การพัฒนากังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอย

The Development Mechanics of a Spiral Water Pump

อนุรักษ์ ตรีเพ็ชร[1*] ปริญญา หม่อมพิบูลย์[2] มนตรี เรืองประดับ[3] กรีฑา แก้วคงธรรม[4] และ วีรพล ปานศรีนวล[5]
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช[1,2,3,4]
ครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช[5]

Anurak Tripatch[1*] Parinya Mompiboon[2] Montri Ruangpradap[3] kreetha kaewkongtham[4] and Weeraphol Pansrinual[5]
Program in Mechanical Engineering Faculty of Industrial Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University.[1,2,3,4]
Program in Industrial Technology Master of Education Nakhon Si Thammarat Rajabhat University.[5]
E-mail : anuraktri@gmail.com[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนากังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอย ศึกษาความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงจากพลังงานน้ำเป็นพลังงานกล ชุดกังหันสูบน้ำสามารถสูบน้ำได้โดยไม่อาศัยพลังงานจากแหล่งพลังงานภายนอก ชุดกังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอยมีขนาด 0.93 × 0.90 เมตร การทดลองกังหันสูบน้ำพลังงานน้ำมี 2 แบบ คือ 1) กังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอย 1 ขด 2) กังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอย 2 ขด ที่ระดับความสูงและแนวราบที่ระยะทาง 3-7 เมตร จากผลการทดลองการศึกษาสมรรถนะกังหันสูบน้ำจากพลังงานน้ำที่ความสูงและแนวราบที่ระยะทางต่างกัน มีกระบอกอัดอากาศ เป็นตัวลดแรงกระเพื่อมของน้ำ ซึ่งอัตราการไหลของน้ำอาศัยแรงน้ำไหลจากธรรมชาติ สมรรถนะสูงสุดของกังหันสูบน้ำที่ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยมากสุด คือกังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอย 2 ขด แนวราบที่ระยะทาง 3 เมตร เท่ากับ 7.250 ลิตร/นาที ความเร็วรอบ 5.250 รอบ/นาที และกังหันสูบน้ำที่ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยน้อยสุด คือ กังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอย 1 ขด ที่ระดับความสูง 7 เมตร 3.200 ลิตร/นาทีความเร็วรอบ 3.625 รอบ/นาที กังหันสูบน้ำทำงานที่อัตราการไหลต่ำสุด 19 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีสามารถสูบน้ำขึ้นที่สูงได้ 3 เมตรอัตราการไหลสูงสุดที่ทำการทดลอง 30 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีสามารถสูบน้ำขึ้นที่สูงได้ 10 เมตร

คำสำคัญ : กังหันสูบน้ำ พลังงานน้ำ อัตราการไหลของน้ำ กระบอกอัดอากาศ

Abstract

The objectives of this research were to design and develop a mechanics of a spiral water pump. The mechanics size 0.93 × 0.90 meter. To study the change relationship between water energy and mechanical energy and to study the use of water-powered turbines in community

water. The turbine pump can be pumped without power from an external power source. The turbine pump can pump up to 7 meters And turbines can be used locally. There are two types of water pump turbines. 1) Turbine pumping one side. 2) Turbine pumping two sides at the altitude and horizontal level at a distance of 3-7 meters Based on the results of the study, the performance of pumping turbines at different altitudes and altitudes at different altitudes. Air cylinder Is a measure of the ripple of water. The flow rate of water depends on the flow of natural water. The highest efficiency of the turbine pumped water is the highest. The two horizontal pumping turbines at a distance of 3 meters at 7.250 liters per minute speed around 5.250 rpm. And the pumping turbine with the lowest average volume of water is the one-piston turbine at an altitude of 7 meters, 3,200 liters / minute, with a speed of 3.625 rpm. The pumping turbine operates at the lowest flow rate 19 cubic meters per minute Pumped up to 3 meters high. Maximum flow rate tested 30 cubic meters per minute can pump up to 10 meters high.

Keywords : Water turbine Water power Water flow rate Air cylinder

1. บทนำ (Introduction)

ในพื้นที่ชนบทเกษตรกรส่วนใหญ่มักจะเผชิญกับปัญหาการขาดแคลนกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการสูบน้ำ เพื่อใช้รดน้ำต้นไม้พืชผลทางการเกษตร รวมถึงการใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวัน [1] ในท้องถิ่นชนบทที่อยู่ห่างไกลจากความเจริญกระแสไฟฟ้าเข้าไปไม่ถึงแต่มีคลองส่งน้ำชลประทานไหลผ่านชาวบ้านได้ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำชลประทาน [2] จึงเป็นเหตุให้ต้องใช้วิธีการสูบน้ำโดยใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลัง ซึ่งการใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังในการสูบน้ำนั้นต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง [3,4] และไอเสียที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์มีมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ทางทรัพยากรธรรมชาติ มีแม่น้ำลำคลองเป็นที่หล่อเลี้ยงมนุษย์ที่อาศัยอยู่ตามแนวฝั่งที่แม่น้ำลำคลองไหลผ่าน พลังงานน้ำ [5] คือพลังงานที่ได้จากการเปลี่ยนพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของน้ำให้เป็นพลังงานกล พลังงานน้ำจัดเป็นพลังงานจากดวงอาทิตย์ทางอ้อมเหมือนกับพลังงานหมุนเวียนโดยส่วนใหญ่ น้ำนอกจากจะนำไปใช้ประโยชน์ในการอุปโภคและบริโภคแล้วน้ำยังเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญอีกด้วย วัฏจักรของน้ำจะหมุนเวียนไปตราบเท่าที่มีดวงอาทิตย์อยู่ การนำพลังงานน้ำมาใช้ประโยชน์นั้นเริ่มจากการนำพลังงานน้ำไปขับเคลื่อนกังหันน้ำเพื่อนำมาใช้ในการเกษตรและการดำรงชีพ

วิธีการนำน้ำที่อยู่จุดที่ต่ำไปใช้งานในจุดที่สูงต้องใช้เครื่องสูบน้ำ แต่เครื่องสูบน้ำต้องใช้พลังงานในการผลักดันน้ำพลังงานที่ใช้มากจากหลายรูปแบบเช่นใช้ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ พลังงานทดแทนก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ควรนำมาใช้ในกรณีที่ทางส่งน้ำหรือแม่น้ำลำคลองมีการไหลของน้ำ การใช้กังหันสูบน้ำที่ใช้แรงผลักดันจากการไหลของน้ำก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนากังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอยขึ้น เพื่อใช้สูบน้ำขึ้นสู่ที่สูงและส่งน้ำไปใช้งาน โดยอาศัยแรงผลักดันจากน้ำที่ไหลตามธรรมชาติไปขับเคลื่อนกังหันที่มีใบตัดน้ำติดท่อปลายเปิดมีท่อน้ำขดซ้อนกันแบบลักษณะก้นหอยต่อเข้าแกนกลางของกังหัน โดยอาศัยแรงอัดอากาศภายในขดท่อผลักดันน้ำออกไปใช้งาน ซึ่งไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน [6] กังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอยนี้เหมาะกับการใช้กับแม่น้ำและลำคลองที่มีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา [7] ในประเทศแซมเบียมีการนำปั๊มสูบน้ำที่มีลักษณะเป็นท่อขดสูบน้ำในคลองส่งน้ำชลประทาน เพื่อส่ง

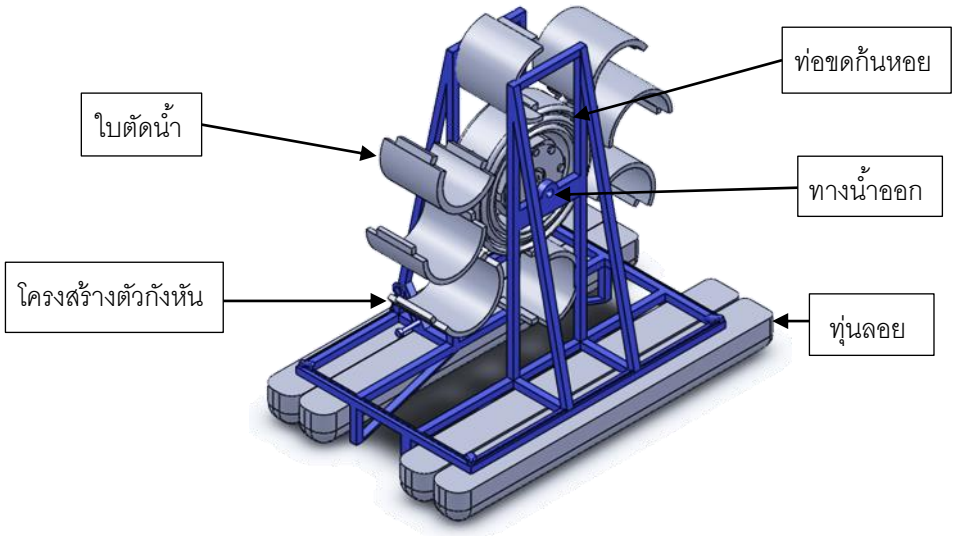
น้ำไปใช้ ซึ่งสามารถส่งน้ำไปในระยะทาง 30 เมตร ระดับความสูง 10 เมตร อัตราการส่งน้ำ 30 ลิตรต่อนาที [8] ในประเทศอินเดียได้ใช้การสูบน้ำแบบท่อขดสูบน้ำในลำคลอง ท่อขดใช้วัสดุโพลีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร กังหันมีความเร็วในการหมุนสูงสุดที่ 38 รอบต่อนาที จากการทดลองกังหันสูบน้ำหมุนด้วยความเร็ว 27 รอบต่อนาที สมมารถสูบน้ำได้สูง 6 ฟุต สูบน้ำได้ในอัตรา 4 ลิตรต่อนาที

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ากังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอย มีความเหมาะสมที่ใช้สูบน้ำในแม่น้ำลำคลองที่มีอัตราการไหลของน้ำมากกว่า 15 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีและสามารถสูบน้ำขึ้นที่สูงได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบสร้างพัฒนากังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอย และศึกษาความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงจากพลังงานน้ำเป็นพลังงานกล กังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอยที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นแบบท่อขดก้นหอยคู่ ซึ่งสามารถสูบน้ำได้ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น

2. วิธีการวิจัย (Methodology)

2.1 การออกแบบ

กังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอยได้ออกแบบจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [8] แบบกังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอยดังแสดงในรูปที่ 1 โดยตัวกังหันมีขนาดความสูง 0.90 เมตร วงล้อของตัวกังหันมีรัศมี 0.348 เมตร ตัวกังหันเมื่อรวมกับใบพัดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.755 เมตร ใช้ท่อพีวีซีอ่อนขนาด 1 นิ้ว ติดตั้งกับตัวกังหันแบบลักษณะขดก้นหอยมีขนาดความยาว 8 เมตร ติดตั้งทั้งสองด้านของตัวกังหัน ปลายเปิดของท่อพีวีซีอ่อนติดตั้งกรวยสำหรับตักน้ำด้วยวัสดุพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ขนาดความกว้างของใบตัดน้ำมีรัศมี 0.10 เมตร ตัวกังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอยติดตั้งอยู่บนทุ่นลอย ขนาด 0.93 × 0.10 เมตร จำนวน 4 ตัว และวงล้อกังหันสามารถปรับระดับความสูงเพื่อให้ใบพัดของกังหันสามารถตัดน้ำได้หลายความเร็วของกระแสน้ำ และติดตั้งกระบอกอัดอากาศแบบคู่เพื่อลดแรงกระเพื่อมของน้ำที่ออกมาจากตัวกังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอย



รูปที่ 1 กังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอย

2.2 วิธีการทดลอง

การทดลองกังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอยนั้น ได้ทดลองเปรียบเทียบระหว่างท่อขดก้นหอยแบบ 1 ขด กับแบบ 2 ขด โดยวัดผลทดลองจากตัวแปรความสูงที่กังหันท่อขดก้นหอยสูบได้ และทดสอบใช้กระบอกอัดอากาศเพื่อวัดการการลดแรงกระเพื่อมของน้ำ ซึ่งมีขั้นตอนการติดตั้งดังต่อไปนี้

1 นำกังหันสูบน้ำพลังงานน้ำไปติดตั้งที่ทางน้ำไหลแสดงดังรูปที่ 2

2 ติดตั้งท่อน้ำสายยางสำหรับส่งน้ำขึ้นสู่ชายฝั่ง

3 ติดตั้งท่อสายยางตามความสูงเพื่อวัดปริมาณน้ำที่ได้แสดงดังรูปที่ 3

4 ติดตั้งกระบอกอัดอากาศวัดแรงกระเพื่อมของน้ำปริมาณน้ำที่ได้

รูปที่ 2 ทดลองกังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอยที่แม่น้ำปากพนัง

รูปที่ 3 วัดแรงกระเพื่อมของน้ำปริมาณน้ำ

3 ผลการวิจัย (Results)

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์การทดลองกังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอยเก็บข้อมูลผลการทดลองหาระดับความสูงที่กังหันสูบได้ ตัวแปรที่ถูกจัดเก็บข้อมูลได้แก่ ความเร็วรอบของกังหัน ปริมาตรน้ำที่สูบได้และการกระเพื่อมของน้ำก่อนกับหลังใส่กระบอกอัดอากาศ มีอัตราการไหลของน้ำคงที่ ได้ทำการทดลองเก็บผลที่แม่น้ำปากพนังดังแสดงในรูปที่ 2 และนำผลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

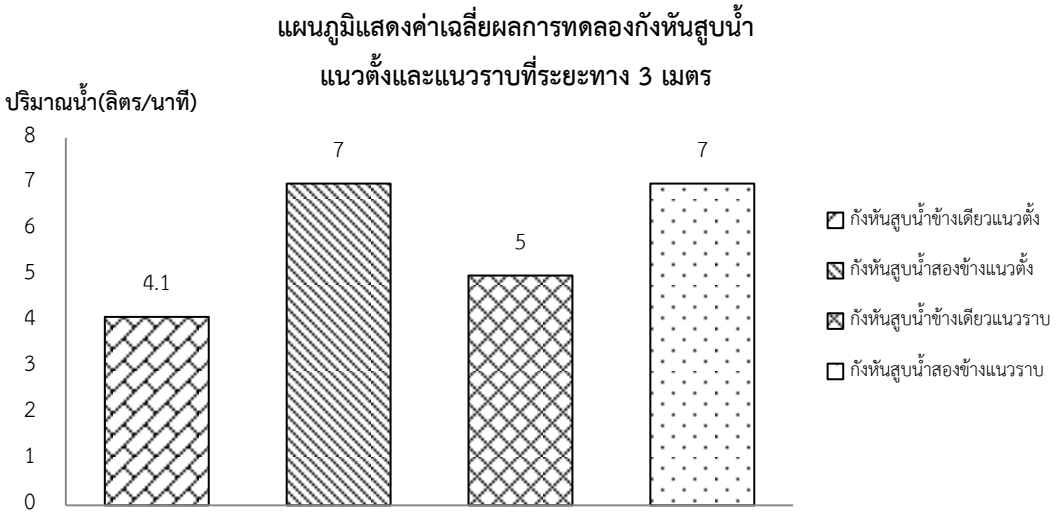
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองกังหันสูบน้ำแนวตั้งที่ระดับความสูงต่างๆ

การทดลอง	ความสูง (เมตร)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	น้ำที่สูบได้ (ลิตร/นาที)	การกระเพื่อมของน้ำ (ครั้ง/นาที)	
				ก่อนใส่กระบอกอัดอากาศ	หลังใส่กระบอกอัดอากาศ
กังหันสูบน้ำ 1 ขด	3	4.725	4.100	17.80	34.20
	4	4.425	3.950	18.00	34.00
	5	3.850	3.750	18.60	35.80
	6	3.700	3.500	18.00	36.60
	7	3.625	3.200	18.20	37.60
กังหันสูบน้ำ 2 ขด	3	4.775	7.000	25.40	46.60
	4	4.500	6.700	24.20	45.00
	5	4.700	6.500	24.00	46.20
	6	4.625	6.400	24.40	44.80
	7	4.375	6.200	24.00	44.00

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองกังหันสูบน้ำแนวระนาบที่ระยะทางต่างๆ

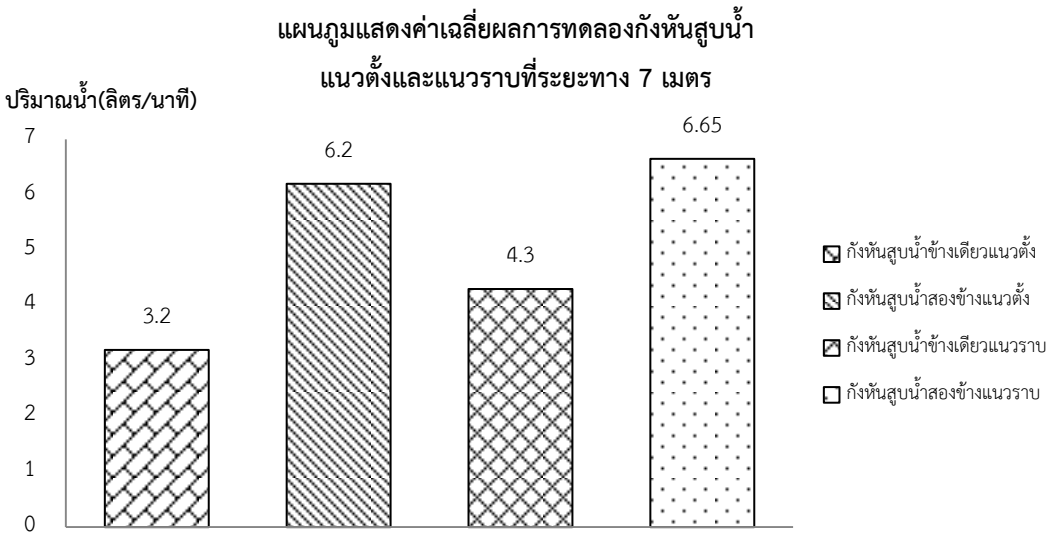
การทดลอง	ระยะทาง (เมตร)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	น้ำที่สูบได้ (ลิตร/นาที)	การกระเพื่อมของน้ำ (ครั้ง/นาที)	
				ก่อนใส่กระบอกอัดอากาศ	หลังใส่กระบอกอัดอากาศ
กังหันสูบน้ำ 1 ขด	3	4.800	5.000	17.00	29.20
	4	4.750	4.700	16.80	28.60
	5	4.175	4.600	17.00	27.20
	6	4.650	4.500	17.00	26.20
	7	4.550	4.300	16.60	25.20
	3	5.025	7.250	21.00	39.60

การทดลอง	ระยะทาง (เมตร)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	น้ำที่สูบได้ (ลิตร/นาที)	การกระเพื่อมของน้ำ (ครั้ง/นาที)	
				ก่อนใส่ กระบอกอัดอากาศ	หลังใส่ กระบอกอัดอากาศ
กังหันสูบน้ำ 2 ขด	4	5.000	7.250	20.40	39.20
	5	4.850	6.850	20.80	38.20
	6	4.650	6.700	19.80	37.80
	7	4.700	6.650	19.60	37.40



รูปที่ 4 แสดงปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ได้แนวตั้งและแนวราบที่ระยะทาง 3 เมตรของกังหันสูบน้ำข้างเดียวและกังหันสูบน้ำสองข้าง

รูปที่ 4 แสดงปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ได้แนวตั้งและแนวราบที่ระยะทาง 3 เมตรของกังหันสูบน้ำข้างเดียวและกังหันสูบน้ำสองข้าง ภายในระยะเวลา 1 นาที แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ได้สูงสุดมาจากกังหันสูบน้ำสองข้างที่แนวตั้งและกังหันสูบน้ำสองข้างแนวราบสูบน้ำได้ 7 ลิตร/นาที รองลงมาคือกังหันสูบน้ำข้างเดียวแนวราบสูบน้ำได้ 5 ลิตร/นาที และกังหันสูบน้ำข้างเดียวแนวตั้งสูบน้ำได้ 4.1 ลิตร/นาที



รูปที่ 5 แสดงปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ได้แนวตั้งและแนวราบที่ระยะทาง 3 เมตรของกังหันสูบน้ำข้างเดียวและกังหันสูบน้ำสองข้าง

รูปที่ 5 แสดงปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ได้แนวตั้งและแนวราบที่ระยะทาง 7 เมตรของกังหันสูบน้ำข้างเดียวและกังหันสูบน้ำสองข้าง ภายในระยะเวลา 1 นาที แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ได้สูงสุดมาจากกังหันสูบน้ำสองข้างแนวราบสูบน้ำได้ 6.65 ลิตร/นาที รองลงมาคือกังหันสูบน้ำสองข้างแนวตั้งสูบน้ำได้ 6.2 ลิตร/นาที กังหันสูบน้ำข้างเดียวแนวราบสูบน้ำได้ 4.3 ลิตร/นาที และกังหันสูบน้ำข้างเดียวแนวตั้งสูบน้ำได้ 3.2 ลิตร/นาที

4 การอภิปรายผลหรือการวิจารณ์และสรุป (Discussion and Conclusion)

จากผลการทดลองการศึกษาสมรรถนะกังหันสูบท่อขดก้นหอยที่ความสูงและแนวราบที่ระยะทางต่างกัน มีกระบอกอัดอากาศ เป็นตัวทดลองแรงกระเพื่อมของน้ำ ซึ่งอัตราการไหลของน้ำอาศัยแรงน้ำไหลจากธรรมชาติ วิธีการทดลองเมื่อทดลองกับอัตราการไหลของน้ำ ที่น้ำปะทะกับใบกังหันทำให้เกิดแรงดันน้ำสูบน้ำไปยังแกนเพลาและส่งน้ำออกจากแกนเพลาเพื่อนำไปใช้งาน สามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 กังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอยแบบ 2 ขด ใช้อัตราการไหลของน้ำที่มีปริมาณมากกว่ากังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอยแบบ 1 ขด เนื่องจากปริมาณน้ำที่สูบได้มากกว่าทำให้ต้องการพลังงานที่ใช้ขับตัวกังหันมากกว่า

4.2 การทดลอง ณ สถานที่แหล่งน้ำจริง กำลังงานที่ให้แก่กังหันสูบน้ำได้มาจากการไหลของแหล่งน้ำซึ่งกำลังงานที่ให้แก่กังหันสูบน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วของแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้

4.3 การทดลองกังหันสูบน้ำที่ใส่กระบอกอัดอากาศ หลังใส่กระบอกอัดอากาศมีแรงดันน้ำมากกว่าก่อนใส่กระบอกอัดอากาศ เนื่องจากแรงอัดอากาศมากกว่า แต่ปริมาณน้ำที่ได้เท่ากันทั้งก่อนใส่และหลังใส่กระบอกอัดอากาศ

4.4 สมรรถนะสูงสุดของกังหันสูบน้ำที่ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยมากสุด คือกังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอย 2 ขด แนวราบที่ระยะทาง 3 เมตร เท่ากับ 7.250 ลิตร/นาที ความเร็วรอบ 5.250 รอบ/นาที และกังหันสูบน้ำที่ได้ปริมาณ

น้ำเฉลี่ยน้อยสุด คือ กังหันสูบน้ำท่อขดก้นหอย 1 ขด แนวตั้งความสูง 7 เมตร 3.200 ลิตร/นาทีความเร็วรอบ 3.625 รอบ/นาที

5 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการดำเนินการวิจัยเก็บข้อมูลจาก นายสราวุฒิ สุขใส และ นายรัตนชัย รัตนะรัต นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ได้ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

6 เอกสารอ้างอิง (References)

[1] Satish H. Patil, Swapnil G. Sutar, Shubham R. Mirage, Ajinkya M. Patil, Bajirao H .Nangre Patil. A Review Paper on Spiral Tube Water Wheel Pump. [Internet]. 2017 [cited 2018 March 15] available from : http://www.ijarse.com/images/fullpdf/1503319375_IETEBanglore535.pdf.

[2] Asral, Musthafa Akbar, Syafri. The Performance of Undershot Water Turbine Combined With Spiral Tube Pump On Empowerment of Energy Resources Local Contiguous Small River Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace. 2017; 42 : 19–23.

[3] S N Waghmare, M M Mestri, P V Lavekar, T S Misal, P C Nalawade. Manually Operated Spiral Tube Water Wheel Pump. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 1015; 2(1) : 167–169.

[4] Sameer Singh, Tuhin Srivastava, Nitish Aarya, Sarthak Mittal, Rishab Singh. Performance and Analysis of Triple Scoop Spiral Pump. International Symposium on “Fusion of Science & Technology”(IFST2016); 2016 January 18-22; New Delhi, India; 2016. p. 530–532.

[5] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. พลังงานน้ำ [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 2561 มีนาคม 15]. เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/พลังงานน้ำ

[6] Praveen Mishra, Divakar Verma, Harshal Sankhe, Rajesh More. Spiral Tube Water Wheel Pump. International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication. 2016; 4(4) : 137–139.

[7] Phillip L. Thompson, Sonya Milonova, Meghan Reha, Faisal Mased, Ian Tromble. Coil Pump Design for a Community Fountain in Zambia. International Journal for Service Learning in Engineering. 2011; 6(1) : 33-45.

[8] A. Garciay, A. Liny, and M. Yep. The Mechanics of a Spiral Water Pump. [Internet]. 2017 [cited 2018 March 15] available from : https://www.overleaf.com/articles/the-mechanics-of-a-spiral-water-pump/cfwrtqddfygq/viewer.pdf.