



สมรรถนะของระบบกาลักน้ำในการเหนี่ยวนำกระแสอากาศ

Performance of Water Siphon System in Inducing Air Stream

พงศ์กฤษณ์ วงศ์สุวรรณ และ ณัฐ วรยศ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

พลังงานศักย์จากการไหลของแม่น้ำและฝายน้ำต่ำจำนวนมาก (ความสูงหัวน้ำต่ำกว่า 10 m) สูญเสียไปกับการไหล โดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ การใช้กังหันน้ำเสลดต่ำเพื่อเปลี่ยนพลังงานข้างต้นยังมีราคาแพง และไม่คุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ การใช้เทคนิคกาลักน้ำเหนี่ยวนำอากาศเป็นแนวคิดในการประดิษฐ์เครื่องกลที่เปลี่ยนรูปพลังงานศักย์ของน้ำมาเป็นพลังงานจลน์ของอากาศ โดยใช้ท่อลมตรงด้านบนทางขาออกของท่อกาลักน้ำ เมื่อกาลักน้ำทำงานความเร็วของน้ำที่ไหลตามท่อกาลักน้ำทำให้เกิดแรงเฉือนขึ้นตรงผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ ซึ่งสามารถเหนี่ยวนำอากาศได้ งานวิจัยนี้ต้องการหาสมรรถนะของกาลักน้ำ โดยพิจารณาตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการไหลของอากาศที่ถูกเหนี่ยวนำเข้าไปในท่อกาลักน้ำ ได้แก่ ขนาดของท่อลม และความลึกของท่อลม เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์อัตราการไหลของอากาศกับสัดส่วนท่อชุดทดลองระบบกาลักน้ำได้ถูกสร้างและถูกทดสอบที่ความสูงหัวน้ำประมาณ 1.2 m โดยใช้ท่อกาลักน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 43 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมมี 5 ขนาดอยู่ในช่วง 10–30 mm และความลึกของท่อลมที่จะสอดลงไปมี 5 ระยะอยู่ในช่วง 10–30 cm จากผลการทดลองพบว่า ที่ระดับความลึกของท่อลมเดียวกัน อัตราการไหลของอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมเพิ่มขึ้น ส่วนที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมเดียวกัน อัตราการไหลของอากาศจะมีค่ามากขึ้นและลดลงแบบพาราโบลาคว่ำตามความลึกของท่อลม และกำลังที่ได้ออกมาจากระบบมากที่สุดนั้น ประสิทธิภาพของระบบกาลักน้ำควรอยู่ในช่วง 55–65 %

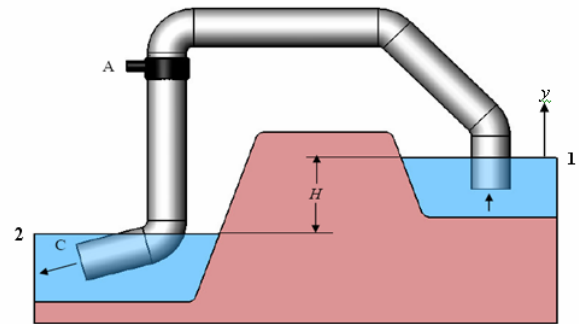
Abstract

Potential energy from low-head weir or small river (with head less than 10 m) is untapped resource in which low-head turbines available in the market are still expensive and the project cost is still uneconomical. The technic of inducing air stream using water siphon, as possible alternative, aims at utilizing the conversion of potential energy from hydrodynamic head into kinetic energy of air via shear layer interaction between water and air. In this investigation, air inlet tube is inserted into the top of water siphon. During water flow, shear interaction induces air into the inserted tube. This work focuses on the determination of water-air interaction's performance. Studies parameters includes air tube diameter and the depth of insertion. The relation between induced air rate and tube aspect ratio is founded by experiment set-up. Water head is kept about at 1.2 m. and the siphon diameter is at 43 mm. Air-tube diameter is varied between 10–30 mm. while the depth of insertion is 10–30 cm. The results reveal that, at every insertion depths, induced air flow rate increases when the siphon diameter is larger. The maximum value of air flow rate is found along each insertion depth. The efficiency of the system is monitored to be 55–60 % at the highest value of buoyancy head.

1. บทนำ

พลังงานศักย์ที่เกิดจากการไหลของน้ำตามแม่น้ำที่มีฝายกั้นหรือน้ำตกที่มีความสูงหัวน้ำต่ำจำนวนมาก ไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ จากการค้นคว้า พบว่ามีผู้วิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาการใช้ประโยชน์จากพลังงานที่มีความสูงหัวน้ำต่ำนี้โดยผ่านกังหันน้ำเสลดต่ำ [1-6] ซึ่งสามารถนำมาใช้ผลิตไฟฟ้า และได้ออกผลออกมาในเชิงการค้าแล้ว แต่ราคากังหันเหล่านี้รวมถึงการติดตั้งยังแพง และไม่คุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

French และ Widden [7] ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ความดันน้ำเปลี่ยนเป็นความดันอากาศโดยใช้เทคนิคของกาลักน้ำ พบว่าระบบกาลักน้ำเดี่ยว (Single-Stage) เหมาะที่จะระดับความสูงหัวน้ำไม่เกิน 1.7 m ถ้าความสูงหัวน้ำมากกว่านี้ควรใช้ระบบกาลักน้ำ 2 ตอนหรือหลายตอน ต่อมา Widden และ คณะ [8] ก็ศึกษาใช้ระบบกาลักน้ำโดยสร้างชุดทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยใช้ท่ออะลูมิเนียมขนาด 150 mm และสร้างต้นแบบระบบเล็กใช้ในแม่น้ำที่มีฝายกั้นโดยใช้ท่อเหล็กขนาด 250 mm ซึ่งประกอบเข้ากับส่วนท่อลม (Aerator) ซึ่งเป็นท่อขนาดเล็กใส่ที่ทางลงด้านระดับน้ำที่ต่ำ พบว่าประสิทธิภาพระบบกาลักน้ำน้อยกว่าระบบที่ใช้กังหันน้ำ แต่ราคาต้นทุนของระบบกาลักน้ำถูกกว่ากังหันน้ำ งานวิจัยนี้ใคร่ขอเสนอความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเทคนิคของกาลักน้ำ (Siphon) ดังรูปที่ 1 ซึ่งการทำงานของกาลักน้ำก็คือว่า เมื่อมีน้ำอยู่เต็มท่อกาลักน้ำก็จะเกิดกระบวนการถ่ายเทน้ำจากที่สูงไปยังระดับน้ำที่ต่ำโดยอาศัยหลักการของแรงดันน้ำมาช่วย เมื่อน้ำท่อลมมาใส่ตรงตำแหน่ง A นั้น ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านตามท่อกาลักน้ำ ทำให้เกิดแรงดันขึ้นตรงผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ แรงดันที่เกิดขึ้นนี้จะสามารถหนีความดันบรรยากาศเข้าไปผสมกับน้ำแล้วไหลลงสู่ด้านล่าง หากนำไปประยุกต์ใช้กับกังหันขนาดเล็กก็สามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ซึ่งระบบนี้สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ห่างไกลได้ และทำลายสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติน้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้ระบบกังหันน้ำ



รูปที่ 1 ระบบกาลักน้ำ [8]

2. หลักการของกาลักน้ำพื้นฐาน

กาลักน้ำเป็นกระบวนการถ่ายเทของเหลว จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยอาศัยหลักการของแรงดันน้ำมาช่วย ในการทำกาลักน้ำจะต้องมีหลอด หรือท่อสำหรับการถ่ายเทของเหลวนั้นๆ โดยที่ของเหลวที่จะถ่ายออก จะต้องมีความสูงมากกว่าระดับของเหลวในภาชนะที่รองรับ ดังรูปที่ 1 ที่สมมติว่าไม่มีท่อลมตรงตำแหน่ง A เราจะสามารถเบอร์นูลิอิมิเคอเรส โดยมีเงื่อนไขที่ว่า การไหลเป็นแบบไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (Steady flow) เป็นการไหลแบบไม่ยุบตัวตามความดัน (Incompressible flow) และของไหลไม่มีการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน (Frictionless flow) เพื่อบรรณาการไหลของจากจุด 1 ไปยังจุด 2 จะได้ว่า

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} + gy_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + gy_2 \quad (1)$$

ถ้าถึงเก็บน้ำมีขนาดใหญ่มากเมื่อเทียบกับท่อ ดังนั้นความเร็วทางเข้าของน้ำ ($u_1 \approx 0$) และความดันที่ตำแหน่ง 1 และ 2 เท่ากับความดันบรรยากาศ ($p_1 = p_2 = p_{atm}$) ดังนั้นความเร็วของน้ำที่ทางออก จะได้

$$u_2 = \sqrt{2g(y_1 - y_2)} \quad \text{หรือ} \quad u_2 = \sqrt{2gH} \quad (2)$$

แต่ในความเป็นจริงของไหลมีการสูญเสียของหัวน้ำรวม (H_{I_T}) จะหมายรวมถึงความสูญเสียหลัก (Major losses, H_l) ซึ่งความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานของของไหลในท่อที่มีภาคตัดคงที่ ในช่วงที่รูปร่างความเร็วไม่เปลี่ยนแปลงรวมกับความสูญเสียเล็กน้อย (Minor losses, H_{l_m}) เนื่องจากการไหลในช่วงทางเข้าผ่านข้อต่อ ข้ออ วาล์ว หรือการไหลในช่วงพื้นที่ภาคตัดเปลี่ยนแปลง ซึ่งในที่นี่จะทำให้ความเร็วทางออกลดลง สามารถเขียนสมการใหม่ในเทอมของความสูงหัวน้ำจับ (H) ได้

$$H = H_{I_T} + \frac{u^2}{2g} \quad (3)$$

3. ระบบกลักน้ำร่วมกับท่อลม

ระบบนี้ท่อกลักน้ำจะถูกเจาะแล้วนำท่อมาใส่ที่ตำแหน่ง A ดังรูปที่ 1 เพื่อให้อากาศผสมกับน้ำ ดังนั้นความหนาแน่นเฉลี่ยที่จุดนี้มีค่าน้อยกว่าความหนาแน่นน้ำ การไหลที่เกิดจากความสูงหัวน้ำนี้จะลดลง เนื่องจากความหนาแน่นเฉลี่ยนี้ เราจะเรียกการลดลงของความสูงหัวน้ำจับที่มีผลจากการอัดอากาศเข้ามาว่า Buoyancy Head (B) จากสมการ 3 สามารถดัดแปลงโดยรวมผลกระทบของการสูญเสียหัวน้ำจับของท่อลม [7] จะได้

$$(H - B) = f \frac{L}{D} \left(\frac{u^2}{2g} \right) + k \left(\frac{u^2}{2g} \right) + \frac{u^2}{2g} \quad (4)$$

ในเทอมของ $f(Lu^2 / 2gD)$ เป็นส่วนของการสูญเสียหลักเนื่องจากการเสียดทาน และในเทอมของ $k(u^2 / 2g)$ การสูญเสียที่ทางออกโดย f คือ แฟกเตอร์ความเสียดทาน k คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสีย และ u คือ ความเร็วของน้ำ ซึ่งทำให้ในเทอมนี้เป็นค่าคงที่ของระบบกลักน้ำ สำหรับการสูญเสียของหัวน้ำเนื่องความเสียดทานเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ u^2 ดังนั้นสามารถนำมารวมกับเทอมอื่น

ทางด้านขวามือได้ ซึ่งจะอยู่ในรูปการสูญเสียแบบอื่นและสูญเสียที่ทางออก จะได้สมการดังนี้

$$H = B + \left(1 + f \frac{L}{D} + k \right) \frac{u^2}{2g} \quad (5)$$

จากสมการ 5 เพื่อความสะดวกเราจะเขียนใหม่ได้

$$H = B + K \frac{u^2}{2g} \quad (6)$$

โดย K คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสียรวม สำหรับการวิเคราะห์ระบบแบบนี้ French และ Widdon [7] ได้แสดงการหา Buoyancy Head ดังนี้

$$B = x_A \left(\frac{1}{r} \ln r \right) \frac{p_C}{\rho g} \quad (7)$$

โดย x_A คือ อัตราส่วนของปริมาตรของอากาศต่อน้ำ p_C คือ ความดันสัมบูรณ์ที่ทางออกของกลักน้ำ r คือ อัตราส่วนของความดัน p_C/p_A ซึ่ง p_A คือ ความดันสัมบูรณ์ที่ท่อลม ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ และ g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง กำลังที่เข้าไปในระบบ (P_{in}) นั้นสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$P_{in} = \rho g H u A \quad (8)$$

กำลังที่ออกจากระบบ (P_{out}) นั้นสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$P_{out} = \rho g \left(H - K \frac{u^2}{2g} \right) u A (1 - s) \quad (9)$$

$$P_{out} = \rho g B u A (1 - s)$$

โดย A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อกลักน้ำ และ s คือ อัตราส่วนของการเลื่อน (Slip Ratio) ซึ่งค่าอัตราส่วนของการเลื่อนสามารถหาได้ ดังนี้

$$s = \frac{1}{\left(\frac{gH}{Ku^2} + 0.5 \right)} \quad (10)$$

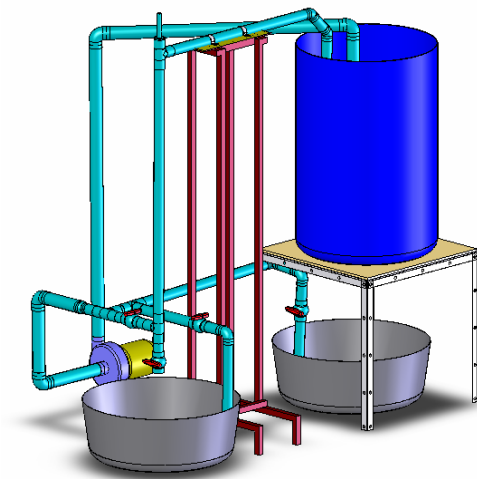
ประสิทธิภาพระบบกลักน้ำประกอบรวมกับท่อลม (η) นั้นสามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

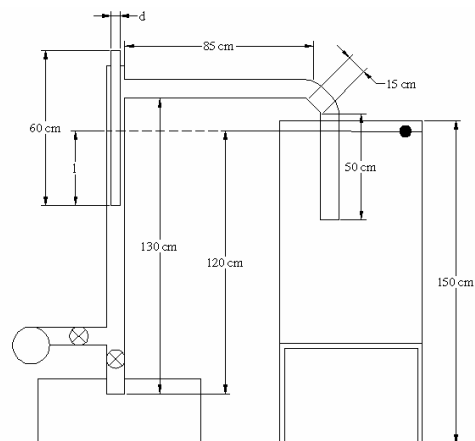
$$\eta = (1 - s) \left(1 - Ku^2 / 2gH \right) \times 100 \quad (11)$$

4. ชุดทดลอง

ผู้วิจัยเลือกวัสดุในการประกอบเป็นชุดทดลอง โดยใช้ถังเก็บน้ำด้านบนจะใช้ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร 1 ถัง ซึ่งถังเก็บน้ำวางไว้บนฐานโครงเหล็กที่มีขนาดความกว้าง 65 cm ความยาว 65 cm ความสูง 60 cm และมีลูกลอยติดตั้งเพื่อรักษาให้ความสูงหัวน้ำเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ส่วนถังเก็บน้ำด้านล่างจะใช้กะละมังพลาสติกขนาด 30 ลิตร 2 ถัง เพื่อรองรับน้ำจากถังด้านบน ท่อกลักน้ำสร้างจากท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว จุ่มอยู่ทั้ง 2 ด้านของถังน้ำโดยท่อกลักน้ำจะอยู่ห่างจากพื้นประมาณ 1.6 m ซึ่งมีความสูงหัวน้ำประมาณ 1.2 m ต่อเข้ากับปั้มน้ำช่วยดูดน้ำและมีวาล์ว เปิด-ปิด 4 ตัวอยู่ด้านล่าง ดังรูปที่ 2 และขนาดความยาวของโครงสร้างท่อกลักน้ำ ดังรูปที่ 3 ผู้วิจัยจะทำการปรับเปลี่ยนท่อลม โดยใช้ท่อพีวีซี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) 5 ขนาดคือ 0.25 - 1 นิ้ว และความลึกของท่อลม (l) ที่จะสอดลงไปในท่อกลักน้ำมี 5 ระยะ คือ 10 - 30 cm โดยจะเพิ่มค่าของระยะความลึกที่สอดลงไปทีละ 5 cm



รูปที่ 2 ชุดทดลองระบบกลักน้ำ

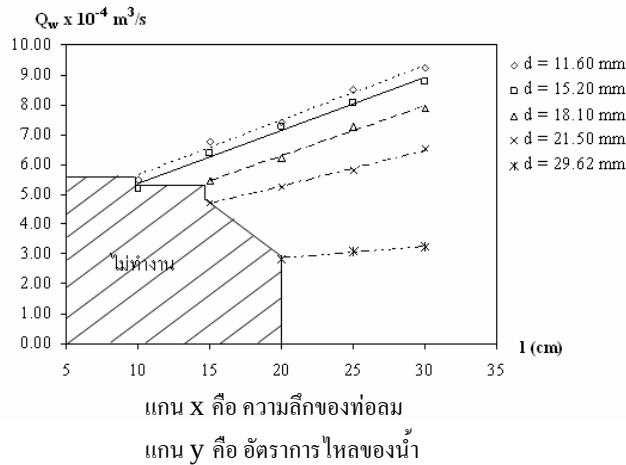


รูปที่ 3 ขนาดความยาวของโครงสร้างท่อกลักน้ำ

5. ผลการวิจัย

5.1 อัตราการไหลของน้ำในระบบกลักน้ำ

อัตราการไหลของน้ำในระบบกลักน้ำที่ใส่ท่อเหนี่ยวนำอากาศเข้าไปนั้นจะขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางและความลึกของท่อลมที่สอดลงไปต่ำกว่าระดับหัวน้ำ เมื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำกับความลึกของท่อลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ แล้วจะได้กราฟ ดังรูปที่ 4



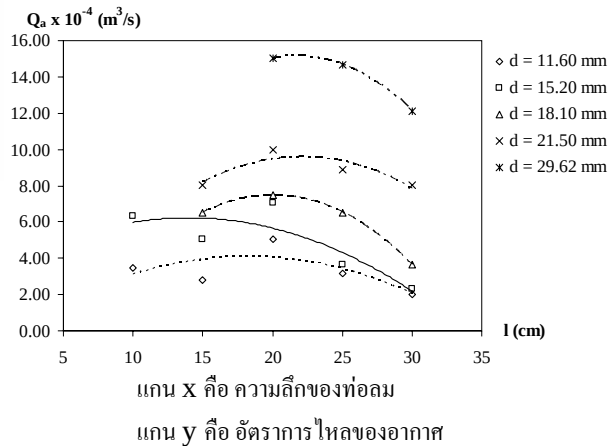
รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลของน้ำกับความลึกของท่อลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ

จากรูปที่ 4 พบว่าที่ระดับความลึกที่สอดคล้องเข้าไปในท่อ กาลักน้ำเดียวกันนั้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อลม 11.60 mm มีอัตราการไหลของน้ำมากที่สุด แต่อัตราการไหลของน้ำจะลดน้อยลงเรื่อยๆ เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมใหญ่ขึ้น ตามลำดับ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมเดียวกันนั้น พบว่าอัตราการไหลของน้ำมีแนวโน้มของกราฟเพิ่มขึ้นเป็นแบบเส้นตรงตามระยะความลึกที่สอดคล้องไป ซึ่งท่อลมแต่ละขนาดที่จะสอดคล้องไปนั้น มีผลต่อการทำงานของระบบกาลักน้ำ โดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม 11.60 mm และ 15.20 mm ระบบกาลักน้ำจะสามารถทำงานต่อเนื่องได้ต้องสอดคล้องไปต่ำกว่าระดับหัวน้ำที่ระยะ 10 cm ขึ้นไป ถ้าเราสอดคล้องน้อยกว่านี้ระบบจะไม่ทำงาน สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม 18.10 mm และ 21.50 mm ระบบกาลักน้ำจะทำงานต่อเนื่องต้องสอดคล้องไปต่ำกว่าระดับหัวน้ำที่ระยะ 15 cm ขึ้นไป ส่วนท่อท่อลม 29.62 mm ระบบกาลักน้ำจะทำงานต่อเนื่องต้องสอดคล้องไปต่ำกว่าระดับหัวน้ำที่ระยะ 20 cm ขึ้นไป

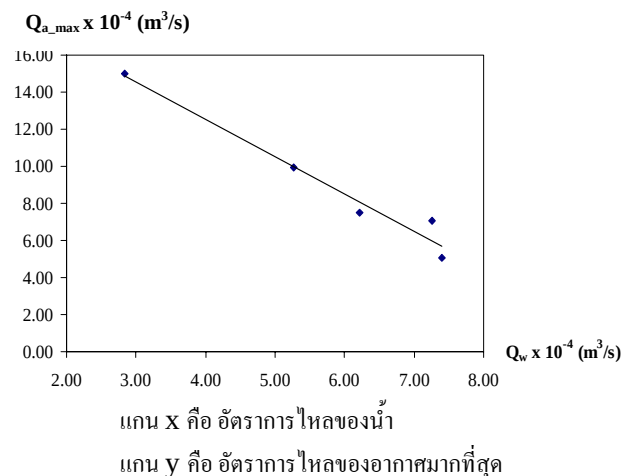
5.2 อัตราการไหลของอากาศในระบบกาลักน้ำ

อัตราการไหลของอากาศที่ถูกเหนี่ยวนำเข้าไปในท่อ กาลักน้ำนั้นจะขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางและความลึก

ของท่อลมที่สอดคล้องไปที่ต่ำกว่าระดับหัวน้ำ เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับความลึกของท่อลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ แล้วจะได้กราฟ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลของอากาศกับความลึกของท่อลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ



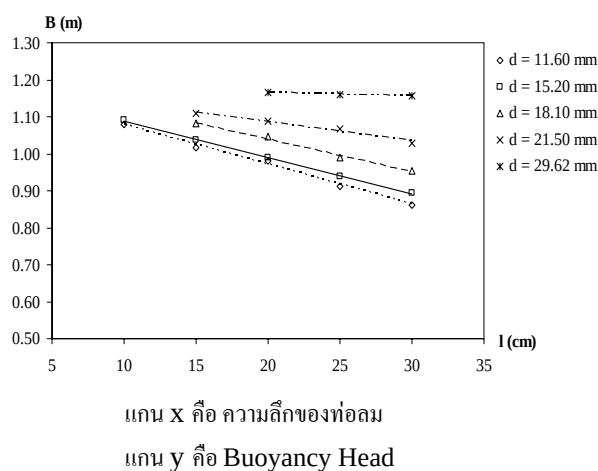
รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลของอากาศมากที่สุดกับอัตราการไหลของน้ำ ที่ระดับความลึก 20 cm

จากรูปที่ 5 พบว่าที่ระดับความลึกที่สอดคล้องเข้าไปในท่อ กาลักน้ำเดียวกันนั้น ยกตัวอย่างที่ระดับความลึกท่อลม 20 cm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อลม 11.60 mm มีอัตราการไหลของอากาศน้อยที่สุดแต่ความเร็วของอากาศ

จะมากที่สุด และจะเพิ่มสูงขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม โดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อลม 29.62 mm มีอัตราการไหลของอากาศมากที่สุดแต่ความเร็วของอากาศจะน้อยที่สุด สำหรับที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเดียวกันนั้น พบว่าอัตราการไหลของอากาศมีแนวโน้มของกราฟเป็นแบบเส้นโค้งคว่ำลง เมื่อนำค่าอัตราการไหลของอากาศที่มากที่สุดมาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำแล้วจะได้ความสัมพันธ์กราฟ ดังรูปที่ 6 ซึ่งพบว่าอัตราการไหลของอากาศมีแนวโน้มลดลงเป็นแบบเส้นตรงตามอัตราการไหลของน้ำ

5.3 Buoyancy Head

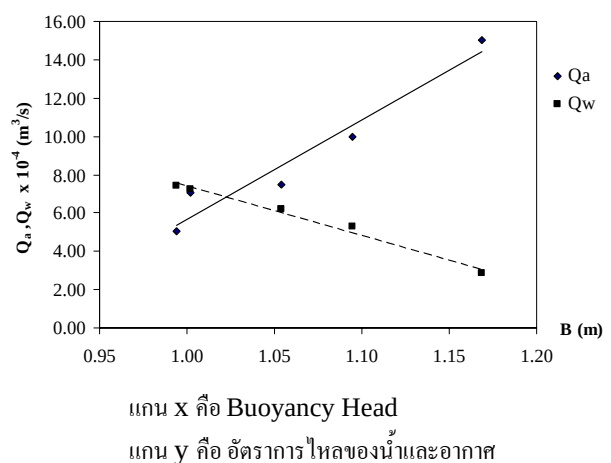
Buoyancy Head จะขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางและความลึกของท่อลมที่สอดลงไปต่ำกว่าระดับหัวน้ำ เมื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่าง Buoyancy Head กับความลึกของท่อลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ แล้วจะได้กราฟ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ Buoyancy Head ของท่อลมกับความลึกของท่อลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ

จากรูปที่ 7 พบว่าระดับความลึกท่อลมเดียวกันนั้น Buoyancy Head ของท่อลมมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมเดียวกันนั้น Buoyancy Head ของท่อลมมีค่าลดลง

ตามระยะความลึกของท่อลมที่สอดลงไปและ Buoyancy Head ของท่อลมจะเปลี่ยนแปลงน้อยมากที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม 29.62 mm และ Buoyancy Head มีผลต่อระบบกาลักน้ำที่เหนียวน้ำกระแสน้ำเข้ามา โดยถ้าค่า Buoyancy Head มากจะสามารถเหนียวน้ำเอากระแสน้ำเข้ามาในระบบได้มาก นั่นก็คืออัตราการไหลของอากาศมากนั่นเอง แต่จะทำให้อัตราการไหลของน้ำที่ออกมานั้นมีค่าน้อย ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนขึ้น ดังรูปที่ 8 พบว่าอัตราการไหลของอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรงตาม Buoyancy Head ส่วนอัตราการไหลของน้ำมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นตรง



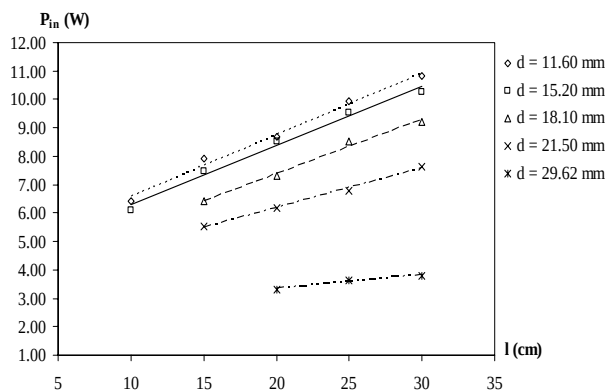
รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลของอากาศและน้ำกับ Buoyancy Head ของท่อลมที่ระดับความลึก 20 cm

5.4 กำลังและประสิทธิภาพระบบกาลักน้ำ

5.4.1 กำลังที่เข้าไปในระบบกาลักน้ำ

กำลังที่เข้าไปในระบบกาลักน้ำเกิดจากการคำนวณกำลังของน้ำทั่วไปสามารถคำนวณได้จากสมการ 8 เมื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่เข้าไปกับความลึกของท่อลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ แล้วจะได้กราฟ ดังรูปที่ 9 พบว่าที่ระดับความลึกท่อลมเดียวกันนั้น กำลังที่เข้าไปในระบบกาลักน้ำมีค่าลดลงตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม และ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมเดียวกันนั้น กำลังที่เข้าไปในระบบมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะความลึกของท่อลมที่สอดคล้องไป และกำลังที่เข้าไปในระบบกัลกน้ำจะเปลี่ยนแปลงน้อยมากที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม 29.62 mm ซึ่งผลที่ได้นั้นเกิดเนื่องมาจากอัตราการไหลของน้ำนั่นเอง โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมขนาดเล็ก และความลึกท่อลมที่สอดคล้องไปมากมาก จะทำให้อัตราการไหลของน้ำมากจะส่งผลให้ได้กำลังที่เข้าไปมากด้วยนั่นเอง



แกน x คือ ความลึกของท่อลม

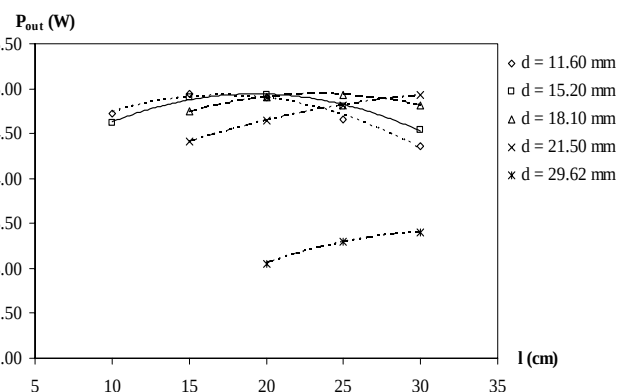
แกน y คือ กำลังที่เข้าไปในระบบกัลกน้ำ

รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์กำลังที่เข้าไปของระบบกัลกน้ำกับความลึกของท่อลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ

5.4.2 กำลังที่ออกมาจากระบบกัลกน้ำ

กำลังที่ออกมาจากระบบกัลกน้ำเกิดเนื่องจากผลของค่า Buoyancy Head อัตราส่วนการเลื่อน และ อัตราการไหลของน้ำที่เกิดขึ้นแต่ละขนาดท่อลมและความลึกท่อลมต่างๆ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ 9 – 10 เมื่อนำออกมาด้วยความลึกของท่อลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ แล้วจะได้กราฟดังรูปที่ 10 ซึ่งพบว่าที่ระดับความลึกท่อลมเดียวกันนั้น กำลังที่ออกมาจากระบบกัลกน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างกันไม่มากนักที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม 11.60, 15.20, 18.10 และ 21.50 mm ยกเว้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม 29.62 mm ซึ่งค่ากำลังที่ออกมาจากระบบจะแตกต่างมากกว่าขนาด

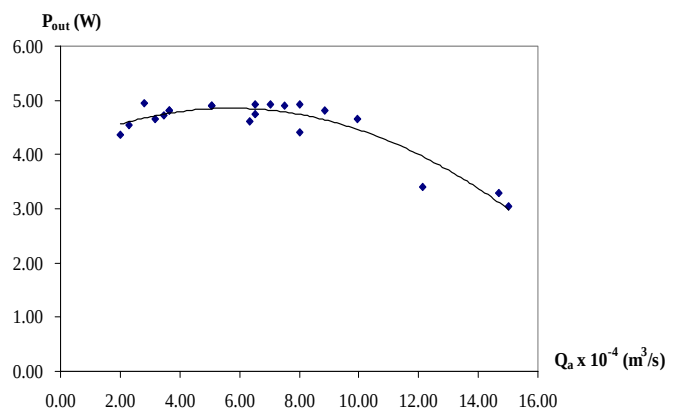
เส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมเดียวกันนั้น กำลังที่ออกมาจากระบบกัลกน้ำมีค่าใกล้เคียงกันโดยความสัมพันธ์ของกราฟเป็นแบบเส้นโค้งคว่ำลง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการพล็อตกราฟระหว่างกำลังที่ออกมาจากระบบกัลกน้ำกับอัตราการไหลของอากาศพบว่าความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นโค้งคว่ำลง ดังรูปที่ 11 โดยที่อัตราการไหลของอากาศ $5.69 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ จะทำให้ได้กำลังที่ออกมาจากระบบมากที่สุด คือ 4.85 W



แกน x คือ ความลึกของท่อลม

แกน y คือ กำลังที่ออกมาจากระบบกัลกน้ำ

รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์กำลังที่ออกมาจากระบบกัลกน้ำกับความลึกของท่อลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ



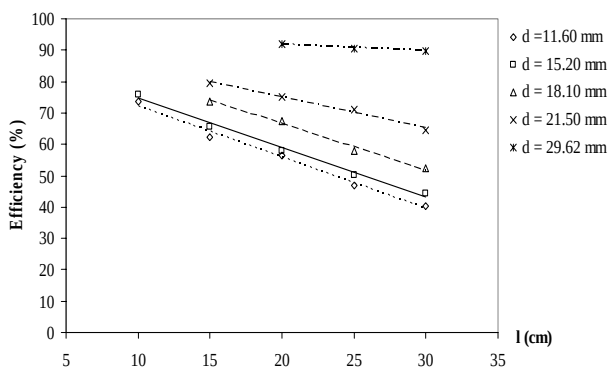
แกน x คือ อัตราการไหลของอากาศ

แกน y คือ กำลังที่ออกมาจากระบบกัลกน้ำ

รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์กำลังที่ออกมาจากระบบกาลักน้ำกับอัตราการไหลของอากาศ

5.4.3 ประสิทธิภาพของระบบกาลักน้ำ

ประสิทธิภาพของระบบกาลักน้ำเกิดจากอัตราส่วนของกำลังที่ออกมา กับกำลังที่ออกมาเข้าไปของระบบ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ 11 เมื่อนำข้อมูลที่ได้นำพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับความลึกของท่อลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ แล้วจะได้กราฟ ดังรูปที่ 12



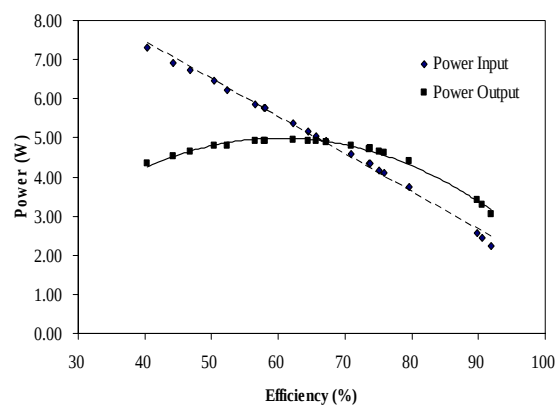
แกน X คือ ความลึกของท่อลม

แกน y คือ ประสิทธิภาพของระบบกาลักน้ำ

รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ประสิทธิภาพของระบบกาลักน้ำกับความลึกของท่อลมที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ

จากรูปที่ 12 พบว่าที่ระดับความลึกท่อลมเดียวกันนั้น ประสิทธิภาพของระบบกาลักน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมเดียวกันนั้น ประสิทธิภาพของระบบกาลักน้ำมีค่าลดลงตามระยะความลึกของท่อลมที่สอดคล้องไป และประสิทธิภาพของระบบกาลักน้ำจะเปลี่ยนแปลงน้อยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม 29.62 mm ซึ่งผลของประสิทธิภาพของระบบกาลักน้ำแนวโน้มของกราฟเหมือนกับ Buoyancy Head นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการพล็อตกราฟของกำลังที่เข้าไปและกำลังที่ออกมาจากระบบ

กาลักน้ำเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 13 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อประสิทธิภาพของระบบกาลักน้ำมากขึ้นจะทำให้ได้กำลังที่เข้าไปในระบบมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นตรง แต่เมื่อประสิทธิภาพของระบบกาลักน้ำมากขึ้นจะทำให้ได้กำลังที่ออกมาจากระบบมีแนวโน้มค่อยๆเพิ่มขึ้นและลดลงแบบเส้นโค้งคว่ำ จากรูปที่ 13 ผู้วิจัยพบว่าประสิทธิภาพระบบ กาลักน้ำในช่วง 55 – 65 % จะทำให้ได้กำลังที่ออกมาจากระบบมาก ซึ่งประสิทธิภาพระบบที่มีค่า 61.69 % ทำให้ได้กำลังที่ออกมาจากระบบมากที่สุดเท่ากับ 5.15 W



แกน X คือ กำลังที่เข้าไปออกมาจากระบบกาลักน้ำ

แกน y คือ ประสิทธิภาพของระบบกาลักน้ำ

รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์กำลังที่เข้าไปและกำลังที่ออกมาจากระบบกาลักน้ำเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพ

6. สรุปผล

อัตราการไหลของอากาศจะมีค่าสูงขึ้นเป็นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมที่ระดับความลึกของท่อลมเดียวกัน ส่วนที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมเดียวกันแนวโน้มอัตราการไหลของอากาศจะมีค่ามากขึ้นและลดลงตามความลึกของท่อลม จากการทดลองที่ระดับความลึกของท่อลมที่ 20 cm ทำให้ได้อัตราการไหลของอากาศมากที่สุดทุกๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อลม และกำลังที่ออกมาจากระบบกาลักน้ำมากที่สุด ประสิทธิภาพระบบกาลักน้ำควรอยู่ในช่วง 55 – 65 %

เอกสารอ้างอิง

- [1] นิกร มังกรทอง, ผ่องศรี มังกรทอง และ สุภาพ ฌ เชียงใหม่. รายงานการวิจัยเรื่อง "การผลิตไฟฟ้าโดยใช้กังหันน้ำ" ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เมษายน, 2541.
- [2] ประเสริฐ อินทับ. "ขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กระดับหมู่บ้านในเขตภาคเหนือของประเทศไทย" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่, 2546.
- [3] Thornbloom, M., Ngbangadia, D., and Assama, M., 1997 "Using micro-hydropower in the zairian village", Solar Energy 59, pp: 75-81
- [4] Paish, O., 2002 "Small hydro power: technology and current status", Renewable and Sustainable 6, pp: 537-556
- [5] Sadrul Islam, A.K.M., Islam, M. Q., Hossain, M. Z., Khan, M. I., and Uddin, S. A., "Appropriate Low Head Micro Hydro System for Bangladesh", Second International Conference on Electrical and Computer Engineering ICECE 2002, pp: 216-219
- [6] Barn, P., 2004 "A 'Clear Skies' hydropower feasibility study at four potential sites in the Wye Valley region", Micro hydro on the Agiddy Brook: Renewable Heat & Power Ltd.
- [7] French, M. J., and Widden, M. B., 2001 "The exploitation of low-head hydropower by pressure interchange with air, using siphons", Proc Instn Mech Engrs 215 part A, pp: 223-230
- [8] Widden, M. B., French, M. J., and Aggidis, G.A., 2005 "Economic low-head hydropower by conversion to air pressure", World Renewable Energy Congress (C), pp: 171-176