

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องตะบันน้ำ

A Study on the Performance of Hydraulic Ram Pump

บัญญัติ นิยมवास และ บรรเจิด ไปฏกรัตน์

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

E-mail: banyat.niyomvas@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ นำเสนอการศึกษาสมรรถนะของเครื่องตะบันน้ำ โดยตัวเรือนของเครื่องตะบันน้ำจะทำจากท่อพีวีซี ตัวแปรที่ศึกษามีดังนี้คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังลมทำการทดลองที่ 0.0508, 0.0762 และ 0.1016 เมตร ความสูงของเฮดน้ำทางเข้าทำการทดลองที่ 2, 2.5 และ 3 เมตร และระยะกวดสปริงของวาล์วกระตุ้นทำการทดลองที่ 0.025, 0.03 และ 0.035 เมตร โดยเดิมสปริงยาว 0.155 เมตร เมื่อกำหนดให้เฮดทางออกคงที่โดยเท่ากับ 15 เมตร จากการศึกษาพบว่า เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังลมใหญ่ขึ้น ความสูงของเฮดน้ำทางเข้าสูงขึ้น และระยะกวดสปริงของวาล์วกระตุ้นมากขึ้น อัตราการไหลของน้ำที่ทางออกจะสูงขึ้นตามไปด้วย

Abstract

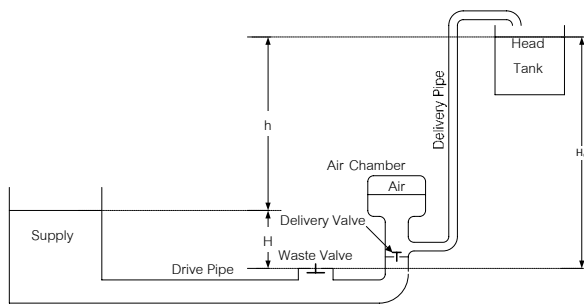
This article presents a study on the performance of hydraulic ram pump which is made from PVC pipe. The studied variables are as follows. The diameters of air chamber were 0.0508, 0.0762 and 0.1016 meters. The heights of water inlet head were 2, 2.5 and 3 meters. And, the lengths of pre-compressed impulse

waste valve spring were 0.025, 0.03 and 0.035 meters. Initially, the length of spring was set to 0.155 meters with a constant of outlet water head at 15 meters. The result of study shows that as the diameter of air chamber, the height of water inlet head and the length of pre-compressed spring increase, the water flow rate at the outlet also increases.

1. บทนำ

เครื่องตะบันน้ำเป็นอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่สามารถนำพลังงานน้ำมาใช้ในการส่งน้ำจากที่ต่ำไปที่สูงโดยการให้หลักการของวอเตอร์ แฮมเมอร์ (water hammer) เครื่องตะบันน้ำจะมีประสิทธิภาพต่ำ แต่ข้อดีคือ มีกลไกเคลื่อนไหวน้อยขึ้น ไม่ใช้ไฟฟ้าใช้งบประมาณในการสร้างน้อย และไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนัก สามารถนำมาใช้กับการเกษตร เช่น สูบน้ำเข้านาหรือใช้ในครัวเรือน จึงเหมาะที่จะประยุกต์นำมาใช้ในชนบทที่ห่างไกลความเจริญ หรือในท้องถิ่นที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ บัญญัติ นิยมवास [1] ได้แนะนำไดอะแกรมของเครื่องตะบันน้ำดังรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 เมื่อ H คือความสูงของเฮดน้ำทางเข้า H_0 คือความสูงของเฮดน้ำทางออก Waste valve คือวาล์วน้ำทิ้งและเป็นวาล์วกระตุ้นการทำงาน Delivery valve คือวาล์วที่ทำให้เกิดการส่งน้ำไปยังถังน้ำด้านบน Air chamber คือถังลมที่ใช้ในการสร้างความดันเพื่อใช้ในการส่งน้ำ Drive pipe คือท่อส่งน้ำจากแหล่งน้ำมายังชุดเครื่องตะบันน้ำ



รูปที่ 1 ไดอะแกรมของเครื่องตะบันน้ำ

เมื่อน้ำไหลจากแหล่งน้ำทางเข้าที่มีเฮดน้ำทางเข้า H เข้าสู่ท่อส่งน้ำ (drive pipe) ความเร็วของน้ำที่ไหลล้นออกทางวาล์วน้ำทิ้งจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยสามารถหาได้จากสมการ Unsteady Bernoulli Equation สำหรับ incompressible fluid ที่มีความหนาแน่นคงที่ได้ดังสมการที่ 1 ต่อไปนี้

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gZ_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gZ_2 + \int_1^2 \frac{\partial V}{\partial t} ds \quad (1)$$

เมื่อสภาวะที่ 1 คือ ตำแหน่งบริเวณผิวหน้าของน้ำในแหล่งน้ำ และ สภาวะที่ 2 คือ ตำแหน่งก่อนเข้าสู่วาล์วน้ำทิ้ง โดยสามารถจะแก้สมการเพื่อหา V_2 ได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{V_2}{\sqrt{2gH}} = \tanh\left(\frac{t}{2L}\sqrt{2gH}\right) \quad (2)$$

เมื่อ L คือ ความยาวของท่อส่งน้ำ และ ในขณะที่ความเร็วของน้ำที่ไหลล้นออกทางวาล์วน้ำทิ้งมีค่าสูงพอที่จะทำให้วาล์วน้ำทิ้งปิดตัวเองลง ก็จะก่อให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า water hammer ซึ่งจะทำให้ความดันของน้ำเพิ่มสูงขึ้นจนสามารถดันน้ำผ่านวาล์วจ่าย (Delivery valve) ซึ่งมีลักษณะเป็นวาล์วกันกลับ (check valve) หลังจากน้ำเข้าสู่ถังลม (Air Chamber) อากาศที่อยู่ภายในถังลมจะเกิดการอัดตัวและดันน้ำผ่านท่อส่ง Delivery Pipe) ไปยังแหล่งเก็บน้ำที่ทางออก

Phyo Min Than [2] ได้ศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องตะบันน้ำ โดยมีค่าเฮดน้ำทางเข้า 1.524 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำทางเข้า 0.0762 เมตร ถังลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1524 เมตร และสูง 0.4572 เมตร เฮดน้ำทางออก 9.144 เมตร จากการทดลองพบว่า อัตราการไหลของน้ำทางเข้า 1.24×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และอัตราการไหลของน้ำทางออก 1.05×10^{-5} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คิดเป็นค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 60 %

Shuaibu Ndache MOHAMMED [3] ได้ศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องตะบันน้ำ โดยมีค่าเฮดน้ำทางเข้า 1.5 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำทางเข้า 0.025 เมตร เฮดน้ำทางออก 2.87 เมตร จากการทดลองพบว่า อัตราการไหลของน้ำทางออก 3.83×10^{-5} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คิดเป็นค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 57.3 %

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

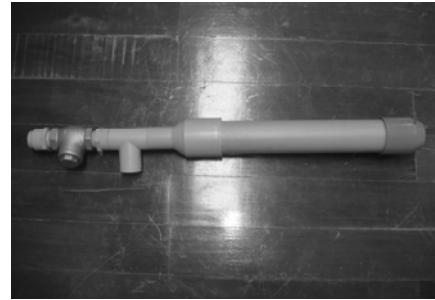
ชุดเครื่องตะบันน้ำที่ใช้ในการทดลองประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักคือ

1. ตัวเรือนปั๊ม สร้างโดยการนำข้ออมมาต่อเข้ากับข้อต่อสามทางโดยใช้ท่อพีวีซีขนาด 0.0508 เมตร ที่มีความยาว 0.19 เมตร มาต่อเข้าด้วยกันแล้วส่วนด้านบนใช้ข้อต่อลดมาต่อเข้ากับข้อต่อสามทางเพื่อจะได้ติดตั้งกับถังลม (Air chamber) ดังแสดงในรูปที่ 2



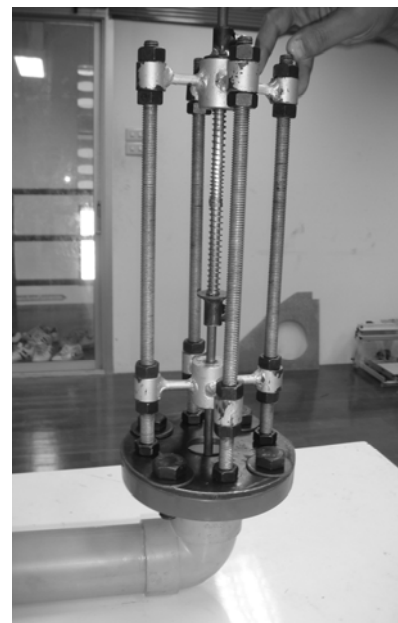
รูปที่ 2 ตัวเรือนปั๊ม

2. ถังลม สร้างโดยการนำท่อพีวีซียาว 1 เมตร ต่อเข้ากับฟลูดท่อแล้วนำข้อต่อลดมาต่อเข้ากับอีกด้านหนึ่งของท่อพีวีซีต่อกับท่อสามทางขนาด 0.0254 เมตร เป็นทางออกของน้ำแล้วนำวาล์วกันกลับต่อเข้าอีกด้านแล้วต่อเข้ากับข้อต่อเพื่อนำไปต่อกับตัวเรือนปั๊ม ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ถังลม

3. วาล์วน้ำทิ้ง จะมีสปริงเป็นตัวสร้างแรงดันสำหรับดันน้ำเข้าไปในถังลม โดยมีลักษณะดังรูปที่ 4 ต่อไปนี้



รูปที่ 4 วาล์วน้ำทิ้ง

ชุดเครื่องตะบันน้ำที่ประกอบเสร็จแล้วแสดงได้ดังรูปที่ 5 ต่อไปนี้



รูปที่ 5 ชุดเครื่องตะบันน้ำที่ประกอบเสร็จแล้ว

3. วิธีการทดลอง

การทดลองจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประกอบชุดถังลม (Air chamber) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0508 เมตร และอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับตัวเรือนปั๊ม
2. วางถังบรรจุน้ำ 0.200 ลูกบาศก์เมตร ที่ระดับความสูง 2 เมตร
3. ปรับระยะความยาวของสปริงวาล์วน้ำทิ้งที่ระดับ 0.12 เมตร (ระยะกดสปริง 0.035 เมตร)
4. เปิดวาล์วให้น้ำจากถังไหลผ่านท่อส่งน้ำเข้าสู่ตัวเรือนปั๊ม
5. วาล์วน้ำทิ้งจะกระตุ้นตัวเองให้ทำงาน
6. ปั๊มเริ่มทำงาน
7. ให้เครื่องไฮดรอลิคแรม ปั๊ม ทำงานประมาณ 2 นาที เพื่อทำการไล่อากาศออกจากท่อ

8. วัดอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) ของน้ำที่ไหลผ่านท่อส่งน้ำที่ระดับสูง 15 เมตร โดยใช้กระบอกรองรับน้ำและจับเวลาและวัดอัตราการไหลที่ทางเข้า (Q_{in}) ของน้ำที่ไหลเข้าผ่านท่อส่งน้ำก่อนเข้าตัวเครื่องไฮดรอลิคแรม ปั๊ม โดยใช้กระบอกรองรับน้ำและจับเวลา

9. ทำการทดลองที่ระยะความยาวของสปริง 0.125 เมตร และ 0.13 เมตร โดยทำการทดลองเหมือนกับข้อ 2 ถึง 8

10. ปรับตั้งระดับความสูงของถังน้ำทางเข้า 2.5 เมตร และ 3 เมตร และทำการทดลองเหมือนกับข้อ 3 ถึง 9

11. ทำซ้ำการทดลองกับถังลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0762 และ 0.1016 เมตร

4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองเมื่อถังลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0508, 0.0762 และ 0.1016 เมตร แสดงได้ดังตารางที่ 1, 2 และ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองเมื่อถังลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0508 เมตร

ความยาวสปริง (m)	H _{in} (m)	Q _{in} (m ³ /s)	Q _{out} (m ³ /s)	Eff. (%)
0.12	2	7.05 × 10 ⁻³	0.26 × 10 ⁻³	27.66
0.12	2.5	8.38 × 10 ⁻³	0.55 × 10 ⁻³	39.38
0.12	3	9.71 × 10 ⁻³	1.1 × 10 ⁻³	56.64
0.125	2	7.05 × 10 ⁻³	0.21 × 10 ⁻³	22.34
0.125	2.5	8.38 × 10 ⁻³	0.48 × 10 ⁻³	34.37
0.125	3	9.71 × 10 ⁻³	0.9 × 10 ⁻³	46.34
0.13	2	7.05 × 10 ⁻³	0.2 × 10 ⁻³	21.28
0.13	2.5	8.38 × 10 ⁻³	0.4 × 10 ⁻³	28.64
0.13	3	9.71 × 10 ⁻³	0.5 × 10 ⁻³	25.75

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเมื่อถังลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0762 เมตร

ความยาวสปริง (m)	H _{in} (m)	Q _{in} (m ³ /s)	Q _{out} (m ³ /s)	Eff. (%)
0.12	2	7.05 × 10 ⁻³	0.31 × 10 ⁻³	32.98
0.12	2.5	8.38 × 10 ⁻³	0.91 × 10 ⁻³	65.16
0.12	3	9.71 × 10 ⁻³	1.2 × 10 ⁻³	61.79
0.125	2	7.05 × 10 ⁻³	0.3 × 10 ⁻³	31.91
0.125	2.5	8.38 × 10 ⁻³	0.7 × 10 ⁻³	50.12
0.125	3	9.71 × 10 ⁻³	1 × 10 ⁻³	51.49
0.13	2	7.05 × 10 ⁻³	0.29 × 10 ⁻³	30.85
0.13	2.5	8.38 × 10 ⁻³	0.4 × 10 ⁻³	28.64
0.13	3	9.71 × 10 ⁻³	0.5 × 10 ⁻³	25.75

ตารางที่ 3 ผลการทดลองเมื่อถังลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1016 เมตร

ความยาวสปริง (m)	H _{in} (m)	Q _{in} (m ³ /s)	Q _{out} (m ³ /s)	Eff. (%)
0.12	2	7.05 × 10 ⁻³	0.35 × 10 ⁻³	37.23
0.12	2.5	8.38 × 10 ⁻³	1.1 × 10 ⁻³	78.76
0.12	3	9.71 × 10 ⁻³	1.5 × 10 ⁻³	77.24
0.125	2	7.05 × 10 ⁻³	0.3 × 10 ⁻³	31.91
0.125	2.5	8.38 × 10 ⁻³	0.8 × 10 ⁻³	57.28
0.125	3	9.71 × 10 ⁻³	1.4 × 10 ⁻³	72.09
0.13	2	7.05 × 10 ⁻³	-	-
0.13	2.5	8.38 × 10 ⁻³	0.5 × 10 ⁻³	35.80
0.13	3	9.71 × 10 ⁻³	0.65 × 10 ⁻³	33.47

จากตารางที่ 3 เมื่อทำการทดลองที่ระยะความยาวสปริงเท่ากับ 0.13 เมตร และที่ค่าเสดน้ำทางเข้าเท่ากับ 2 เมตรจะพบว่าไม่มีน้ำไหลออกทางปลายด้านบนดังนั้นอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) จึงไม่ได้แสดงผลในตาราง

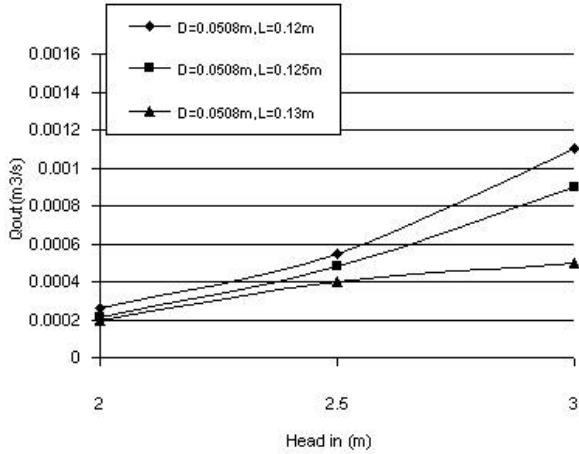
จากตารางที่ 1, 2 และ 3 ค่า Eff (%) คือประสิทธิภาพของเครื่องตะบันน้ำ โดยสามารถหาได้จากสมการที่ (3) ต่อไปนี้

$$Eff(\%) = \left(\frac{Q_{out} H_{out}}{Q_{in} H_{in}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

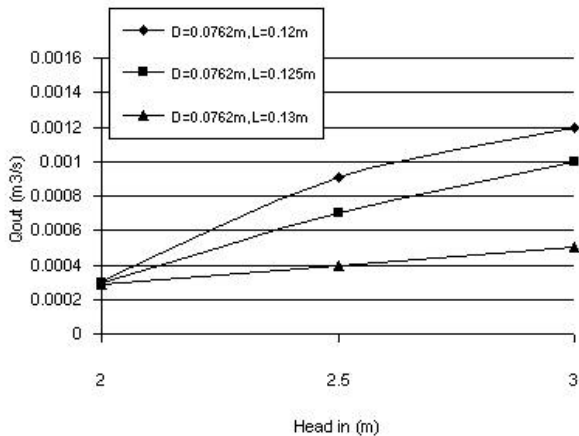
เมื่อ Q_{out} และ H_{out} คืออัตราการไหลและเสดน้ำที่ทางออก Q_{in} และ H_{in} คืออัตราการไหลและเสดน้ำที่ทางเข้า

จากข้อมูลในตารางที่ 1, 2 และ 3 นำมาเขียนกราฟเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่

ทางออก (Q_{out}) กับเฮดน้ำทางเข้า (H_{in}) ได้ดังรูปที่ 6, 7 และ 8 ต่อไปนี้



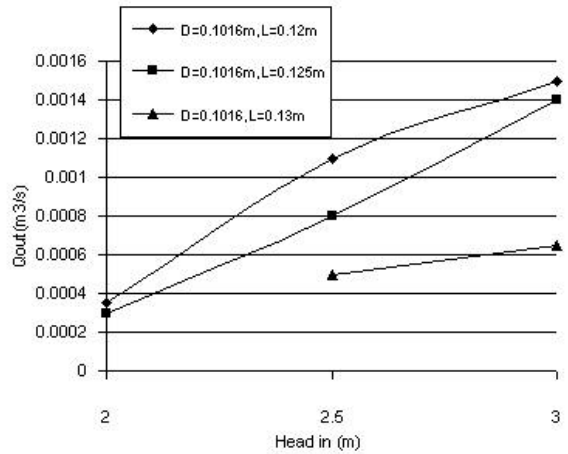
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) กับเฮดน้ำทางเข้า (H_{in}) เมื่อถึงลม มี $D=0.0508$ เมตร



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) กับเฮดน้ำทางเข้า (H_{in}) เมื่อถึงลม มี $D=0.0762$ เมตร

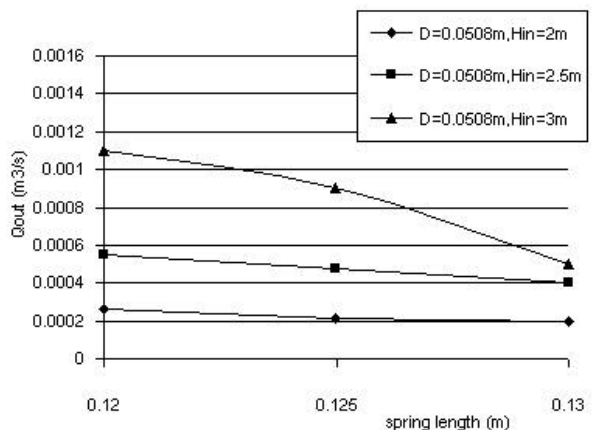
จากกราฟในรูปที่ 6, 7 และ 8 พบว่าเมื่อเฮดน้ำทางเข้า (H_{in}) มีค่าสูงขึ้นอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) ก็จะมีค่าสูงขึ้นไปด้วย และพบว่าเมื่อความยาวสปริงลดลงหรือระยะกวดสปริงของวาล์วกระตุ่นสูงขึ้น (เช่นที่ความยาวสปริงเท่ากับ 0.12 เมตร ก็คือมีระยะกวดสปริงเท่ากับ 0.035 เมตรเพราะเดิมสปริงยาว

0.155 เมตร) ก็จะทำให้ค่าอัตราการไหลที่ทางออกสูงขึ้นด้วยเช่นกัน



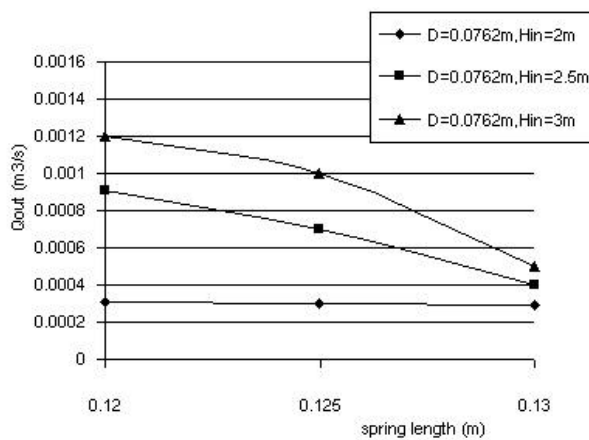
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) กับเฮดน้ำทางเข้า (H_{in}) เมื่อถึงลม มี $D=0.1016$ เมตร

จากข้อมูลในตารางที่ 1, 2 และ 3 นำมาเขียนกราฟเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) กับความยาวสปริง ได้ดังรูปที่ 9, 10 และ 11 ต่อไปนี้

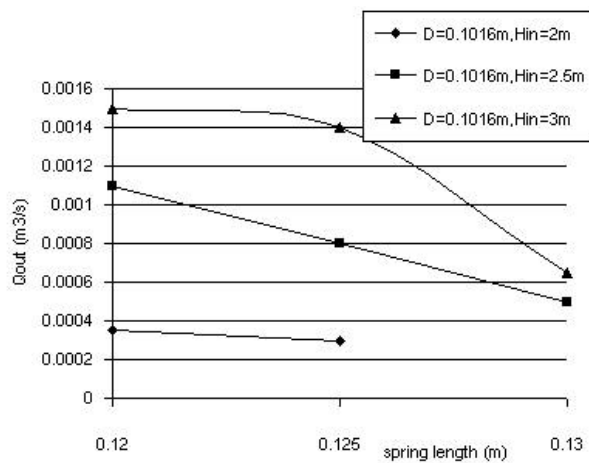


รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) กับความยาวสปริง เมื่อถึงลม มี $D=0.0508$ เมตร

จากกราฟในรูปที่ 9, 10 และ 11 พบว่าเมื่อความยาวสปริงยาวขึ้น อัตราการไหลทางออกจะลดต่ำลง เนื่องจากที่ความยาวสปริงมาก ก็คือมีระยะกดสปริงน้อย ทำให้แรงกระทำของชุดวาล์วที่ถูกขับด้วยสปริงจะกระทำด้วยแรงน้อยลงตามไปด้วย ทำให้ปริมาณน้ำที่จะถูกขับให้เข้าไปยังถังลมก็มีปริมาณน้อยลงทำให้อัตราการไหลที่ทางออกจึงต่ำลงเมื่อความยาวสปริงยาวขึ้น

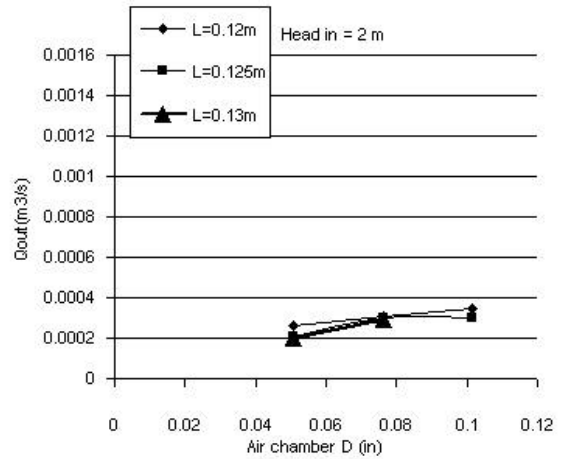


รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) กับความยาวสปริง เมื่อถังลม มี $D = 0.0762$ เมตร

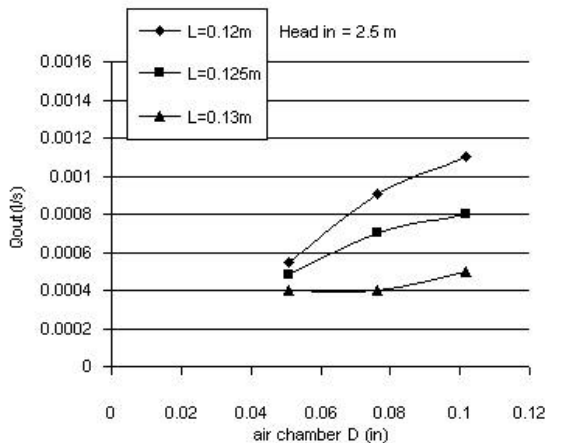


รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) กับความยาวสปริง เมื่อถังลม มี $D = 0.1016$ เมตร

จากข้อมูลในตารางที่ 1, 2 และ 3 นำมาเขียนกราฟเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังลม ได้ดังรูปที่ 12, 13 และ 14 ต่อไปนี้

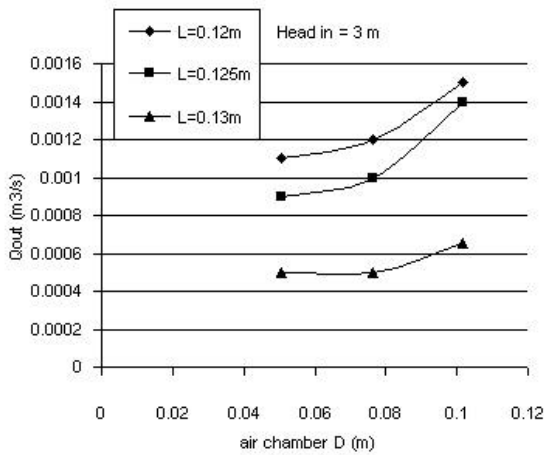


รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังลม เมื่อเฮดทางเข้า = 2 เมตร



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังลม เมื่อเฮดทางเข้า = 2.5 เมตร

จากกราฟในรูปที่ 12, 13 และ 14 พบว่าเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังลมใหญ่ขึ้น อัตราการไหลทางออกจะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อถังลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้น ก็จะทำให้มีปริมาณอากาศภายในถังลมมากขึ้น เมื่อมีน้ำเข้าสู่ถังลมอากาศปริมาณมากกว่าดังกล่าว ก็จะส่งผลให้เกิดความดันที่จะส่งน้ำไปยังทางออกที่มากขึ้นด้วยนั่นเอง



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ทางออก (Q_{out}) กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังลม เมื่อเฮดทางเข้า = 3 เมตร

5. สรุป

จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องตะบันน้ำมีค่าสูงสุด เมื่อความยาวสปริงเท่ากับ 0.12 เมตร (ระยะกดสปริง เท่ากับ 0.035 เมตร) ถังลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1016 เมตร เมื่อเฮดน้ำทางเข้า 2.5 เมตร มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 78.76 % โดยมีค่าอัตราการไหลของน้ำทางเข้า 8.38×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และอัตราการไหลของน้ำทางออก 1.1×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

เปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเครื่องตะบันน้ำได้ดังตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 การเปรียบเทียบสมรรถนะพบว่าที่ค่าอัตราส่วนเฮดน้ำทางออกต่อเฮดน้ำทางเข้า (H_{out}/H_{in}) เท่ากับ 6 ค่าอัตราส่วนอัตราการไหลทางออกต่ออัตราการไหลทางเข้า (Q_{out}/Q_{in}) จะสูงกว่า Phyto Min Than [2] โดยมีค่าเท่ากับ 0.13 เปรียบเทียบกับ 0.008 นั้นแสดงว่าที่สภาวะเดียวกัน อัตราการไหลทางออกของงานวิจัยนี้จะให้ค่าที่สูงกว่าอันเนื่องมาจากลักษณะการกระตุ้นของวาล์ว โดยวาล์วกระตุ้นจะใช้สปริง แต่ในส่วนของ Phyto Min Than [2] จะใช้ลักษณะของมวลถ่วงน้ำหนัก จึงทำให้การปิดตัวกลับของวาล์วน้ำที่ช้ากว่าการคืนตัวของสปริง ทำให้รอบของการทำงานช้ากว่า ส่งผลให้อัตราการไหลทางออกน้อยกว่าวาล์วน้ำที่ที่ใช้สปริงเป็นตัวดันกลับให้เกิดการปิดตัว

ตารางที่ 4 สมรรถนะการทำงานของเครื่องตะบันน้ำ

	บัญญัติ และ บรรเจิด	Phyto Min Than [2]	Shuaibu Ndache MOHAMME D [3]
H_{out}/H_{in}	$\frac{15}{2.5} = 6$	$\frac{9.144}{1.524} = 6$	$\frac{2.87}{1.5} = 1.9$
Q_{out}/Q_{in}	$\frac{1.1 \times 10^{-3}}{8.38 \times 10^{-3}} = 0.13$	$\frac{1.05 \times 10^{-5}}{1.24 \times 10^{-3}} = 0.008$	
Eff (%)	78.76	60	57.3

เมื่อเปรียบเทียบกับ Shuaibu Ndache MOHAMMED [3] พบว่าค่าอัตราส่วนเฮดน้ำทางออกต่อเฮดน้ำทางเข้า (H_{out}/H_{in}) จะต่ำกว่ามากคือ 1.9

เมื่อเทียบกับ 6 แต่ไม่สามารถเปรียบเทียบค่า อัตราส่วนอัตราการไหลทางออกต่ออัตราการไหลทางเข้า (Q_{out}/Q_{in}) ได้เนื่องจากไม่มีค่าอัตราการไหลของน้ำทางเข้า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณ นายกิตติพงศ์ แก้วพลอย นายบุญเจริญ ช่วยแก้ว และ นายธีระวัฒน์ คงเกลี้ยง นักศึกษา สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ในการทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] บัญญัติ นิยมวาส, 2547, “บิ่มน้ำที่ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า”, กรุงเทพฯ :วารสาร Mechanical Technology, ปีที่ 3 ฉบับที่ 28 ประจำเดือน มกราคม 2547.
- [2] Phyo Min Than, 2008, “Construction and Performance Testing of the Hydraulic Ram Pump”, GMSARN International Conference on Sustainable Development, 12-14 Nov. 2008.
- [3] Shuaibu Ndache MOHAMMED, 2007, “Design and Construction of a Hydraulic Ram Pump”, Leonardo Electronic Journal of Practives and Technologies, Issue 11, July-December 2007, pp 59-70.