยุดหมุน , $m = 1022 \text{ g} = 1.022 \text{ kg}$

ความเร็วของลำน้ำที่ไหลออกจากหัวฉีด

$$C_j = \frac{1.36 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{(\pi/4)(5 \times 10^{-3} \text{ m})^2} = 6.93 \text{ m/s}$$

หัวพลังงานของลำน้ำที่ไหลผ่านออกจากหัวฉีด

$$H = \frac{C_j^2}{2g} = \frac{(6.93 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2} = 2.45 \text{ m}$$

ความเร็วเชิงเส้นโดยเฉลี่ยของใบกังหัน

$$U = \frac{\pi D_m N}{60} = \frac{\pi \times 0.21 \text{ m} \times 297}{60} = 3.27 \text{ m/s}$$

อัตราส่วนของความเร็วของลำน้ำต่อความเร็วเชิงเส้นโดยเฉลี่ยของใบกังหัน

$$\frac{C_j}{U} = \frac{6.93}{3.27} = 2.12$$

ความเร็วของลำน้ำที่ไหลเข้าในทิศทางของความเร็วใบกังหัน

$$C_j = C_{ix} = 6.93 \text{ m/s}$$

เมื่อสมมุติว่า อัตราส่วนความเร็วสัมผัส $k = 0.8$

จากสมการที่ (13) หัวพลังงานที่กังหันได้รับจากน้ำ

$$E = \frac{U(C_j - U)(1 - k \cos \alpha)}{g} = \frac{3.27(6.93 - 3.27)(1 - 0.8 \cos 170^\circ)}{9.81} = 2.18 \text{ m}$$

จากสมการที่ (15) กำลังงานที่กังหันได้รับจากน้ำ ,

$$\begin{aligned}\dot{W}_T &= \rho g Q E \\ &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1.36 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 2.18 \text{ m} \\ &= 2.91 \text{ W}\end{aligned}$$

มวลถ่วงคงที่มีขนาด $m_s = 0.8 \text{ kg}$

ลวดถ่วงเพลากังหันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง , $D = 7.5 \text{ cm}$

และเชือกคล้องมวลถ่วงและถ้วยใส่น้ำถ่วงมีขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลาง , $d = 5 \text{ mm}$

ได้แรงบิดรอบแกนกังหัน

$$\begin{aligned}T &= \frac{(D+d)}{2} g (m - m_s) \\ &= \frac{(0.075 + 0.005)}{2} \times 9.81 \times (1.022 - 0.8) \\ &= 0.087 \text{ N-m}\end{aligned}$$

กำลังงานที่กังหันส่งออก

$$\begin{aligned}\dot{W} &= T \omega = \frac{2 \pi N T}{60} = \frac{2 \pi \times 297 \times 0.087}{60} \\ &= 2.71 \text{ W}\end{aligned}$$

กำลังงานของน้ำเริ่มต้น

$$\begin{aligned}\dot{W}_{\text{น้ำ}} &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1.36 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 4 \text{ m} \\ &= 5.34 \text{ W}\end{aligned}$$

ประสิทธิภาพโดยรวม ,

$$\eta_o = \frac{\dot{W}}{\dot{W}_{\text{น้ำ}}} \times 100 = \frac{2.71}{5.34} \times 100 = 50.78 \%$$

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียพลังงานทั้งหมด

$$100 - 50.78 = 49.22 \%$$

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการแสดง ผลการทดสอบที่วัดได้ สรุปได้ว่า

1) เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ตำแหน่งมุมในการปรับวาล์วจะต้องมากขึ้น (เปิดวาล์วมากขึ้น) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการส่งน้ำ 50 % ขึ้นไป

2) ที่ตำแหน่งมุมในการปรับวาล์วเท่ากัน จะได้อัตราการไหลของน้ำและแรงบิดรอบแกนกังหันสูงขึ้นเมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

3) ที่ตำแหน่งมุมในการปรับวาล์วเท่ากัน โดยส่วนใหญ่แล้วจะได้ความเร็วรอบของกังหันต่ำลง เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

4) เมื่อใช้หัวฉีดขนาดหนึ่ง ทั้งอัตราการไหล ความเร็วรอบ และแรงบิด จะเพิ่มสูงขึ้นตามตำแหน่งมุมในการปรับวาล์ว

จากกราฟแสดงค่ากำลังงาน และ ประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันที่วิเคราะห์ได้ สรุปได้ว่า

1) สำหรับหัวฉีดขนาดหนึ่ง และ ตำแหน่งมุมในการปรับวาล์วเท่ากัน กำลังงานที่ได้จะสูงขึ้นเมื่อระดับความสูงของน้ำเพิ่มขึ้น

2) ที่ความสูงของน้ำระดับหนึ่ง และหัวฉีดขนาดหนึ่ง กำลังงานที่ได้จะสูงขึ้นเมื่อตำแหน่งมุมในการปรับวาล์วมากขึ้น

3) ที่ความสูงของน้ำระดับหนึ่ง และตำแหน่งมุมในการปรับวาล์วเท่ากัน กำลังงานที่ได้จะสูงขึ้นเมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

4) ที่ความสูงของน้ำระดับหนึ่ง เมื่อตำแหน่งมุมในการปรับวาล์วมากขึ้น กำลังงานที่ได้จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราต่ำถ้าใช้หัวฉีดที่มีขนาดเล็ก แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราสูงถ้าใช้หัวฉีดที่มีขนาดใหญ่

จากผลการทดสอบ จะเห็นว่า กำลังงานที่ได้ค่อนข้างต่ำนำไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงานกลหรือพลังงานไฟฟ้าได้น้อย แต่ก็พอนำผลที่ได้นี้มาเป็นแบบจำลอง สำหรับเป็นแนวทางในการออกแบบกังหันน้ำที่ใช้งานจริง โดยการใช้กฎของความคล้ายคลึงได้ ซึ่งใช้ได้กับเครื่องจักรกังหันน้ำที่มีขนาดแตกต่างกัน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยและวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่อนุญาตให้ใช้สถานที่ในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- 1 พินทร เจริญเสาวภาคย์ และสุรัชย์ เพียรเจริญศักดิ์. เครื่องกังหัน พลังน้ำสำหรับระดับน้ำต่ำ. ปรินญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2524.
- 2 สิทธิพร ใหญ่ชนาษ. เครื่องจักรกลของไหล, ศูนย์ผลิตตำรา เรียงสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547.
- 3 Saylor, A.T. Hydraulic & Compressible Flow Turbomachines, McGraw –Hill (UK) Company Ltd. , 1990.
- 4 Turton ,R.K. Principle of Turbomachinery, 2 nd ed. , Chapman & Hall , London , 1995.

รายการสัญลักษณ์

C_1	ความเร็วสัมบูรณ์ของน้ำที่ไหลเข้าใบพัด, m/s	r_2	ขนาดรัศมีของใบพัดที่ทางออก, m
C_2	ความเร็วสัมบูรณ์ของน้ำที่ไหลออกจากใบพัด, m/s	T	แรงบิด, N-m
C_{1x}	องค์ประกอบความเร็วสัมบูรณ์ของน้ำที่ไหลเข้าใบพัดในทิศทางความเร็วของใบพัด, m/s	U_1	ความเร็วเชิงเส้นของใบพัดที่ทางเข้า, m/s
C_{2x}	องค์ประกอบความเร็วสัมบูรณ์ของน้ำที่ไหลออกจากใบพัดในทิศทางความเร็วของใบพัด, m/s	U_2	ความเร็วเชิงเส้นของใบพัดที่ทางออก, m/s
C_v	ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วของหัวฉีด	W_1	ความเร็วสัมพัทธ์ของน้ำที่ไหลเข้าใบพัดเทียบกับใบพัด, m/s
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง, m	W_2	ความเร็วสัมพัทธ์ของน้ำที่ไหลออกเทียบกับใบพัด, m/s
E	หัวพลังงานถ่ายเท, m	$\dot{W}$	กำลังงานที่กังหันส่งออก, W
F_x	แรงกระทำในทิศทางความเร็วของใบพัด, N	$\dot{W}_T$	กำลังงานที่กังหันได้รับจากน้ำ, W
h_T	หัวพลังงานที่กังหันได้รับจากน้ำ, m	$\bar{W}$	ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงาน
H	หัวพลังงาน, m	α	ทิศทางของความเร็วสัมพัทธ์ที่ทางออก, องศา
k	อัตราส่วนความเร็วสัมพัทธ์	η_H	ประสิทธิภาพพลศาสตร์, %
$\dot{m}$	อัตราการไหลเชิงมวล, kg/s	η_N	ประสิทธิภาพของหัวฉีด, %
N	ความเร็วรอบของใบพัด, rpm	ρ	ความหนาแน่นของน้ำ, kg/m ³
N_s	ความเร็วจำเพาะไร้มิติ, rad	ω	ความเร็วเชิงมุมของใบพัด, rad/s
Q	อัตราการไหลเชิงปริมาตร, m ³ /s	ψ	ค่าสัมประสิทธิ์หัวพลังงาน
r_1	ขนาดรัศมีของใบพัดที่ทางเข้า, m		