การศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากทางน้ำเปิด

A Study of Open Channel Flow Generation

รัชต มั่งมีชัย

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530

E-mail: r_mangmeechai@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากทางน้ำเปิด การผลิตไฟฟ้าอาศัยหลักการเปลี่ยนพลังงานกลจากกังหันเป็นต้นกำลังและเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ออกแบบโครงสร้างสำหรับติดตั้งเครื่องกังหันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและติดตั้งบนเรือ การผลิตไฟฟ้าทำได้โดยวางโรงไฟฟ้าบนทางน้ำเปิด โรงไฟฟ้าจะเปลี่ยนพลังงานจลน์ของน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้า โรงไฟฟ้าที่ออกแบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 25.06 W แรงดันไฟฟ้า 14 V กระแสไฟฟ้า 1.79 A ความเร็วรอบกังหัน 47.10 rpm ความเร็วเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1,854.73 rpm ความเร็วน้ำ 1.667 m/s จากผลการศึกษาสามารถนำไปออกแบบโรงไฟฟ้าจากทางน้ำเปิดที่มีพิกัดต่าง ๆ ได้ในอนาคต

Abstract

This research aims to investigate electricity generation for an open channel flow. Electricity generation is based on the principle of converting kinetic energy of electrical energy using direct current (DC) generators installed on turbines and ships. Electricity production is achieved by placing a power plant on open channel flow. The power plant converts the kinetic energy of water into electrical energy. The designed power plant can produce 25.06 W of electricity, voltage 14 V, current 1.79 A, turbine speed 47.10 rpm, generator speed 1,854.73 rpm, water speed 1.667 m/s. The study's results can be used to design an open channel flow power plant with various ratings in the future.

1. บทนำ

ปัญหาโลกร้อนเป็นสิ่งใกล้ตัวเราทุกคน [1] ดังเห็นได้จากการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่รุนแรงมากขึ้น ต้นเหตุที่ทำให้เกิดโลกร้อนคือการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล อุณหภูมิของโลกจะเพิ่มสูงขึ้น และหากอุณหภูมิของโลกสูงขึ้นเกิน 1.7 - 1.8 องศาเซลเซียสจากปัจจุบัน จะเกิดปัญหาขึ้นทันที อาทิ พื้นที่ทำเกษตรหายไป และสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ รัฐบาลหลายประเทศได้ลงนามในข้อตกลงปารีสปี 2015 เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิโลกเพิ่มสูงเกินกว่า 1.5 องศาเซลเซียส ประเทศไทยถือเป็นหนึ่งในประเทศที่ร่วมในภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (COP) เมื่อปี 1992 และความตกลงปารีสในปี 2015 เป็นโอกาสครั้งสำคัญที่จะทำให้ทั่วโลกรวมถึงประเทศไทยได้ตระหนักถึงความสำคัญของการลดก๊าซเรือนกระจก และก้าวเข้าสู่โมเดลเศรษฐกิจใหม่ที่เน้นการเติบโตอย่างสมดุลและยั่งยืน ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นคือทำอย่างไรจึงจะจัดหาพลังงานให้เพียงพอแก่ความต้องการ โดยต้องคำนึงถึงความปลอดภัย และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงาน โดยคำตอบของการแก้ปัญหานี้คือพลังงานหมุนเวียน เช่นพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานชีวมวล และพลังงานน้ำ มาทดแทนเชื้อเพลิงรูปแบบเดิมซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องมีการการแก้ไขโดยเร็ว

โครงการคลองลัดโพธิ์อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.สมุทรปราการ [2] มีประตูระบายน้ำ 4 บาน สูง 14 เมตร กว้าง 9 เมตร ติดตั้งชุดกังหันด้านหลังของบานประตูน้ำ 2 แบบคือ แบบหมุนตามแนวมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร และ แบบหมุนขวางการไหลมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ยาว 2.5 เมตร มีโครงสร้างเพื่อปรับระดับชุดกังหันให้ขึ้นลงตามการเปิด-ปิดประตูน้ำ สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุด 5.74 kW และ งานวิจัยปี 2562 เรื่องการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากทางน้ำเปิด [3] โดยออกแบบกังหันน้ำชนิดโพรเพลเลอร์ (Propeller turbine) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm จำนวน 4 ใบ ต่อร่วมกับ DC generator ทดสอบในห้องปฏิบัติติการชลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา แต่เนื่องจากห้องปฏิบัติติการชลศาสตร์จำลองการไหลของน้ำได้เพียง 1 m/s ที่ความสูง 20 - 21 เซนติเมตร ส่งผลให้น้ำไหลผ่านกังหันได้เพียง 1 ใบจากทั้งหมด 4 ใบ

จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ โดยออกแบบกังหันน้ำชนิดโพรเพลเลอร์ และแท่นทดสอบ เพื่อหากำลังด้านออกของกังหัน และทำการทดสอบในบึงน้ำปิด ใช้เครื่องยนต์เรือเป็นต้นกำลัง ทดสอบที่ความเร็วน้ำ 1.389 - 2.222 m/s จากผลการทดสอบกำลังด้านออกสูงสุดของกังหันได้ที่ 13.95 - 44.20 W ทดสอบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันต้นแบบ โดยกังหันจะอยู่ในน้ำต่ออยู่กับเพลาที่มีเฟืองขับ 35 ฟัน ต่อโซ่กับเฟืองตาม 15 ฟัน ของเพลาเส้นที่สอง(อยู่เหนือน้ำ) ทำให้มีความเร็วรอบเร็วขึ้น 2.33 เท่า และมีอัตราทด 1:3.38 ใช้เฟืองขับ 54 ฟัน ต่อโซ่กับเฟืองตาม 16 ฟัน ของเพลาเส้นที่สามทำให้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้น 3.38 เท่า แล้วต่อเพลาเส้นที่สามเข้าเกียร์ทดรอบ 1:5 ทำให้อัตราทดรอบรวมของแท่นทดสอบมี 39.38 เท่า เป็นต้นกำลัง ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงพิกัด 72 V, 315 W, 48 A, 3,000 rpm จากผลการทดสอบสามารถผลิตไฟฟ้า กำลังด้านออกสูงสุดที่ 25.06 W แรงดันไฟฟ้า 14 V กระแสไฟฟ้า 1.79 A ความเร็วรอบกังหัน 47.10 rpm ความเร็วเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1,854.73 rpm ที่ความเร็วน้ำ 1.667 m/s จากผลการทดสอบสามารถออกแบบโรงไฟฟ้าบนทางน้ำเปิดพิกัดต่าง ๆ ได้ในอนาคต

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องกังหันน้ำ

เครื่องกังหันน้ำ (Hydraulic turbines) คือเครื่องมือสร้างการหมุนให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กังหันน้ำทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากการไหลของน้ำไปเป็นการหมุนของเพลา เป็นอุปกรณ์ที่มีใบพัดถูก

ติดตั้งที่เพลาหมุนหรือแผ่นจานหมุน (โรเตอร์) มีท่อทางน้ำไหลผ่านใบกังหัน แรงของน้ำไปกระทบกับกังหัน ความเร็วรอบของการหมุนขึ้นอยู่กับความดันของน้ำที่ไหลมากระทบใบกังหัน ผลที่ได้จะเกิดแรงบิด (torque) ทำให้เพลาเกิดการหมุน กังหันน้ำแบ่งออกได้ 2 ชนิด

2.1.1 กังหันแรงกระแทก

กังหันน้ำแรงกระแทก (Impulse turbine) เป็นเครื่องกังหันที่ขับเคลื่อนโดยใช้แรงฉีดของน้ำจากท่อส่งน้ำกระทำต่อใบกังหันภายใต้สภาวะความดันของบรรยากาศความสูงของหัวน้ำมีอิทธิพลโดยตรงต่อแรงฉีดของน้ำต่อใบกังหัน และกำลังผลิตพลังไฟฟ้า

2.1.2 กังหันน้ำแรงสะท้อน

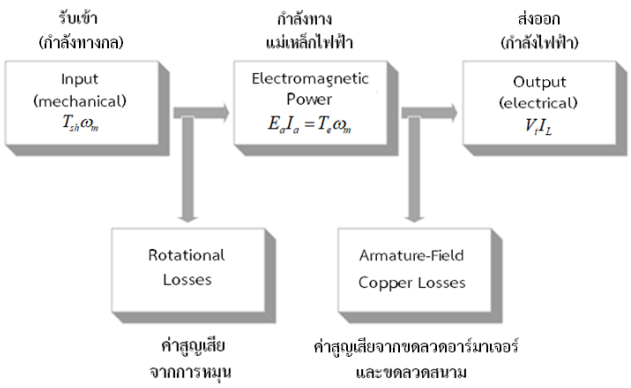
กังหันน้ำแรงสะท้อน (Reaction turbine) น้ำจะไหลผ่านในแนวสัมผัสส่งผลทำให้มีแรงบิดที่กระทำต่อใบพัดทำให้ใบพัดหมุน กังหันน้ำชนิดนี้ความดันสถิต(static pressure) ของน้ำจะมีค่าลดลงเมื่อไหลผ่านใบกังหัน กังหันน้ำชนิดนี้เหมาะสำหรับการใช้งานกับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำต่ำถึงปานกลาง

รูปที่ 1 กังหันน้ำโพรเพลเลอร์ ที่ออกแบบ

กังหันน้ำชนิดโพรเพลเลอร์ (Propeller turbine) คือกังหันน้ำที่มีการไหลของน้ำเข้าสู่เครื่องกังหันน้ำแบบการไหลผ่านตามแนวแกน (axial flow) เหมาะสำหรับการทำงานของแหล่งหัวน้ำไม่สูงมาก คือไม่มากกว่า 30 m

2.2 เครื่องจักรไฟฟ้ากระแสตรง (DC Machines)

อุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้า-กล (Electromechanical devices) [4] ที่มีการใช้งานอยู่ทั่วไปจะเป็นเครื่องจักรไฟฟ้าหมุนที่ใช้หลักการของสนามแม่เหล็ก วัตถุประสงค์ของเครื่องจักรไฟฟ้าหมุนคือการทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานกลเป็นพลังไฟฟ้าหรือจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะทำให้หน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับระบบไฟฟ้า และมอเตอร์ จะทำหน้าที่เป็นแหล่งสร้างพลังงานกลเพื่อจ่ายให้กับภาระทางกลหลักการทำงานพื้นฐานของเครื่องจักรไฟฟ้าหมุนจะประกอบไปด้วยขดลวด 2 ชุด ได้แก่ ขดลวดสนาม (Field winding) ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก และ ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature winding) เป็นขดลวดชุดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปพลังงาน ไฟฟ้า-กล



รูปที่ 2 Power flow diagram ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

3. การออกแบบกังหันน้ำ

การออกแบบกังหันน้ำโพรเพลเลอร์ (propeller turbine) [5] จะอยู่ระหว่าง 3 - 6 ใบ การคำนวณหากำลังด้านออก ประสิทธิภาพและตัวแปรอื่นๆของเครื่องกังหันชนิด โพรเพลเลอร์ (propeller turbine) ได้ดังสูตรต่อไปนี้

การหาดุม (hub)

$$n = \frac{d}{D} \qquad (1)$$

n : อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางดุมต่อเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของกังหัน

d : เส้นผ่านศูนย์กลางดุม (m)

D : เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก กังหัน (m)

หาอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่เครื่องกังหัน

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 (1 - n^2) \psi \sqrt{2gH} \qquad (2)$$

Q : อัตราการไหลของน้ำเข้าสู่เครื่องกังหัน (m^3/)s

ψ : อัตราส่วนการไหล มีค่าประมาณ 0.70

g : อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

H : ความสูงของแหล่งน้ำ มีหน่วย (m)

การหาอัตราส่วนความเร็ว

$$\phi = \frac{u}{\sqrt{2gH}} \qquad (3)$$

ϕ : พื้นที่ที่ตกตั้งฉาก (m^2)

u : ความเร็วของใบกังหัน ณ ตำแหน่งที่ลำน้ำกระทบใบกังหัน (m/s)

การหากำลังที่เกิดของกังหันน้ำ

$$P = \rho Q (V_{u1} \pm V_{u2}) u \qquad (4)$$

P : กำลังที่เกิดขึ้นของกังหัน (W)

ρ : ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

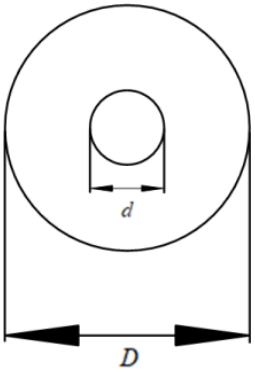
V_{u1} : องค์ประกอบของความเร็ว V ในแนวความเร็ว u ที่ทางเข้า (m/s)

V_{u2} : องค์ประกอบของความเร็ว V ในแนวความเร็ว u ที่ทางออก (m/s)

การหาอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่เครื่องกังหัน

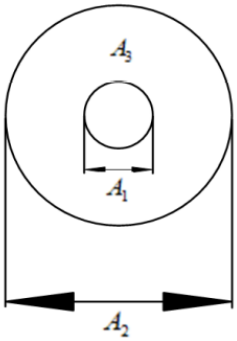
กำหนดความเร็วน้ำ= 1.7 m/s, n = 0.35, D = 0.3 m

คำนวนหาเส้นผ่านศูนย์กลาง d จากสมการ (1)



รูปที่ 3.เส้นผ่านศูนย์กลางของกังหัน

$$d = n \times D$$
$$d = 0.35 \times 0.3$$
$$d = 0.1050m$$



รูปที่ 4.พื้นที่ส่วนต่างๆของกังหัน

หาพื้นที่ A_1, A_2 เพื่อหาพื้นที่ A_3

$$A_1 = \pi r_1^2$$
$$A_1 = \pi \times 0.041^2$$
$$A_1 = 0.005m^2$$

จาก

$$A_2 = \pi \times r_1^2$$
$$A_2 = \pi \times 0.115^2$$
$$A_2 = 0.042m^2$$

จาก

$$A_3 = A_2 - A_1$$
$$A_3 = 0.042 - 0.053$$
$$A_3 = 0.037m^2$$

หาอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่เครื่องกังหันจาก

สมการ (2) ย้ายข้างเพื่อหา H

กำหนด ψ มีค่าเท่ากับ 0.70

$$H = \left(\frac{Q \times 4}{\left(D^2\left(1-d^2\right)\right)\pi\psi} \right)^2 / 2g$$

$$H = \left(\frac{0.1755 * 4}{\left(0.3^2\left(1-0.35^2\right)\right)\times\pi\times 0.7} \right)^2 / 2\times 9.81$$

$$H = 0.8327m$$

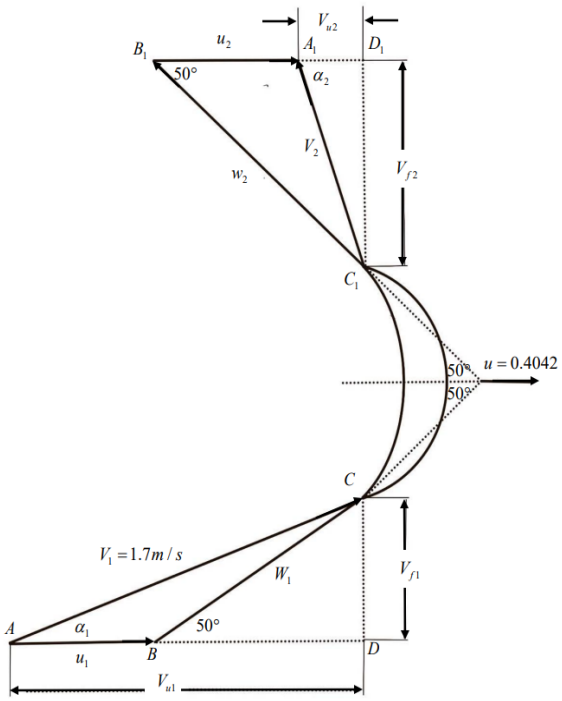
จาก (3) ย้ายข้างเพื่อหาความเร็วกังหันน้ำ u

กำหนด ϕ มีค่าเท่ากับ 0.45

$$u = \phi\sqrt{2gH}$$
$$u = 0.1\sqrt{2\times 9.81\times 0.8327}$$
$$u = 0.4042m/s$$

พิจารณารูปสามเหลี่ยม ABC ใช้กฎของไซน์ได้ดัง (5)

$$\frac{V_1}{\sin(180^\circ - \beta_1)} = \frac{u_1}{\sin\left(\beta_2 - \alpha_1\right)} = \frac{W_1}{\sin\alpha_1} \quad (5)$$



รูปที่ 5 แผนภาพความเร็วของไหลที่พุ่งกระทบกังหันน้ำที่กำลังเคลื่อนที่

พิจารณาพจน์แรกกับพจน์ที่สองของ (5)

$$\frac{V_1}{\sin\left(180^\circ - \beta_1\right)} = \frac{u_1}{\sin\left(\beta_1 - \alpha_1\right)}$$

แทนค่าละจัดรูปสมการดังนี้

$$\left(\frac{1.7}{\sin(180^\circ - 50^\circ)} \right) = \frac{0.4042}{\sin(50^\circ - \alpha_1)}$$
$$\frac{1.7}{\sin(130^\circ)} = \frac{0.7538}{\sin(50^\circ - \alpha_1)}$$
$$\sin(50^\circ - \alpha_1) = \frac{0.4042}{1.7}\sin(130^\circ) = 0.1821$$

ดังนั้น

$$50^\circ - \alpha_1 = \sin^{-1}(0.1821)$$
$$50^\circ - \alpha_1 = 10.5^\circ$$
$$\alpha_1 = 39.5^\circ$$

พิจารณาพจน์แรกกับพจน์ที่สามของ (5)

$$\frac{1.7}{\sin(180°-50°)} = \frac{W_1}{\sin(39.5°)}$$

$$W_1 = 1.7 \times \frac{\sin(39.5°)}{\sin(130°)}$$

$$W_1 = 1.411 m/s$$

$$V_{u2} = W_2 \cos\beta_2 - u_2$$

$$V_{u2} = 1.411\cos(50) - 0.4042$$

$$V_{u2} = 0.5028 m/s$$

การหากำลังของใบกังหันน้ำ

จากสมการที่ 4

$$P = \rho Q(V_{u1} \pm V_{u2})u$$

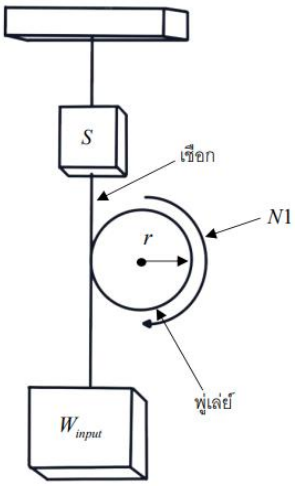
$$P = 1000 \times 0.1755 \times (0 + 0.5028) \times 0.4042$$

$$P = 35.66W$$

4.ผลการทดลอง

4.1 การหากำลังด้านออกของกังหันน้ำ

ใช้หลักการ Break house power ดังรูปที่ 6 ต่อกังหันดังรูปที่ 7 นำชุดทดสอบวิ่งในบึงน้ำปิดที่ความเร็วน้ำ 1.389 - 2.222 m/s โดยใช้เครื่องยนต์ขับเรือ ผลการทดลองดังตารางที่ 1-3



รูปที่ 6 การหากำลังทางกลศาสตร์

W_{input} คือ น้ำหนักที่แขวนตราชั่ง (kg)

S คือ ค่าที่อ่านได้จากตราชั่ง (kg)

r คือ รัศมีของพูเล่ย์ มีค่า 0.06 m

T คือแรงบิดทางกล ($\mathrm{N \cdot m}$)

P_{mech} คือกำลังด้านออกของใบพัด (W)

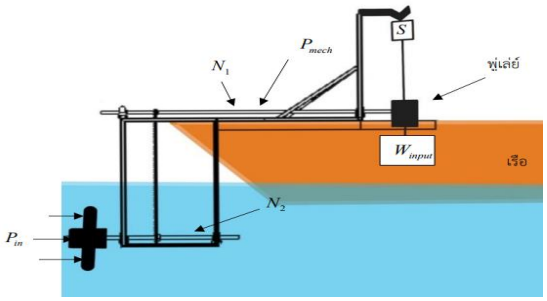
N_1 คือความเร็วรอบของเพลา (rpm)

N_2 คือความเร็วรอบของกังหัน (rpm)

น้ำหนักชุดตราชั่งกับเชือก มีค่า 0.75 kg

$$T = g \times (W - S) \times r \qquad (5)$$

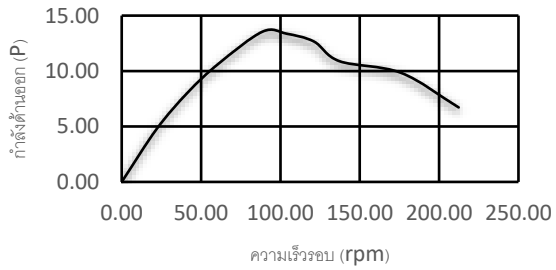
$$P_{mech} = \left(\frac{2\pi(N_1)}{60}\right) \times T \qquad (6)$$



รูปที่ 7 การทดสอบกำลังด้านออก

ตารางที่ 1 P_{mech} ของกังหันที่ความเร็วน้ำ $1.389 m/s$

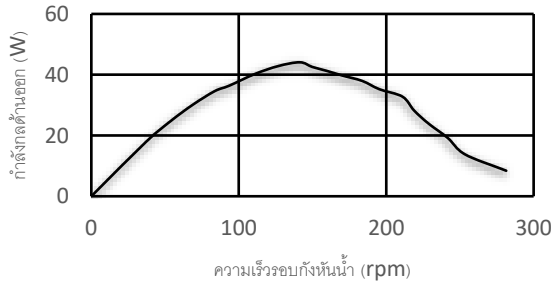
W_{input} (kg)	S (kg)	N_1 (rpm)	N_2 (rpm)	T $(\mathrm{N \cdot m})$	P_{mech} (W)
0.75	0.22	212.3	91.00	0.31	6.89
1.25	0.31	176.0	75.43	0.55	10.1
1.75	0.42	137.1	58.79	0.78	11.2
2.25	0.50	121.1	51.93	1.03	13.0
2.75	0.59	103.8	44.50	1.27	13.8
3.25	0.69	88.83	38.07	1.50	13.9
3.75	0.83	61.33	26.29	1.72	11.0
4.25	1.01	41.83	17.93	1.91	8.36
4.75	1.12	22.00	9.43	2.14	4.93
5.25	1.51	0	0	2.20	0



รูปที่ 8 P_{mech} กับ N_2 ที่ความเร็วน้ำ $1.389 m/s$

ตารางที่ 2 P_{mech} ของกังหันที่ความเร็วน้ำ $1.667 m/s$

W_{input} (kg)	S (kg)	N_1 (rpm)	N_2 (rpm)	T $(\mathrm{N \cdot m})$	P_{mech} (W)
0.75	0.30	263.0	116.1	0.26	7.16
1.25	0.41	248.1	106.0	0.49	12.7
1.75	0.53	222.5	98.79	0.72	16.7
2.25	0.63	204.3	88.93	0.95	20.3
2.75	0.69	194.5	79.93	1.21	24.6
3.25	0.76	184.6	78.86	1.47	28.4
3.75	0.88	177.0	76.07	1.69	31.3
4.25	1.03	164.3	71.79	1.90	32.6
4.75	1.11	153.6	70.50	2.14	34.4
5.25	1.20	125.0	53.57	2.38	31.1
5.75	1.25	107.8	45.86	2.65	29.9
6.25	1.35	85.33	36.43	2.88	25.7

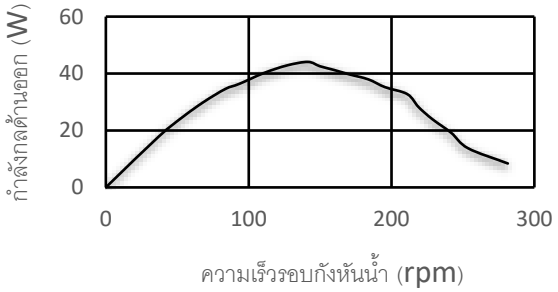


รูปที่ 9 P_{mech} กับ N_2 ที่ความเร็วน้ำ $1.667 m/s$

จากรูปที่ 8 และตารางที่ 1 กังหันสามารถผลิตกำลังสูงสุด 13.9 W ที่ความเร็วรอบกังหัน 38.07 rpm ที่ความเร็วน้ำ 1.389 m/s และ จาก ตารางที่ 2 และรูปที่ 9 กังหันสามารถผลิตกำลังทางกลได้สูงสุด 34.4 W ที่ความเร็วรอบกังหัน 70.50 rpm ที่ความเร็วน้ำ 1.667 m/s ตามลำดับ

ตารางที่ 3 P_{mech} ของกังหันที่ความเร็วน้ำ $1.944 m/s$

W_{input} (kg)	S (kg)	N_1 (rpm)	N_2 (rpm)	T $(\mathrm{N \cdot m})$	P_{mech} (W)
0.75	0.25	281.4	120.6	0.29	8.54
1.25	0.34	253.5	108.6	0.54	14.3
1.75	0.42	241.7	103.6	0.78	19.7
2.25	0.49	228.5	97.93	1.04	24.8
2.75	0.59	218.9	93.82	1.27	29.1
3.25	0.65	211.0	90.47	1.53	33.8
3.75	0.73	195.4	83.75	1.78	36.4
4.25	0.79	183.7	78.75	2.04	39.2
4.75	0.84	170.2	72.96	2.30	40.9
5.25	0.92	159.6	68.43	2.55	42.6
5.75	0.99	149.8	64.21	2.80	43.9
6.25	1.03	141.5	60.64	3.07	45.4
6.75	1.09	126.8	54.36	3.33	44.2
7.25	1.17	110.8	47.50	3.58	41.5
7.75	1.23	93.50	40.07	3.84	37.5
8.25	1.32	83.58	35.82	4.08	35.6
8.75	1.41	68.58	29.39	4.32	31.0
9.25	1.55	54.08	23.18	4.53	25.6
9.75	1.66	37.08	15.90	4.76	18.4
10.2	2.03	0.00	0.00	4.84	0.00



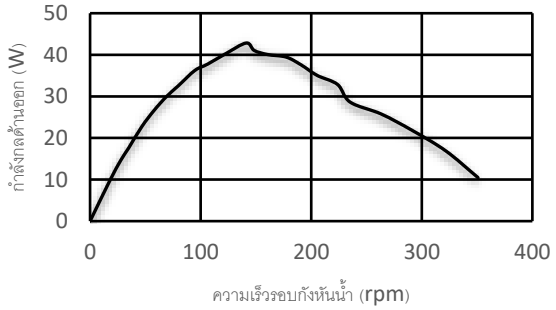
รูปที่ 10 P_{mech} กับ N_2 ที่ความเร็วน้ำ $1.944 m/s$

ตารางที่ 4 P_{mech} ของกังหันที่ความเร็วน้ำ 2.222 m/s

W_{input} (kg)	S (kg)	N_1 (rpm)	N_2 (rpm)	T $(\mathrm{N \cdot m})$	P_{mech} (W)
0.75	0.25	350.8	150.3	0.29	10.6
1.25	0.37	321.6	137.8	0.52	17.5
1.75	0.49	290.9	124.6	0.74	22.5
2.25	0.61	263.2	112.8	0.97	26.7
2.75	0.71	235.1	100.7	1.20	29.5
3.25	0.79	223.8	95.93	1.45	33.9
3.75	0.89	205.3	88.00	1.68	36.1
4.25	0.94	190.5	81.64	1.95	38.8
4.75	1.02	177.2	75.96	2.20	40.8
5.25	1.07	160.5	68.82	2.46	41.3
5.75	1.12	148.5	63.64	2.73	42.4
6.25	1.17	141.2	60.54	2.99	44.2
6.75	1.25	122.6	52.57	3.24	41.6
7.25	1.30	106.3	45.57	3.50	38.9
7.75	1.34	94.67	40.57	3.77	37.3
8.25	1.42	79.92	34.25	4.02	33.6
8.75	1.47	68.75	29.47	4.29	30.8
9.25	1.54	57.83	24.78	4.54	27.4
9.75	1.61	46.83	20.07	4.79	23.4

ตารางที่ 4 (ต่อ) P_{mech} ของกังหันที่ความเร็วน้ำ 2.222 m/s

W_{input} (kg)	S (kg)	N_1 (rpm)	N_2 (rpm)	T $(\mathrm{N \cdot m})$	P_{mech} (W)
10.2	1.80	34.75	14.89	4.97	18.0
10.7	1.91	27.67	11.86	5.20	15.0
11.2	2.11	17.58	7.54	5.38	9.90
11.7	2.47	0.00	0.00	5.46	0.00

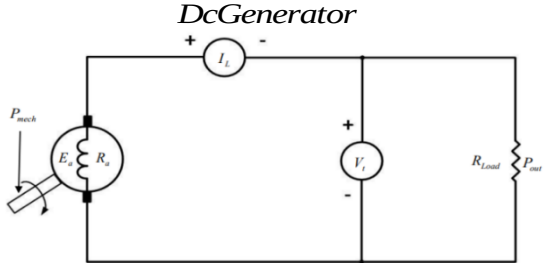


รูปที่ 11 P_{mech} กับ N_2 ที่ความเร็วน้ำ 2.222 m/s

จากรูปที่ 10 และตารางที่ 3 กังหันสามารถผลิตกำลังสูงสุด 45.4 W ที่ความเร็วรอบกังหัน 60.64 rpm และ จาก ตารางที่ 4 และ รูปที่ 11 กังหันสามารถผลิตกำลังทางกลได้สูงสุด 44.2 W ที่ความเร็วรอบกังหัน 60.54 rpm ตามลำดับ

4.2 การผลิตไฟฟ้าบนทางน้ำเปิด

ติดตั้งแท่นทดสอบดังรูปที่ 14 บนเรือ ทดลองในบึงน้ำปิด โดยใช้อัตราทดรอบ 2 อัตราทด อัตราทดแรก 1:11.67 เท่า อัตราทดสอง 1:39.38 เท่า



รูปที่ 12 วงจรการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

DC Servo moto	MP66M K24
Stall: Nm 1.4 , 6.6 A , 24 V/Krmp , CL F	
B5 11.1050 FRE1.7Nm24V DC10R	
Rated: W315 , A 4.8 , V 72 , 3000 rpm	

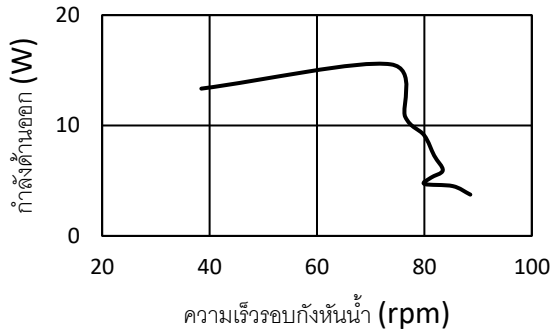
รูปที่ 13 แผ่นป้ายพิกัด Generator

รูปที่ 14 การผลิตไฟฟ้าบนทางน้ำเปิด

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้อัตราทด 1:11.67 เท่า ความเร็วน้ำ 1.667 m/s

ครั้งที่	I_L (A)	V_t (V)	R_{Load} (Ω)	N_3 (rpm)	P_{out} (W)
1	0.19	19.68	103.58	88.55	3.74
2	0.23	19.60	85.22	85.29	4.51
3	0.25	18.80	75.20	80.03	4.70
4	0.29	18.20	62.76	81.24	5.28
5	0.33	18.00	54.55	83.42	5.94
6	0.43	16.92	39.35	81.81	7.28
7	0.57	16.00	28.07	79.95	9.12
8	0.74	14.60	19.73	76.42	10.80
9	1.16	13.40	11.55	73.73	15.54
10	2.70	4.94	1.83	38.47	13.34

จากตารางที่ 5 และ รูปที่ 15 กำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 15.54 W กระแสไฟฟ้า 1.16 A แรงดัน 13.40 V ที่ความเร็วกังหัน 73.73 rpm ที่ความเร็วน้ำ 1.66 m/s

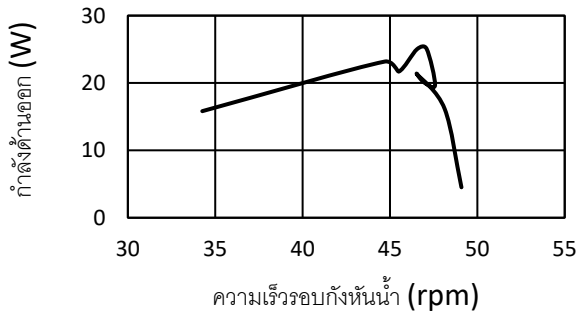


รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่าง P_{out} กับ N_3 อัตราทด 1:11.67

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้อัตราทด 1:39.38 เท่า ความเร็วน้ำ 1.667 m/s

ครั้งที่	I_L (A)	V_t (V)	R_{Load} (Ω)	N_3 (rpm)	P_{out} (W)
1	0.19	23.80	125.26	49.09	4.52
2	0.80	20.20	25.25	48.13	16.16
3	1.25	17.00	13.60	46.57	21.25
4	1.29	15.60	12.09	46.93	20.12
5	1.33	14.80	11.13	47.58	19.68
6	1.79	14.00	7.82	47.10	25.06
7	2.12	11.80	5.57	46.55	25.02
8	2.41	9.00	3.73	45.50	21.69
9	3.22	7.20	2.24	44.70	23.18
10	3.68	4.30	1.17	34.26	15.82

จากตารางที่ 6 และรูปที่ 16 กำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 25.06 W กระแสไฟฟ้า 1.79 A แรงดันไฟฟ้า 14 V ที่ความเร็วกังหัน 47.10 rpm ที่ความเร็วน้ำ 1.66 m/s

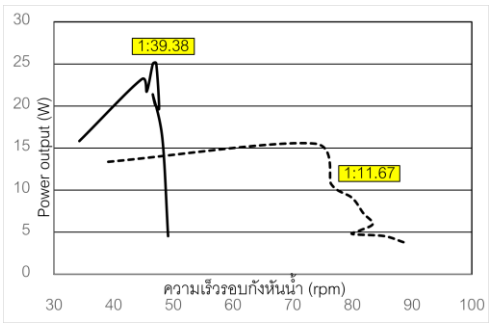


รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่าง P_{out} กับ N_3 อัตราทด 1:39.38

5. สรุปผลการทดลอง

วิธีการทดสอบสมรรถนะของกังหันด้วยการให้กังหันเคลื่อนที่ในทางน้ำปิด (น้ำนิ่ง) สามารถทดสอบสมรรถนะของกังหันได้ โดยใช้เครื่องยนต์เรือเป็นต้นกำลัง การทดสอบเปลี่ยนแปลงความเร็วน้ำ 1.389 - 2.222 m/s ได้กำลังด้านออกสูงสุดของกังหันได้ที่ 13.95 - 44.20 W ตามลำดับ

การทดสอบการผลิตไฟฟ้าบนทางน้ำเปิดโดยใช้กังหันจำลอง ชนิดโพรเพลเลอร์จำนวน 4 ใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37.41 cm สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 25.06 W, 14 V, 1.79 A ที่ความเร็วน้ำ 1.667 m/s ที่ความเร็วรอบ Generator ที่ 1,833 rpm ผลการทดลองจากตารางที่ 5 และตารางที่ 6 นำมา plot กราฟ เพื่อเปรียบการเพิ่มอัตราทดเกียร์ มีผลต่อกำลังด้านออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 17 P_{out} กับ N_3 ที่อัตราทด 1:11.67 และ 1:39.38

จากรูปที่ 17 แสดงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบนทางน้ำเปิด ต่อความเร็วรอบกังหันน้ำ กำลังไฟฟ้าด้านออกของอัตราทด 1:11.67 สูงสุดที่ 15.54 W ที่ความเร็วกังหัน 73.73 rpm และความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 860.429 rpm กำลังด้านออกของอัตราทด 1:39.38 สูงสุดที่ 25.06 W ที่ความเร็ว 47.10 rpm และความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1,854.79 rpm จากผลการทดสอบการเพิ่มอัตราทด สูงขึ้น 337.44% ให้กับระบบสามารถเพิ่มความเร็วรอบให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ 215.56 % กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 161.261% แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ใกล้ความเร็วพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 3,000 rpm ทำให้มีกำลังไฟฟ้าด้านออกสูงขึ้น ที่ความเร็วน้ำ 1.667 m/s เท่ากัน

เอกสารอ้างอิง

[1] https://thestandard.co/cop27/

[2] สำนักงาน กปร, https://www.rdpb.go.th/

[3] อิทธิพล สันประเสริฐ, มนัส พฤกษศรี, อาทิตย์ ต่วนเงิน และ ชนาธิป อำไพวรรณ, “การศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากทางน้ำเปิด”, (ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร พ.ศ. 2562).

[4] ปุณยภัทร ภูมิภาค, รศ.ดร.ชัยวุฒิ ฉัตรอุทัย, “เครื่องกลไฟฟ้า 1”, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, พ.ศ. 2551.

[5] สุธรรม นิยมวาส, บัญญัติ นิยมวาส, “เครื่องจักรกลของไหล”, บริษัทวิทยพัฒน์จำกัด, พ.ศ. 2549.