

การศึกษาประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำวน โดยกังหันน้ำแบบกรงกระรอก

A STUDY OF THE TOTAL EFFICIENCY OF ELECTRICITY GENERATION SYSTEM FROM VORTEX TURBINE BY CROSSFLOW HYDRO-TURBINE

กนกวรรณ ปาปะโม^{1,*} และ รัชพล สันติวารการ²

Kanokwan Papamo^{1,*} and Ratchaphon Suntivarakorn²

¹ สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Department of Energy Engineering, Faculty of Engineering, Khonkaen University

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khonkaen University

Received: 23 December 2019

Revised: 22 July 2020

Accepted: 10 August 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันน้ำแบบกรงกระรอก (crossflow hydro-turbine) โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพในบ่อน้ำวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 0.50 เมตร ทางระบายน้ำออกเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.20 เมตร กำหนดอัตราการไหลอยู่ที่ 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 และ 0.06 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ทดสอบกับกังหันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ขนาด ได้แก่ 0.40, 0.50, 0.60 และ 0.70 เมตร ทั้ง 4 ขนาดมีความสูง 0.30 เมตร และมีจำนวนใบพัด 12, 18, 24, 30 และ 36 ใบพัด มีการวางกังหันสูงจากก้นบ่อ 2 ระดับ คือ 0.2 และ 0.10 เมตร ผลการทดสอบพบว่าค่าประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า กังหันน้ำวางสูงจากก้นบ่อ 0.02 เมตร สูงกว่า ระดับ 0.10 เมตร ของทุกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และกังหันน้ำขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร จำนวนใบพัด 18 ใบ ที่อัตราการไหล 0.02 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ประสิทธิภาพสูงที่สุด เท่ากับ 23.01%

คำสำคัญ: กังหันน้ำวน, พลังงานน้ำวน, ประสิทธิภาพของระบบ, กังหันน้ำกรงกระรอก

* ผู้ประสานงาน: กนกวรรณ ปาปะโม

อีเมล: kanokwan.papamo@gmail.com

Abstract

The purpose of this study was to investigate the overall efficiency of the power generation system of a crossflow hydro-turbine. The experiments were conducted to determine the efficiency of the system in a free vortex pool with a diameter of 1 meter, a height of 0.50 meter, a water exit at 0.20 meter and set the flow rates at 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 and 0.06 cubic meter per second respectively. The crossflow hydro-turbines used in the experiments were 0.30 meters high, had four different diameter sizes at 0.40, 0.50, 0.60 and 0.70 meter with 12, 18, 24, 30 and 36 blades. The turbines were installed at two different levels from the bottom of the vortex pool: 0.20 and 0.10 meters. The results demonstrated that when the turbines were placed at a 0.02-meter level, the efficiency of power generation system of all sized turbines was higher than that of a 0.10-meter level. In addition, the hydro turbine with a diameter of 0.40 meter, 18 blades and the flow rate of 0.02 cubic meter per second performed the highest efficiency of 23.01 percent.

Keywords: Vortex turbine, Vortex energy, System efficiency, Crossflow hydro-turbine

บทนำ

ปัจจุบันนั้นพลังงานต่าง ๆ ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาประเทศทุกด้าน ทั้งด้านสังคม เศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิต ไม่ว่าจะเป็นการดำรงชีวิตประจำวัน การคมนาคม สิ่งอุปโภค-บริโภค รวมไปถึงภาคอุตสาหกรรม ทั้งหมดที่กล่าวมานั้นล้วนใช้พลังงานในการขับเคลื่อน และปัจจุบันประเทศไทยนั้น ยังต้องใช้พลังงานหลักจาก พลังงานฟอสซิล (Fossil) เป็นส่วนใหญ่ แต่ในทางกลับกันประเทศไทยขาดเจาะ และผลิตพลังงานจากฟอสซิล (Fossil) ได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานภายในประเทศ โดยข้อมูลจากกระทรวงพลังงาน ระบุว่า การผลิตในประเทศ ในปี 2015 ประเทศไทยสามารถผลิตพลังงานในประเทศได้ ประมาณ 64,772.75 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ประกอบด้วย ถ่านหิน 5.85%, น้ำมันดิบ

18.62%, ก๊าซธรรมชาติ 49.33%, พลังงานหมุนเวียน 26.20% และการนำเข้าพลังงาน ในปี 2016 ไทยต้องนำเข้าพลังงานรวม 66,568.39 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ประกอบไปด้วย ปริมาณนำเข้าถ่านหิน 13.46%, ปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบ 70.76%, ปริมาณนำเข้าน้ำมัน สำเร็จรูป 0.83%, ปริมาณนำเข้าก๊าซธรรมชาติ 13.08%, ปริมาณการนำเข้าไฟฟ้า 1.87%

พลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานหลักที่มีความต้องการใช้อย่างมากในทุกภาคส่วน (ศูนย์ ข้อมูลพลังงานไทย กระทรวงพลังงาน, 2560) เพื่อเป็นการลดการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจาก ต่างประเทศ หรือลดการนำเข้าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้เพียงพอต่อความ ต้องการของทุกภาคส่วน จึงมีการคิดค้น และพัฒนาพลังงานทดแทนขึ้นโดยใช้พลังงานน้ำที่มี อยู่แล้ว ผลิตไฟฟ้าโดยใช้กังหันน้ำปั่นไฟฟ้าจากการไหลวนของน้ำ เพื่อให้เกิดกระแสไฟขึ้น และพัฒนาต่อเนื่องโดยการศึกษาหาการเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันแต่ละชนิด เพื่อให้การ ผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

พลังงานน้ำเป็นอีกทางเลือกที่มีประสิทธิภาพที่ดีอีกอย่างของพลังงานทดแทน โดย ไฟฟ้าพลังน้ำ คือ ไฟฟ้าที่เกิดจากพลังน้ำ โดยใช้พลังงานจลน์ของน้ำซึ่งเกิดจากการปล่อยน้ำ จากที่สูงหรือการไหลของน้ำ หรือการขึ้น-ลงของคลื่น ไปหมุนกังหันน้ำ (Turbine) และเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า โดยพลังงานที่ได้จากไฟฟ้าพลังน้ำนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ ความแตกต่างของ ระดับน้ำ ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และพลังงานจากพลังน้ำ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบกรงกระรอก (crossflow hydro-turbine) เพื่อหาขนาดและจำนวนใบพัดที่เหมาะสมกับการผลิต กระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำวนที่สุด ทั้งนี้การทดลองนี้ทำการทดลองในสภาพแวดล้อมเดียวกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การคำนวณหาประสิทธิภาพที่ได้ของกังหันแต่ละชนิด จะสามารถหาค่าได้จาก (ณัฐวุฒิ จันทเลิศ และ จิระกานต์ ศิริวิชัยมิตร, 2555)

1. การหากำลังจากกระแสน้ำที่กระทำกับกังหัน สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P_{in} = \rho g Q H \quad (1)$$

2. การหากำลังไฟฟ้าที่ได้จากกังหัน สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P_{out} = V \times I \quad (2)$$

3. การหาประสิทธิภาพโดยรวม สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ

- P_{out} = กำลังที่ได้จริงจากกระแสน้ำ (W)
 P_{in} = กำลังไฟฟ้าที่เข้าระบบ (W)
 η = ประสิทธิภาพรวมของระบบ (%)
 Q = อัตราการไหล (m^3/s)
 ρ = ความหนาแน่นของน้ำ 1,000 (kg/m^3)
 H = ความสูงของน้ำ (m)
 V = แรงดันไฟฟ้า (V)
 I = กระแสไฟฟ้า (A)
 g = ค่าความโน้มถ่วงของโลก 9.81 (m/s^2)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1) อุปกรณ์

1.1) บ่อน้ำวน จากภาพที่ 1 ประกอบด้วย

- ถังเก็บน้ำเหล็ก ทำหน้าที่รองรับน้ำจากการปั้มน้ำขึ้นเพื่อปล่อยไหลลงตามราง
- รางน้ำ โดยน้ำจะไหลจากถังเก็บน้ำลงสู่บ่อน้ำวน
- บ่อน้ำวน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 0.50 เมตร
- ช่องทางระบายน้ำออกจากบ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.20 เมตร
- อ่างสำรองน้ำด้านล่าง ท่อ และปั้มน้ำ จำนวน 5 ชุด



รูปที่ 1 ต้นแบบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำวน
ที่มา: Wanchat & Suntivarakorn (2011)

1.2) อุปกรณ์วัดไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 2 อุปกรณ์วัดไฟฟ้ากระแสตรง

1.3) กังหันกรงกระรอก ขนาดความกว้างของใบ 0.1 เมตร (Adhikari & Wood, 2018)



รูปที่ 3 กังหันแบบกรงกระรอก (crossflow hydro-turbine) สูง 0.30 เมตร
จำนวน 24 ใบพัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40, 0.50, 0.60 และ 0.70 เมตร



จำนวน 12 ใบ



จำนวน 18 ใบ



จำนวน 24 ใบ



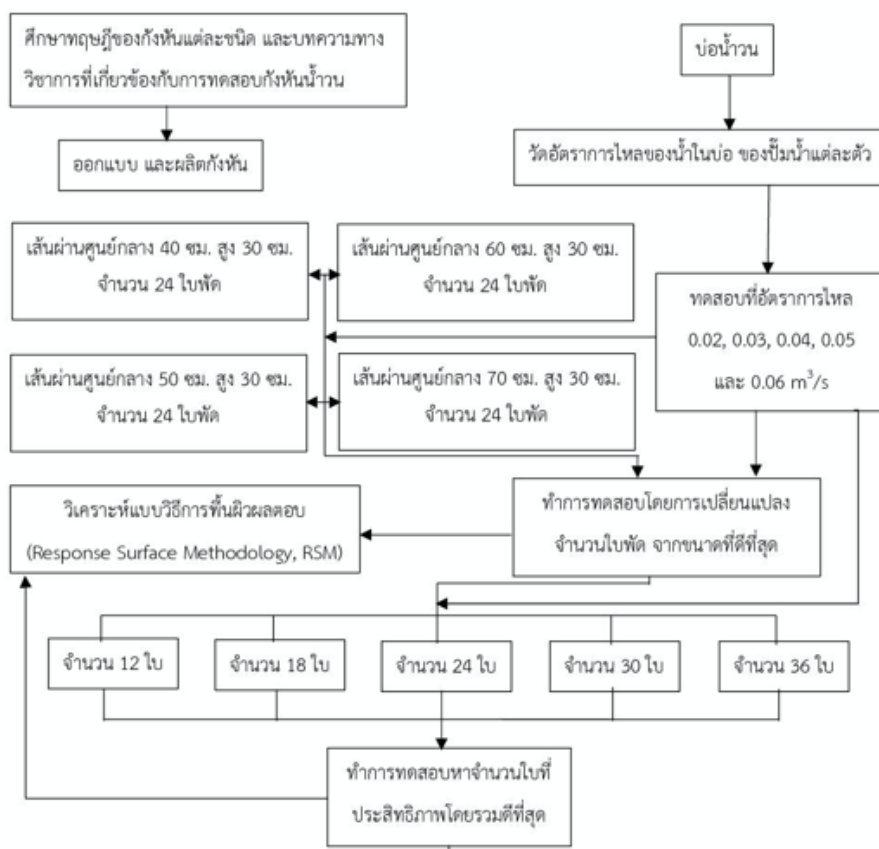
จำนวน 30 ใบ



จำนวน 36 ใบ

รูปที่ 4 ลักษณะกังหันความสูง 0.30 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร
จำนวนใบพัดต่างกัน

2) วิธีการทดลอง



รูปที่ 5 Flow chart แสดงขั้นตอนการทดลอง

ในการศึกษากังหันน้ำแบบกรงกระรอก (crossflow hydro-turbine) มี 3 การทดลอง
(ก) นำกังหันความสูง 0.30 เมตร จำนวน 24 ใบพัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40, 0.50, 0.60 และ 0.70 เมตร ลงประกอบในบ่อน้ำวน โดยวางกังหันสูงจากก้นบ่อ 0.02 เมตร และเปิดปั๊มควบคุมอัตราการไหล

(ข) เปลี่ยนเพลลา เพื่อให้กังหันวางสูงจากก้นบ่อ 0.10 เมตร โดยใช้กังหันตัวเดียวกัน และการทดลองตามขั้นตอนเดียวกันกับการทดลอง (ก)

(ค) นำกังหันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดมาเปลี่ยนแปลงจำนวนใบพัด โดยกำหนดให้จำนวนใบพัด 12, 18, 24, 30 และ 36 ใบ แล้วทำการทดลองตามขั้นตอนเดียวกันกับการทดลอง (ก)

จากการทดลองบันทึกผลการทดลองทั้งหมดด้วยวิธีการเดียวกันที่ได้จากเครื่องวัด เช่น กำลังที่ได้จริงจากกระแสไฟฟ้า (W) , แรงดันไฟฟ้า (V) , กระแสไฟฟ้า (A) , ความสูงของน้ำ (m) เพื่อคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่เข้าระบบ (W) และประสิทธิภาพรวมของระบบ (%)

ในการทดลอง (ก) และ (ข) เพื่อศึกษาว่าระหว่างระดับการวางกังหันสูงจากก้นบ่อ 0.02 และ 0.10 เมตร ระดับไหนเหมาะสมกับบ่อน้ำวน หลังจากทำการทดสอบเสร็จ นำค่าที่บันทึกได้ไปวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้าที่เข้าระบบ โดยคำนวณจากสมการ (1) และวิเคราะห์หาค่ากำลังที่ได้จริงจากกระแสไฟฟ้า โดยคำนวณจากสมการ (2) เพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพรวมของระบบ โดยคำนวณจากสมการ (3) จากนั้นจึงนำค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกันจะได้ค่าความสูงจากก้นบ่อ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมกับบ่อน้ำวนที่สุด แล้วจึงนำระดับและขนาดกังหันมาทำการทดลองในการทดลอง(ค) โดยทำการทดสอบด้วยขั้นตอนการทดลองด้วยวิธีเดียวกัน

ผลการวิจัยและอภิปราย

จากการทดลองกังหันทั้ง 3 การทดลอง ด้วยวิธีการเดียวกัน ได้ผลการทดลองโดยพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ โดยมีค่าดังนี้

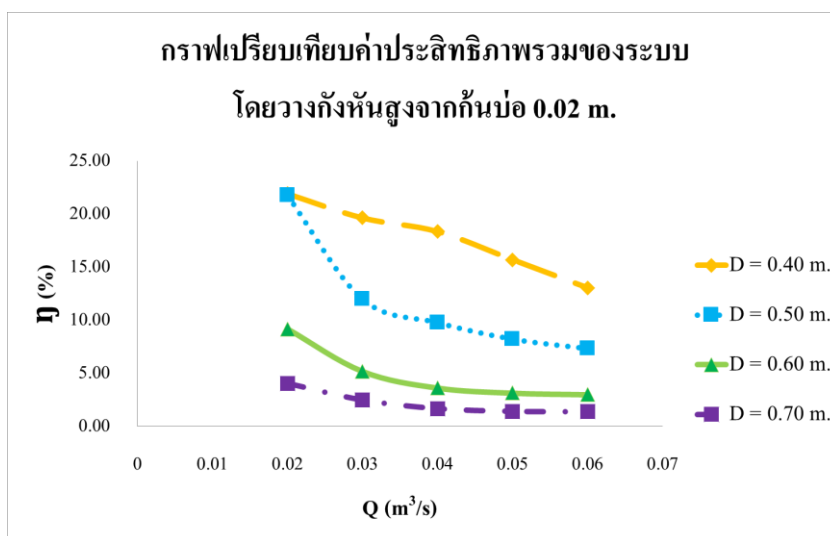
ตารางที่ 1 ค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ โดยวางกังหันสูงจากก้นบ่อ 0.02 และ 0.10 เมตร

เส้นผ่านศูนย์กลาง	อัตราการไหล	ประสิทธิภาพ	
D (m.)	Q (m ³ /s)	η (%)	
ระยะจากก้นบ่อ		0.02 m.	0.10 m.
0.04	0.02	21.91	17.76
	0.03	19.63	16.82
	0.04	18.35	16.37
	0.05	15.70	15.09
	0.06	13.05	11.99
0.05	0.02	21.78	14.30
	0.03	12.00	13.5
	0.04	9.79	10.14
	0.05	8.24	7.30
	0.06	7.34	6.73
0.06	0.02	9.17	8.88
	0.03	5.18	5.61
	0.04	3.62	4.03
	0.05	3.14	3.63
	0.06	2.99	3.09
0.07	0.02	4.05	4.67
	0.03	2.49	2.73
	0.04	1.68	1.58
	0.05	1.43	1.39
	0.06	1.39	1.43

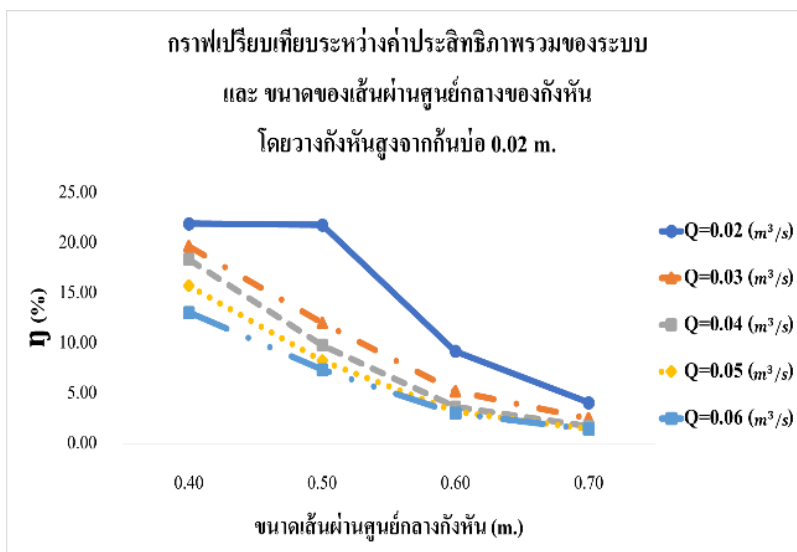
จากตารางที่ 1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพรวมของระบบ โดยวางกังหันสูงจากก้นบ่อ 0.02 เมตร ของกังหันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40, 0.50, 0.60 และ 0.70 เมตร มีค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ เท่ากับ 21.91%, 21.78%, 9.17%, 4.05% ตามลำดับ และวางกังหันสูงจากก้นบ่อ 0.10 เมตร ของกังหันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40, 0.50, 0.60 และ

0.70 เมตร มีค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ เท่ากับ 17.76% , 14.30% , 8.88% , 4.67% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่า ระดับที่วางสูงจากกันบ่อ 0.02 เมตร มีประสิทธิภาพสูงกว่า เนื่องจากที่กันบ่อกระแสน้ำวนมีความเร็วกว่ากระแสน้ำวนช่วงกลางบ่อ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร มีค่าประสิทธิภาพสูงเนื่องจากที่กันบ่อกระแสน้ำวนมีความเร็วกว่ากระแสน้ำวนช่วงกลางบ่อ และขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมีความใกล้เคียงกับทางน้ำออก ใบของกังหันจึงใกล้กับช่วงที่น้ำมีอัตราเร่งสูง และที่อัตราการไหลของน้ำ 0.02 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เนื่องจากอัตราการไหลนี้ระดับความสูงของน้ำพอดีกับขนาดความสูงของกังหัน จึงทำให้มีค่าประสิทธิภาพสูงที่สุด

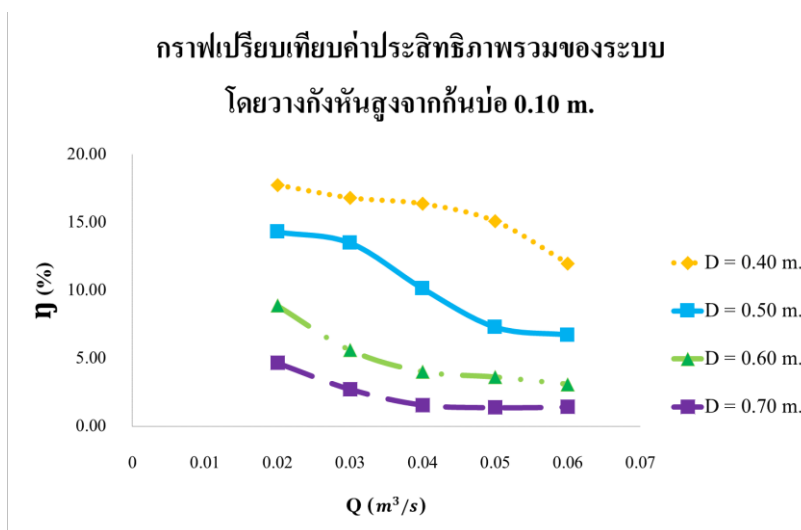
จากทั้ง 2 การทดลองจะพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร มีค่าประสิทธิภาพรวมของระบบสูงที่สุด ที่อัตราการไหล 0.02 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และนำค่าของ 2 การทดลอง มาเขียนกราฟได้ดังนี้



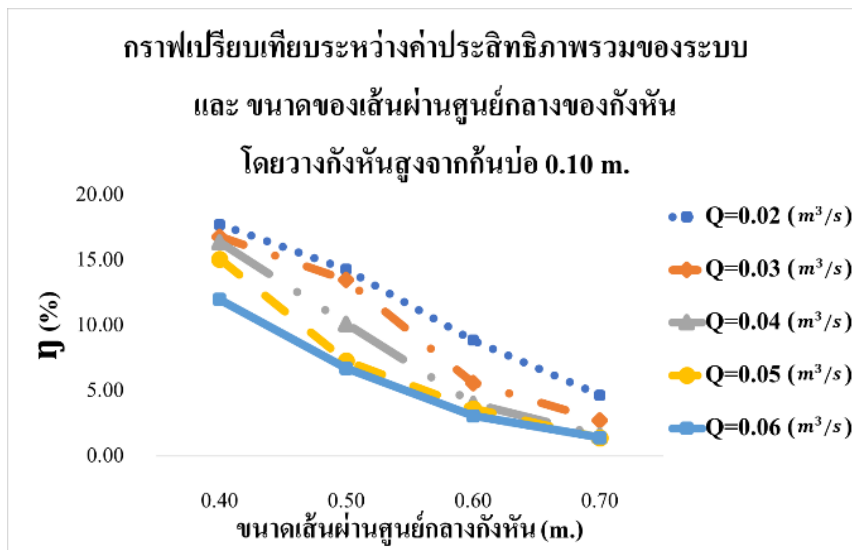
รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ โดยวางกังหันสูงจากกันบ่อ 0.02 เมตร



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ และ ขนาดของเส้นผ่าน-
ศูนย์กลางของกังหัน โดยวางกังหันสูงจากก้นบ่อ 0.02 เมตร



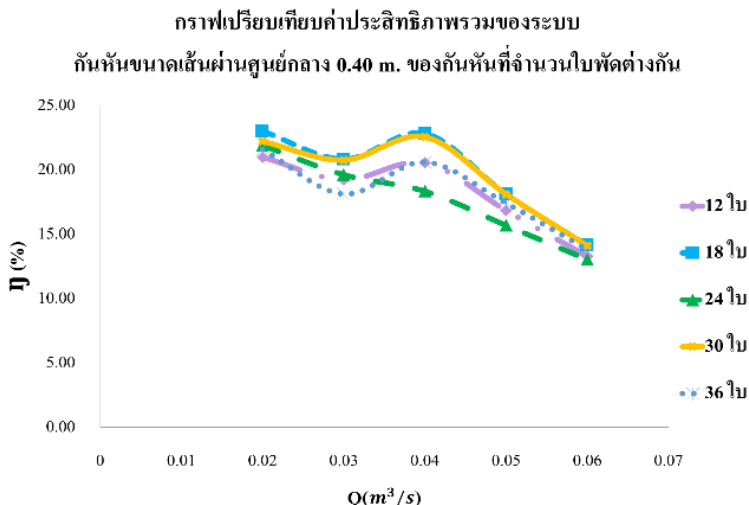
รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ โดยวางกังหันสูงจากก้นบ่อ 0.10 เมตร



รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ และ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของกังหัน โดยวางกังหันสูงจากก้นบ่อ 0.10 เมตร

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกังหันจากพลังงานน้ำวน มีกังหันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ขนาด ได้แก่ 0.40, 0.50, 0.60 และ 0.70 เมตร ทั้ง 4 ขนาด มีความสูง 0.30 เมตร โดยการทดลองมีการวางกังหันสูงจากก้นบ่อ 2 ระดับ คือ 0.02 และ 0.10 เมตร พบว่ากังหันน้ำที่วางอยู่ระดับสูงจากก้นบ่อ 0.02 เมตร มีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าระดับ 0.10 เมตร และกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร ที่อัตราการไหล 0.02 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีค่าประสิทธิภาพรวมของระบบสูงที่สุด เท่ากับ 21.91%

จากการทดลอง (ก) และ (ข) จึงได้นำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมกับบ่อน้ำวน มาทำการทดลอง (ค) และจากการทดลองพบว่าจำนวนใบที่เหมาะสมคือ 18 ใบ



รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ ที่มีการเปลี่ยนแปลงใบพัด
ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร และวางกั้นสูงจากก้นบ่อ 0.02 เมตร

จากรูปที่ 9 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง ค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ (%) กับ อัตราการไหล (m^3/s) ของกั้นหน้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร วางกั้นสูงจากก้นบ่อ 0.02 เมตร โดยเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพรวมของระบบตามการเปลี่ยนแปลงจำนวนใบพัดของกั้นหน้า จากการทดลองพบว่า ค่าประสิทธิภาพสูงสุด คือกั้นหน้าจำนวนใบพัด 18 ใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกั้นหน้า 0.40 เมตร มีค่าประสิทธิภาพ 23.01% เพราะระยะห่างระหว่างใบพัดมีระยะพอเหมาะกับอัตราการไหลของน้ำตกกระทบพอดี จึงทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกั้นหน้าจากพลังงานน้ำวน มีกั้นหน้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ขนาด ได้แก่ 0.40, 0.50, 0.60 และ 0.70 เมตร ทั้ง 4 ขนาด มีความสูง 0.30 เมตร และแต่ละขนาดมีจำนวนใบพัด 24 ใบพัด ทุกการทดลองมีการกำหนดอัตราการไหลเท่ากับ 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 และ 0.06 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และทางระบายน้ำออกเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.20 เมตร โดยการทดสอบมีการวางกั้นสูงจากก้นบ่อ 2 ระดับ

คือ 0.02 และ 0.10 เมตร พบว่ากังหันน้ำที่วางอยู่ระดับสูงจากกันบ่อ 0.02 เมตร มีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าระดับ 0.10 เมตร และกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร ที่อัตราการไหล 0.02 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีค่าประสิทธิภาพรวมของระบบสูงที่สุด เท่ากับ 21.91%

จากนั้นนำกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร มาทำการทดลองเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนใบพัด ซึ่งจากการทดลองพบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร จำนวนใบพัด 18 ใบ ประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าเท่ากับ 23.01% ที่อัตราการไหล 0.02 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ได้ว่าประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันน้ำแบบกรงกระรอก (crossflow hydro-turbine) โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพในบ่อน้ำวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 0.50 เมตร ทางระบายน้ำออกเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.20 เมตร กำหนดอัตราการไหลอยู่ที่ 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 และ 0.06 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ทดสอบกับกังหันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ขนาด ได้แก่ 0.40, 0.50, 0.60 และ 0.70 เมตร ทั้ง 4 ขนาดมีความสูง 0.30 เมตร และมีจำนวนใบพัด 12, 18, 24, 30 และ 36 ใบพัด มีการวางกังหันสูงจากกันบ่อ 2 ระดับ คือ 0.2 และ 0.10 เมตร จากผลการทดสอบพบว่าค่าประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า กังหันน้ำวางสูงจากกันบ่อ 0.02 เมตร สูงกว่า ระดับ 0.10 เมตร ของทุกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร จำนวนใบพัด 18 ใบ มีที่อัตราการไหล 0.02 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ประสิทธิภาพสูงที่สุด เท่ากับ 23.01%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านจากสาขาวิศวกรรมพลังงาน ที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และภาคีวิศวกรรมการเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนวิจัย เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐวุฒิ จันทเลิศ และ จิระกานต์ ศิริวิชัยมิตร. (2555). การทดสอบประสิทธิภาพของใบพัด กังหันน้ำแนวตั้งแบบลดแรงเสียดทาน: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพใบพัด. ในการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9. วันที่ 6-7 ธันวาคม 2555. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. หน้า 121-128.
- ศูนย์ข้อมูลพลังงานไทย กระทรวงพลังงาน. (2560). การผลิตในประเทศ และการนำเข้า น้ำมันจําแนกตามชนิด. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2561, จาก <http://info.energy.go.th/th/report-th>.
- Adhikari, R. C., & Wood, D. H. (2018). The Design of High Efficiency Crossflow Hydro Turbines: A Review and Extension. *Energies*, 11(2), 1-18.
- Wanchat, S., & Suntivarakorn, R. (2011). Preliminary Design of a Vortex Pool for Electrical Generation. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 13(1), 173-177.