



## การจำลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำโดยใช้โปรแกรมแลปวิว

### Simulation of the Generating Electricity from Water Turbines Using the LabVIEW

พงษ์ศิลป์ แก้วรัตนศรีโพธิ์\*

Phongsin Kaewrattanasripho\*

สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีระบบราง วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000

Field of Railway System Technology Engineering, College of Engineering, Rangsit University, Pathumthani 12000, THAILAND

\*Corresponding author e-mail: phongsin.k@rsu.ac.th

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Article history:</p> <p>Received: August 31, 2022</p> <p>Revised: November 2, 2022</p> <p>Accepted: November 4, 2022</p> <p>Available online: December 2, 2022</p> <p>DOI: 10.14456/jarst.2022.22</p>	<p>This article shows a simulation of water turbine energy generation using LabVIEW. The objectives of this research were to 1) design and simulate the generating electricity from water turbines, 2) find an error in the simulation, and 3) find the characteristics of electricity generation with water turbines. Input variables are flow rate, pressure, torque, speed, voltage, and current to calculate water power, turbine power, electric power, water turbine efficiency, generator efficiency, and total system efficiency. A graphic user interface can adjust the flow rate and electric load. These variables will be displayed on the monitor, which makes it easy to control and understand the dynamics of the generating electricity from water turbines. The following findings were obtained 1) the simulation result has an average water power value of 266.67 W, an average water turbine power value of 51.13 W, an average electric power value of 41.17 W, an average water turbine efficiency value of 17.87 %, an average generator efficiency value 80.49 % and an average total system efficiency value 14.39 %. Which has a combined error of 1.55 %</p>
<p><i>Keywords:</i> Generating electricity, water turbine, LabVIEW</p>	

or an average error of 0.26 %, 2) the simulation can show the relationship between the volume of water flow and the power produced, the relationship between turbine efficiency and the power produced, the relationship between turbine efficiency and the volume of water flow. The forecast error values were estimated by root mean square error (RMSE) with values of 0.14, 0.59 and 0.06, respectively.

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการจำลองการสร้างพลังงานเพื่อผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำโดยใช้โปรแกรมแลปวิว ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและจำลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำ 2) เพื่อหาคุณลักษณะของการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำ 3) เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของชุดจำลอง โดยระบบจะรับตัวแปรอินพุตคือ อัตราการไหล ความดันน้ำ แรงบิด ความเร็วรอบ แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า เพื่อคำนวณหาค่ากำลังน้ำ กำลังกังหันน้ำ กำลังไฟฟ้า ประสิทธิภาพกังหันน้ำ ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ประสิทธิภาพรวมของระบบ สามารถปรับอัตราการไหล และโหลดทางไฟฟ้าด้วยส่วนติดต่อผู้ใช้กราฟิก (Graphic User Interface) โดยตัวแปรทั้งหมดนี้จะถูกแสดงผลที่จอ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการควบคุมและเข้าใจพลวัตของการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำได้เป็นอย่างดี ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการจำลองค่ากำลังน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 266.67 W ค่ากำลังกังหันน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 51.13 W ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 41.17 W ค่าประสิทธิภาพกังหันน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 17.87 % ค่าประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่ากับ 80.49 % และค่าประสิทธิภาพรวมทั้งระบบเฉลี่ยเท่ากับ 14.39 % ซึ่งมีค่าผิดพลาดรวมกัน 1.55 % หรือมีค่าผิดพลาดเฉลี่ย 0.26 % 2) ชุดจำลองสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ และความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกังหันน้ำกับอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งได้

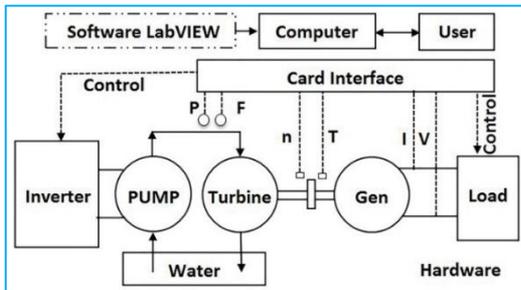
ประเมินค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์โดยรากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (RMSE) มีค่ากับ 0.14, 0.59 และ 0.06 ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** ผลิตไฟฟ้า กังหันน้ำ แลปวิว

### บทนำ

การผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำ เป็นหัวข้อหนึ่งในการเรียนภาคปฏิบัติเพื่อให้เกิดความรู้และทักษะที่เชื่อมโยงกัน สำหรับห้องปฏิบัติการที่ต้องการสร้างระบบการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำเพื่อการศึกษาคุณลักษณะต่าง ๆ นั้นมีข้อจำกัดเกี่ยวกับพื้นที่ในการสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำและความดันน้ำในปริมาณมาก พื้นที่ติดตั้งขนาดเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่และราคาแพง ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงจำลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำ งานวิจัยการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำที่ผ่านมา [1-3] ได้ออกแบบและสร้างระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำ โดยใช้พลังงานจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีกำลังน้ำ 1-3 kW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 0.68-2.1 kW [1,2] ซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสมาดัดแปลงเป็นเครื่องกำเนิด [3] และใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร จากงานวิจัยที่ผ่านมา [4,5] ได้ออกแบบและสร้างระบบการผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานที่สร้างขึ้นไปหมุนกังหันน้ำที่ต่อเพลาร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 0.9-1.02 kW โดยแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่างานวิจัยที่กล่าวข้างต้นนั้นสามารถออกแบบและสร้างให้ได้ผลตามทฤษฎี

ได้ ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จะออกแบบและจำลองการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำให้ได้ผลตามทฤษฎีเช่นกัน แต่จะแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมา ตรงที่งานวิจัยนี้สามารถควบคุมกำลังน้ำ ควบคุมโหลดทางไฟฟ้า และแสดงผลต่าง ๆ ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ (Real Time) ภาพรวมของการจำลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำในงานวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 1



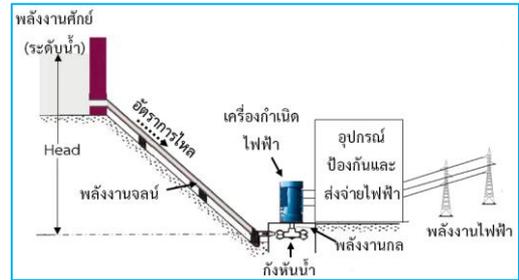
รูปที่ 1 ภาพรวมของการจำลองในงานวิจัยนี้

โดยฮาร์ดแวร์จะนำอินเวอร์เตอร์มาควบคุมปั๊มน้ำ เพื่อให้น้ำมีอัตราการไหล และความดันตามที่ต้องการ (เสมือนเขื่อนที่กักเก็บน้ำไว้ จะทำให้น้ำมีพลังงานศักย์ และเมื่อน้ำถูกปล่อยจึงทำให้น้ำมีพลังงานจลน์) ไปหมุนกังหันน้ำเพื่อเป็นต้นกำลังให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะจ่ายไฟให้กับโหลดที่เป็นหลอดไฟ เซนเซอร์จะทำการตรวจจับอัตราการไหล (F) ความดันน้ำ (P) แรงบิดของกังหันน้ำ (T) ความเร็วรอบของกังหันน้ำ (n) กระแสไฟฟ้า (I) และแรงดันไฟฟ้า (V) ส่งสัญญาณไปที่การ์ดอินเตอร์เฟส นำไปประมวลผลในคอมพิวเตอร์ ส่วนซอฟต์แวร์เป็นโปรแกรมแลปวิว ใช้เขียนให้ผู้ใช้สามารถควบคุมอัตราการไหล ความดันน้ำ โหลด ผ่านทางคอมพิวเตอร์ และแสดงผลการวัด ค่าที่ควบคุม และค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

### วิธีการดำเนินการวิจัย

ดำเนินการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมี 2 เรื่อง หลักคือการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำ [6, 7] และโปรแกรมแลปวิว [8, 9] ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำจากสถานะพลังงานศักย์เป็นพลังงานจลน์ และเป็นพลังงานกล ทำให้กังหันน้ำหมุน ซึ่งเป็นต้นกำลังหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และผลิตไฟฟ้าเข้าระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและจ่ายให้ผู้ต้องการไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

1.1 กำลังและพลังงานของน้ำ จากกฎทรงพลังงาน (Energy Conservation) จะได้ว่าเมื่อน้ำที่ตกลงมาจากที่สูง พลังงานศักย์ของน้ำจะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ทั้งหมด ซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$E_p = E_k \quad (1)$$

$$mgh = 0.5mv^2 \quad (2)$$

$$v^2 = 2gH \quad (3)$$

ซึ่งค่าความเร็วของน้ำหาได้จาก

$$v = (20H)^{0.5} \quad (4)$$

เมื่อ  $E_p$  คือ พลังงานศักย์ของน้ำ (J)

$E_k$  คือ พลังงานจลน์ของน้ำ (J)

$m$  คือ มวลของน้ำ (kg)

$g$  คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (มีค่าอยู่ที่  $9.8 \text{ m/s}^2$  ประมาณ  $10 \text{ m/s}^2$ )

$H$  คือ เสด, หัวน้ำ หรือความสูงของน้ำจากระดับอ้างอิง (m)

$v$  คือ ความเร็วของน้ำ (m/s)

การนำพลังงานน้ำมาหมุนกังหัน เพื่อผลิตไฟฟ้านั้นจะพิจารณาตัวแปรที่สำคัญคือ เสด ความเร็วของน้ำ และอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งหาค่าได้จาก

$$Q = Av \quad (5)$$

นำสมการ (4) แทนค่าสมการ (5) จะได้

$$Q = A(20H)^{0.5} \quad (6)$$

เมื่อ  $Q$  คือ อัตราการไหลของน้ำ ( $m^3/s$ )

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ ( $m^2$ )

ซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการไหลของน้ำจะแปรผันโดยตรงกับขนาดพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ และเฮด

1.2 การหาประสิทธิภาพรวมทั้งระบบ ในทางทฤษฎีถ้ามีความดัน 3 bar (หรือสูง 30 m) มีอัตราการไหลผ่านกังหันน้ำ  $25 m^3/h$  จะได้ Hydroelectric Power เท่ากับ 2 kW (2.7 HP) สำหรับการปฏิบัติจะน้อยกว่า 2 kW เนื่องจากจากการเกิดการไหลในท่อทำให้อัตราการไหลที่กระทบกังหันลดลง การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างน้ำกับผิวท่อ (Fluid Friction Losses) แรงเสียดทานระหว่าง Shaft กับ Bearing (Mechanical Friction Losses) และการสูญเสียจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้นการหาประสิทธิภาพระบบมีดังนี้คือ

ประสิทธิภาพกังหันน้ำ ( $\eta_{turbine}$ ) หาได้จาก

$$\eta_{turbine} = \frac{P_{turbine}}{P_{fluid}} \quad (7)$$

ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ( $\eta_G$ ) หาได้จาก

$$\eta_G = \frac{P_G}{P_{turbine}} \quad (8)$$

ประสิทธิภาพรวมทั้งระบบ ( $\eta_{total}$ ) หาได้จาก

$$\eta_{total} = \eta_{turbine} \cdot \eta_G \quad (9)$$

กำลังกังหันน้ำหาได้จาก

$$P_{turbine} = T\omega \quad (10)$$

นำ  $\omega = 2\pi n$  แทนค่าสมการที่ 10 จะได้

$$P_{turbine} = \frac{T2 \pi n}{60} \quad (11)$$

หรือถ้าทราบประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะหา กำลังกังหันน้ำได้จาก

$$P_{turbine} = \frac{P_G}{\eta_G} \quad (12)$$

เมื่อ  $P_{turbine}$  คือ กำลังกังหันน้ำ (W)

$P_{fluid}$  คือ กำลังน้ำ ( $\frac{Nm}{s}$  หรือ W)

$P_G$  คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (W)

$T$  คือ แรงบิดทางกล (Nm)

$\omega$  คือ ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

$n$  คือ ความเร็วรอบของกังหันน้ำ (rpm)

กำลังของน้ำ ( $P_{fluid}$ ) ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำ และเฮดสุทธิ ( $\Delta H$ ) ซึ่งหาค่าได้จากสมการ (13)

$$P_{fluid} = (\Delta H)Q \quad (13)$$

กรณีที่  $Q$  มีหน่วยเป็น  $m^3/h$  และ  $\Delta H$  มีหน่วยเป็น bar สามารถหาค่ากำลังน้ำจากสมการ (14)

$$\begin{aligned} P_{fluid} &= \left[ \text{bar} \frac{m^3}{h} \right] \left[ \frac{100000 \text{ N/m}^2}{1 \text{ bar}} \right] \left[ \frac{1h}{3600s} \right] \\ &= \frac{1000}{36} (\Delta H)Q \\ &= \frac{(\Delta H)Q}{36} \text{ มีหน่วยเป็น kW} \end{aligned} \quad (14)$$

2. โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมการจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัดอย่างมีประสิทธิภาพ แลปวิวเป็นโปรแกรมประเภท Graphic User Interface (GUI) ลักษณะภาษาของโปรแกรมเป็นภาษารูปภาพ (Graphical Language) ซึ่งง่ายต่อการเขียนโปรแกรม มีความสะดวกและสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรม โดยเฉพาะงานเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น Port, DAQ (Data Acquisition) หรือ Card ต่าง ๆ รวมถึงการจัดวางตำแหน่งในหน่วยความจำเพื่อที่จะสามารถรวบรวมข้อมูลมาใช้ในการคำนวณและเก็บข้อมูล เมื่อสร้างเสร็จผู้ให้นำไปใช้งานก็ง่ายต่อการเรียนรู้ โปรแกรมแลปวิวประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

2.1 Front Panel เป็นส่วนที่ใช้สื่อสารกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม มี 2 ส่วนคือ 1) ตัวควบคุม (Controls) เช่น ช่องสำหรับใส่ค่า ปุ่มเลือกค่า ปุ่มปรับค่า สวิตซ์เลือก 2) ตัวแสดงผล (Indicator) เช่นจอแสดงผล กราฟ เกจ มิเตอร์

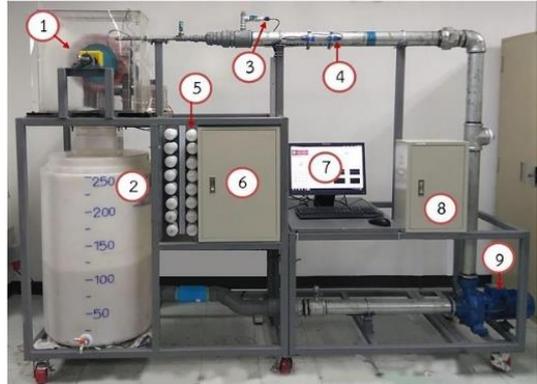
2.2 Block Diagram เป็นเสมือนกับ Source Code ของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยแลปวิว สามารถที่จะทำงานได้ทันทีและมีการตรวจสอบข้อผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลา ภายใน Block Diagram จะมีฟังก์ชันต่าง ๆ เช่น Measurement, Instrument, Vision and Motion, Connectivity, Mathematics, Signal Processing, Data Communication, Control & Simulation, FPGA Interface และอื่น ๆ

เมื่อดำเนินการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเสร็จแล้ว จึงดำเนินการออกแบบและสร้างระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำแสดงดังรูปที่ 3 และ 4 เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมและแสดงผลดังรูปที่ 5 และ 6 ทำการทดสอบและแก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้อง

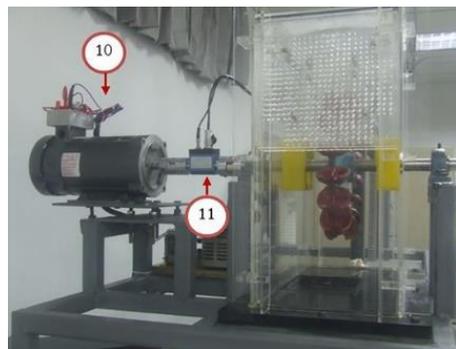
สำหรับในรูปที่ 3 เป็นการจำลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำมีรายละเอียดดังนี้

- หมายเลข 1 กังหันน้ำ
- หมายเลข 2 แท็งก์น้ำ
- หมายเลข 3 เซนเซอร์ความดัน
- หมายเลข 4 เซนเซอร์อัตราการไหล
- หมายเลข 5 หลอดไฟฟ้า

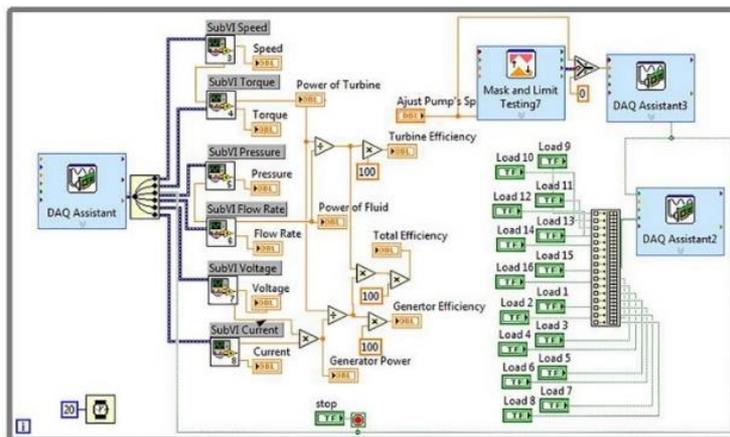
- หมายเลข 6 ตู้คอนโทรล
- หมายเลข 7 จอมอนิเตอร์
- หมายเลข 8 ตู้ควบคุมไฟฟ้ากำลัง
- หมายเลข 9 ปั๊มน้ำ
- หมายเลข 10 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- หมายเลข 11 เซนเซอร์แรงบิดและความเร็วรอบ



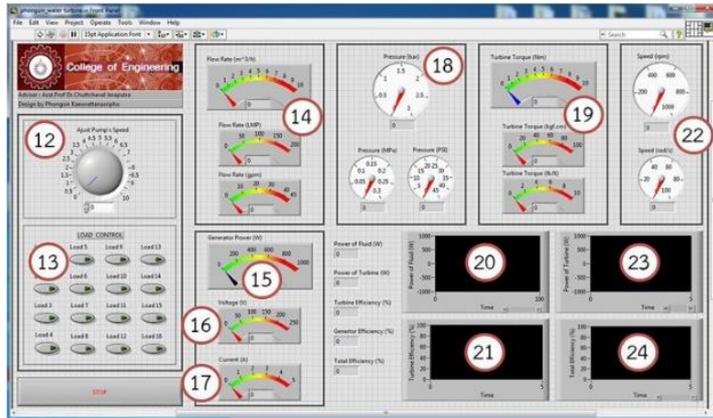
รูปที่ 3 ด้านหน้าของระบบการจำลองที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4 ด้านข้างของของระบบการจำลองที่สร้างขึ้น



รูปที่ 5 Block Diagram ของงานวิจัยครั้งนี้



รูปที่ 6 หน้าต่าง Front Panel ของงานวิจัยครั้งนี้

ในรูปที่ 6 เป็นหน้าต่าง Front Panel ของงานวิจัยครั้งนี้ เพื่อใช้ควบคุมและแสดงผลการจำลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำมีรายละเอียดดังนี้

หมายเลข 12 ปุ่มควบคุมปั้มน้ำ

หมายเลข 13 ปุ่มกดเปิด/ปิดโหลดไฟฟ้า

หมายเลข 14 แสดงค่าอัตราการไหลของน้ำในหน่วยของ  $m^3/h$ ,  $l/min$  และ  $gal/min$

หมายเลข 15 แสดงค่ากำลังไฟฟ้า

หมายเลข 16 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า

หมายเลข 17 แสดงค่ากระแสไฟฟ้า

หมายเลข 18 แสดงค่าความดันในหน่วยของ bar, MPa และ psi

หมายเลข 19 แสดงค่าแรงบิดในหน่วยของ Nm, lb.ft และ kgf.cm

หมายเลข 20 แสดงค่ากำลังของน้ำ

หมายเลข 21 แสดงค่าประสิทธิภาพกังหันน้ำ

หมายเลข 22 แสดงค่าความเร็วรอบในหน่วยของ rpm และ rad/s

หมายเลข 23 แสดงค่ากำลังของกังหันน้ำ

หมายเลข 24 แสดงค่าประสิทธิภาพรวม

### ผลการศึกษาและอภิปรายผล

เมื่อควบคุมปั้มน้ำให้ทำงานที่ 60, 80 และ 100% ของพิกัดได้  $Q$  เท่ากับ 4.79, 6, 6.96  $m^3/h$  ตามลำดับ และใส่โหลดให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นำผล

การจำลองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีปรากฏผลดังตารางที่ 1

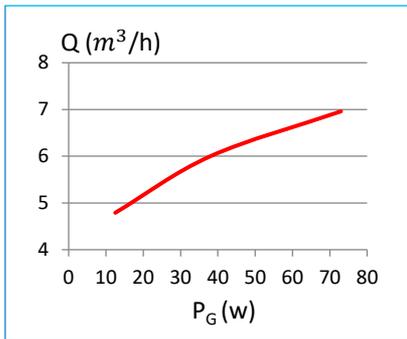
ตารางที่ 1 ผลการจำลอง

รายการ	การจำลอง	ทฤษฎี	Error (%)
$P_{fluid}$ เฉลี่ย (W)	266.67	265.93	0.28
$P_{turbine}$ เฉลี่ย (W)	51.13	50.93	0.39
$P_G$ เฉลี่ย (W)	41.17	41.20	0.07
$\eta_{turbine}$ เฉลี่ย (%)	17.87	17.85	0.11
$\eta_G$ เฉลี่ย (%)	80.49	80.83	0.42
$\eta_{total}$ เฉลี่ย (%)	14.39	14.43	0.28

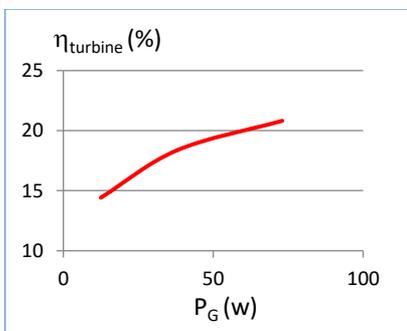
จากตารางที่ 1 จะพบว่าค่ากำลังน้ำเฉลี่ยของการจำลองมีค่า 266.67 W และค่ากำลังน้ำเฉลี่ยทางทฤษฎีมีค่า 265.93 W ซึ่งมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.28 % ค่ากำลังกังหันน้ำเฉลี่ยของการจำลองมีค่า 51.13 W และค่ากำลังกังหันน้ำเฉลี่ยทางทฤษฎีมีค่า 50.93 W ซึ่งมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.39 % ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยของการจำลองมีค่า 41.17 W และค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยทางทฤษฎีมีค่า 41.20 W ซึ่งมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.07 % ค่าประสิทธิภาพกังหันน้ำเฉลี่ยของการจำลองมีค่า 17.87 % และค่าประสิทธิภาพกังหันน้ำเฉลี่ยทางทฤษฎีมีค่า 17.85 % ซึ่งมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.11 % ค่าประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยของการจำลองมีค่า 80.49 % และค่าประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยทางทฤษฎี

มีค่า 80.83 % ซึ่งมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.42 % และค่าประสิทธิภาพรวมทั้งระบบเฉลี่ยของการจำลองมีค่า 14.39 % และค่าประสิทธิภาพรวมทั้งระบบเฉลี่ยทางทฤษฎีมีค่า 14.43 % ซึ่งมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.28 %

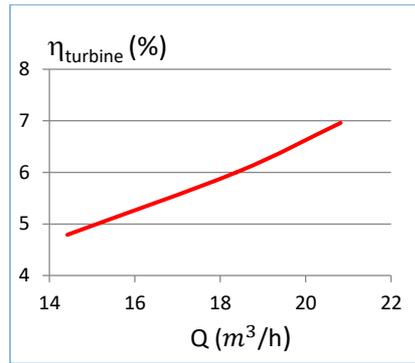
ถ้านำค่าจากการจำลองมาแสดงคุณลักษณะของอัตราการไหลของน้ำ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ และประสิทธิภาพกังหันน้ำ โดยพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้แสดงดังรูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้แสดงดังรูปที่ 8 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกังหันน้ำกับอัตราการไหลของน้ำแสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งประเมินค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์โดยรากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (RMSE) มีค่ากับ 0.14, 0.59 และ 0.06 ตามลำดับ



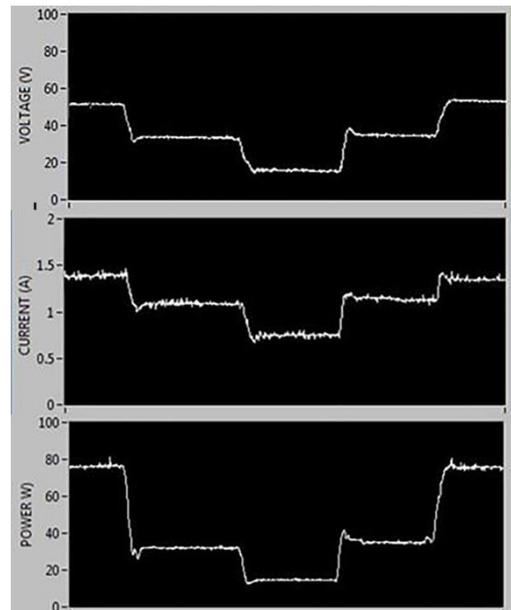
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกังหันน้ำกับอัตราการไหลของน้ำ



รูปที่ 10 แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้

สำหรับรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ขนาด 0.5 HP 1,750 rpm) แสดงดังรูปที่ 10 โดยควบคุมอัตราการไหลที่ 100 % , 80 % , 60 % ซึ่งได้ค่าแรงดันไฟฟ้า 53.79 V , 33.43 V และ 17.98 V กระแสไฟฟ้า 1.36 A , 1.14 A และ 0.72 A กำลังไฟฟ้า 73 W , 38 W และ 12.5 W ตามลำดับ

การวิจัยครั้งนี้สามารถอภิปรายผลได้คือ ผลการจำลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำมีความถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคำนวณทางทฤษฎี ซึ่งสอดคล้อง

กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ศึกษาและกล่าวไว้ในข้างต้น ทำให้สามารถนำไปใช้ศึกษาได้เป็นอย่างดี การใช้งานทำได้ง่ายและสะดวก สามารถควบคุมและดูผลจากโปรแกรมได้ทันที เหมาะสำหรับการใช้เพื่อการศึกษาและงานวิจัยด้านพลังงาน

สำหรับข้อเสนอแนะคือควรใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่ไม่เกิดสนิมได้ง่าย เช่น บัมเม้น้ำ ท่อ เป็นสแตนเลส ถ้าไม่สามารถทำได้ควรบำรุงรักษาโดยการสตาร์ทให้ปั๊มทำงาน และเปลี่ยนน้ำเพื่อยืดอายุการใช้งาน

### สรุปผล

การวิจัยนี้ได้จำลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำ โดยใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมปั๊มน้ำ เพื่อให้ได้อัตราการไหลและความดันน้ำตามต้องการไปหมุนกังหันน้ำ ซึ่งต่อเพลาร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยมีโหลดไฟเป็นโหลดทางไฟฟ้า ทำการควบคุม และแสดงผลด้วยโปรแกรมแลปวิว ซึ่งได้ผลเป็นไปตามวัตถุประสงค์ โดยค่ากำลังน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 266.67 W ค่ากำลังกังหันน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 51.13 W ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 41.17 W ค่าประสิทธิภาพกังหันน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 17.87 % ค่าประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่ากับ 80.49 % และค่าประสิทธิภาพรวมทั้งระบบเฉลี่ยเท่ากับ 14.39 % โดยมีค่าผิดพลาดรวมกัน 1.55 % หรือมีค่าผิดพลาดเฉลี่ย 0.26 % สำหรับแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้นจะมีค่าน้อยหรือมากขึ้นอยู่กับตัวแปรที่สำคัญคือ อัตราการไหลของน้ำ (ในงานวิจัยนี้ควบคุมอัตราการไหล โดยควบคุมความเร็วรอบของปั๊มน้ำ) ซึ่งอัตราการไหลนั้นขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำและเขต โดยเกิดจากพลังงานศักย์ และถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานจลน์ซึ่งเป็นความเร็วของน้ำ

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์สนับสนุนและพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต

### เอกสารอ้างอิง

1. King Mongkut's University of Technology Thonburi. Installation and maintenance manual [Internet]. Bangkok: Ministry of Energy. 2017 [cited 2021 May 27]. Available from: <https://Shorter.asia/m54Se>
2. Thanatawutthikorn K, Santiwarakorn R, Nakhonsi S. An design study of mini hydro power plant from canal by twin vertical axis hydro turbine [Internet]. Khon kaen: Farm engineering and automation technology research group. 2017 [cited 2021 May 27]. Available from: <https://feat.kku.ac.th/feat4/16.pdf>
3. Khwanphet S. A study and test of a 5 kW water turbine for electricity generation [master's thesis]. Pathumthani: Rajamangala University of Technology Thanyaburi; 2017.
4. Lahamornchaiyakul W. The study of optimum parameters for low head micro water turbine using computational fluid dynamics (CFD) [master's thesis]. Pathumthani: Rajamangala University of Technology Thanyaburi; 2009.
5. Charoensuk N, Pattarakewit T, Chotisawad P. Control and Data Acquisition System for Francis. Phra Nakhon Si Ayutthaya: Research and development institute, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi; 2012.
6. Kaewrattanasripho P. The hydroelectric power generation. Pathumthani: College of engineering, Rangsit University; 2012.
7. Husain Z, Abdulla MZ, Alimuddin Z. Basic fluid mechanics and hydraulic machines. Hyderabad: BSP; 2008.

8. National Instruments Corporate. LabVIEW user manual. Austin: 2003.
9. Kaewrattanasripho P, Sangkaew P. [Simulation of Wind Turbine Characteristic Using LabVIEW]. JARST. 2018;17(1):55-61. Thai.