



## วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

### ชุดวัดแรงบิดแบบเชือก และการหาค่ากำลังเบรกด้วยแลปวิว

### Rope - type torque measuring kit and finding the brake power using LabVIEW.

พงษ์ศิลป์ แก้วรัตนศรีโพธิ์\*

ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีระบบราง วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000

Phongsin Kaewrattanasripho\*

Department of Railway System Technology Engineering, College of Engineering, Rangsit University, Phatumthani 12000

\* Corresponding author.

E-mail: phongsin.k@rsu.ac.th; Telephone: 02-791-6000 Ext.3229

วันที่รับบทความ 12 พฤศจิกายน 2566; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 8 มีนาคม 2567; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 16 เมษายน 2567

วันที่ตอบรับบทความ 16 กรกฎาคม 2567

#### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาชุดวัดแรงบิดแบบเชือกโดยใช้โปรแกรมแลปวิว ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบ และสร้างชุดวัดแรงบิดแบบเชือก 2) เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของชุดวัดแรงบิด 3) เพื่อแสดงกำลังเบรกของกังหันน้ำเพลตัน โดยระบบจะรับตัวแปรอินพุตคือ กิโลกรัมแรงจากการใช้เชือกดึงดรัมที่ติดตั้งที่เพลลาของกังหันน้ำ ความเร็วรอบ โดยตัวแปรทั้งหมดนี้จะถูกคำนวณเป็นแรงบิด กำลังเบรกของกังหันน้ำเพลตัน และแสดงค่าบนคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมแลปวิว ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดวัดแรงบิดที่สร้างขึ้นใช้วัดแรงบิดได้ไม่เกิน 10 Nm โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด  $\pm 2.20\%$  และการวัดความเร็วรอบมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด  $\pm 1.01$  2) ชุดวัดแรงบิดสามารถแสดงกำลังเบรกของกังหันน้ำเพลตันได้เป็นอย่างดี

#### คำสำคัญ

แรงบิด แลปวิว กำลังเบรก กังหันน้ำเพลตัน

#### Abstract

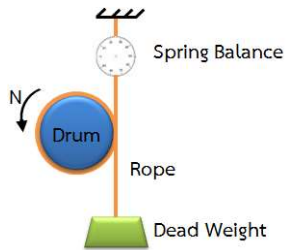
This article shows the development of a rope torque measurement kit using LabVIEW. The objectives of this research were to 1) design and build a rope-type torque measuring set, 2) find error of the torque measuring set and 3) show the brake power of the Pelton water turbine. The system will receive the input variables: kilogram-force from using a rope to pull the drum installed on the shaft of the water turbine and rotational speed. These variables will be calculated as torque, the brake power of the Pelton water turbine and display the values on the computer with LabVIEW program. The following findings were obtained 1) the torque measurement set that was created can measure torque not more than 10 Nm with a maximum error of  $\pm 2.20\%$  and the rotational speed measurement has a maximum error of  $\pm 1.01\%$ , 2) the torque measurement set can display the brake power of the Pelton water turbine very well.

#### Keywords

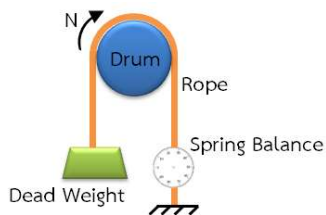
torque; LabVIEW; Brake power; Pelton water turbine

## 1. บทนำ

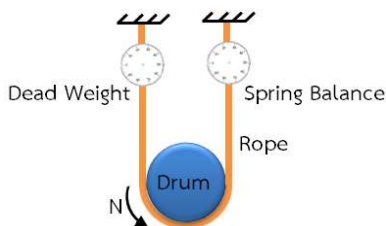
แรงบิด และกำลังเป็นสิ่งบ่งบอกถึงสมรรถนะของเครื่องจักรกลหมุนไม่ว่าจะเป็น กังหันน้ำ เครื่องยนต์ ฯลฯ ซึ่งนักวิจัย หรือห้องปฏิบัติการทั่วไปจะวัดแรงบิด และกำลังด้วยการวัดแรง และระยะทางจากจุดหมุนถึงจุดที่แรงมากระทำแล้วนำไปคำนวณด้วยเครื่องคำนวณหรือโปรแกรม จากการทบทวนวรรณกรรมของ [1] ทำให้เราทราบว่า การวัดแรงบิดโดยอาศัยการวัดแรง หรือน้ำหนัก ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยการวัดแรงมีลักษณะเหมือนตัว I, n และ U ดังรูปที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ชิ้นส่วนหลักประกอบด้วย ตัววัดแรงหรือน้ำหนักดรัม (Drum) เชือก และตัวแสดงผล



รูปที่ 1 การวัดทอร์กในลักษณะตัว I



รูปที่ 2 การวัดทอร์กในลักษณะตัว n



รูปที่ 3 การวัดทอร์กในลักษณะตัว U

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับกังหันน้ำ จะทำการวัดแรงบิดและความเร็วรอบ เพื่อหาสมรรถนะ โดย [2] ศึกษาตัวแปรคือ

ดัชนีบอกความทึบของกังหันน้ำ และระดับการจมตัวของใบส่วน [3] ใช้จำนวนใบพัดเป็นตัวแปรในการศึกษา งานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องยนต์ ก็เช่นกันสามารถนำเครื่องวัดแรงบิดชนิดเชือก มาวัดแรงบิดเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยตัวแปรที่ใช้ศึกษาของ [4] คือความดันอากาศเข้า และอัตราอ็อกซิเจน และ [5] คือก๊าซชีวภาพ เป็นต้น นักวิจัย [6] ได้ออกแบบไดนาโมมิเตอร์ แบบเชือก ซึ่งประกอบด้วย มอเตอร์ 1 เฟส เชือก มู่เล่ ตัวถ่วงน้ำหนัก สปริงสมดุล โครงสร้าง เบรกคู่สำหรับวัดแรงบิดที่มีค่าน้อย และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลในการออกแบบ มู่เล่จะคำนึงถึง น้ำหนัก ความเฉื่อย ความเร็ว ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับเชือกจะพิจารณาถึง ความแข็งแรง การเสียดสี ความยืดหยุ่น ความต้านทานต่อการกระแทก สปริงสมดุล ความแข็งแรงของโครงสร้าง การทนต่อการกัดกร่อน และบล็อกเบรก

จะเห็นได้ว่านักวิจัยได้ศึกษา พัฒนาสร้าง หรือเลือกใช้ชุดวัดแรงบิดชนิดเชือกให้เหมาะสมกับงานวิจัย หรือห้องปฏิบัติการของแต่ละคน และเครื่องวัดทอร์กโลกรัมแรงแสดงผลเป็นแบบอนาล็อก หรือดิจิทัล หลังจากนั้นนักวิจัยจึงอ่านค่านั้นมาคำนวณหาแรงบิด กำลัง และประสิทธิภาพสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะสร้างชุดวัดแรงบิดแบบเชือก ที่เหมาะสมกับการนำไปวัดค่าแรงบิดของเครื่องจักรกลชนิดหมุนคือกังหันน้ำเฟลตัน ซึ่งจะประมวลผล และแสดงผลในคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมแลปวิว ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เสมือนจริง ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งาน หรือผู้ปฏิบัติงานทั่ว ๆ ไปกับโปรแกรม

## 2. ทฤษฎี

ถ้าหาค่าแรงบิดเฉพาะขนาด และแรงกระทำนั้นตั้งฉาก [7] สามารถหาได้จากสมการที่ (1)

$$T = Fr \quad (1)$$

และแรงสามารถหาได้จากสมการที่ (2)

$$F = Wg \quad (2)$$

โดย

$T$  คือ แรงบิด มีหน่วยเป็นนิวตันเมตร (Nm)

$F$  คือ แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

$r$  คือ ระยะจากจุดศูนย์กลางถึงจุดที่แรงกระทำ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

$W$  คือ น้ำหนัก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

$g$  คือ แรงโน้มถ่วงบริเวณผิวโลก มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาทีกำลังสอง ( $m/s^2$ ) มีค่าประมาณ  $9.81 m/s^2$

กำลังของเครื่องจักรกลหมุนสามารถหาได้ดังสมการ (3)

และ (4)

$$P = T\omega \quad (3)$$

$$P = T(2\pi N) / 60 \quad (4)$$

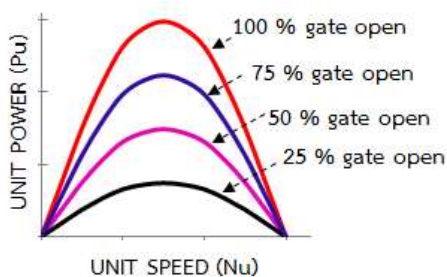
โดย

$P$  คือ กำลังเอาต์พุต มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

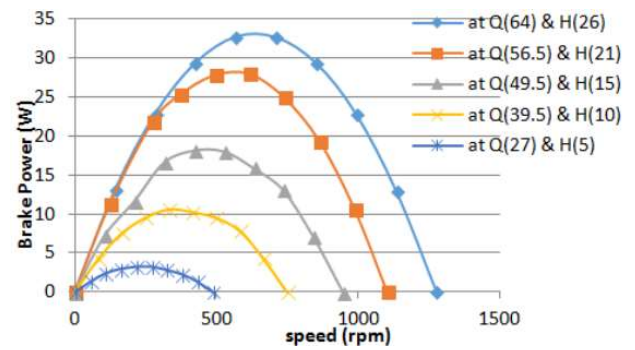
$\omega$  คือ ความเร็วเชิงมุม มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที (rad/s)

$N$  คือ ความเร็วรอบ มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที (rpm)

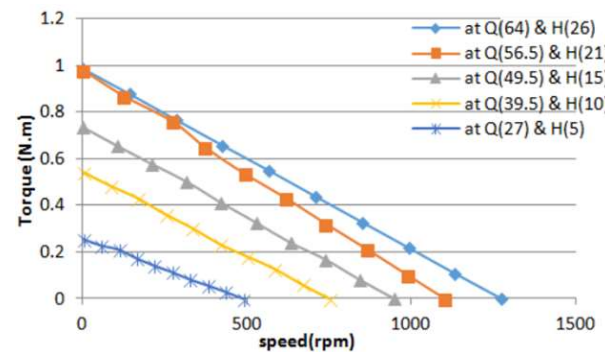
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วรอบของกังหันน้ำเพลตันเชิงทฤษฎี [8] แสดงดังรูปที่ 4 เส้นโค้งนี้จะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำ ความดัน ขนาดของหัวฉีด ซึ่งส่งผลต่อแรงบิด ความเร็ว และกำลังที่ได้จากกังหันน้ำ



รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วรอบของ กังหันน้ำเพลตันเชิงทฤษฎี



รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วรอบของกังหันน้ำเพลตันเชิงปฏิบัติ



รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของกังหันน้ำเพลตันเชิงปฏิบัติ

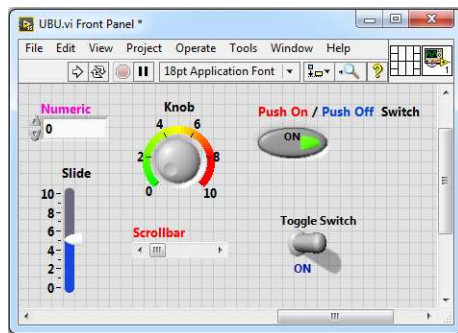
ส่วนรูปที่ 5 และ 6 เป็นกราฟที่ได้จากการปฏิบัติจริงของนักวิจัย [9] ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ้าอัตราการไหลของน้ำ (Q) และความดันของน้ำ (H) มีปริมาณมากก็จะได้กำลัง และแรงบิดของกังหันน้ำมีค่ามากด้วย

โปรแกรมแลปวิว [10-11] เป็นโปรแกรมประเภท Graphic User Interface (GUI) จึงง่ายต่อการทำความเข้าใจและการเขียนโปรแกรม การสื่อสารระหว่างผู้ใช้กับตัวโปรแกรมทำได้สะดวก เพราะหน้าจอแสดงผลเสมือนจริง และมี Port หรือ Card ต่างๆ สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โปรแกรมแลปวิวประกอบ 2 ส่วนคือ

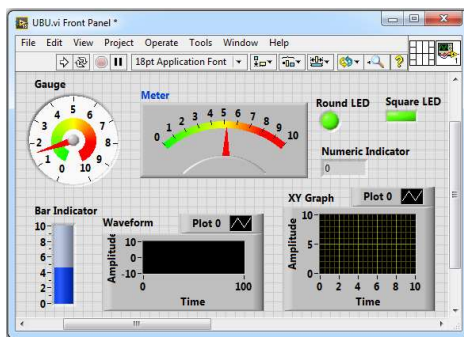
1) Front Panel เป็นส่วนที่ใช้สื่อสารกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม แบ่งเป็น 2 ประเภทคือหน่วยควบคุม เช่น ช่องใส่ตัวเลข ปุ่มสไลด์เลือกค่า, ปุ่มหมุนเลือกค่า สกอร์บาร์, สวิตช์กดติด/กดดับและสวิตช์โยก แสดงดังรูปที่ 7 และหน่วยแสดงผล เช่น เกจ, บาร์กราฟ, มิเตอร์, กราฟรูปคลื่น, หลอด

LED แบบวงกลม, หลอด LED แบบสี่เหลี่ยม, จอแสดงค่าตัวเลข และกราฟ XY แสดงดังรูปที่ 8

2) Block Diagram เป็นเหมือนกับ Source Code ของโปรแกรม ซึ่งปรากฏอยู่ในรูปของภาษา G (Graphical Language) โดย Block Diagram สามารถที่จะทำงานได้ทันที และมีการตรวจสอบข้อผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลา ส่วนประกอบภายใน Block Diagram จะประกอบด้วย ฟังก์ชัน คำคงที่โปรแกรมควบคุมการทำงาน หรือโครงสร้าง ฯลฯ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 9



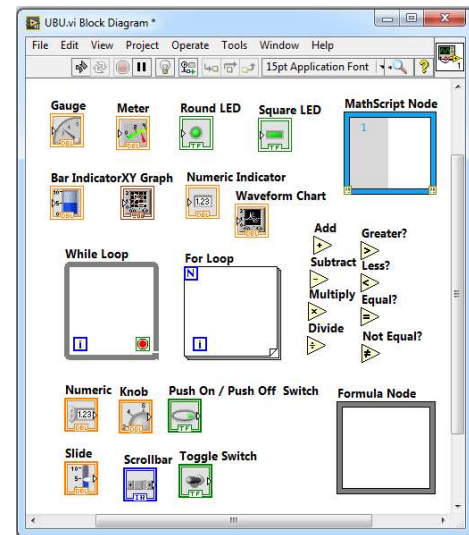
รูปที่ 7 ตัวอย่างหน่วยควบคุมค่าของ Front Panel



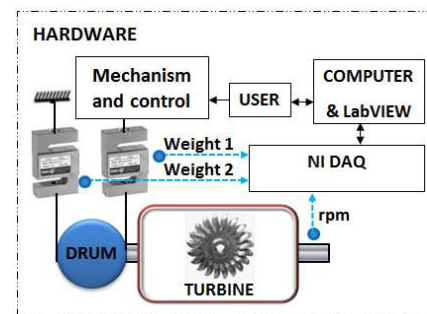
รูปที่ 8 ตัวอย่างหน่วยแสดงผลของ Front Panel

### 3. วิธีดำเนินการ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดวัดแรงบิดแบบเชือก และโปรแกรมแลปวิว ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น และยังได้ศึกษาเกี่ยวกับกังหันน้ำเพลตัน [12-13] เพื่อจะนำมามาออกแบบชุดวัดแรงบิดแบบเชือก ซึ่งมีลักษณะเป็นตัว U ดังรูปที่ 3 และการหาลำกำลังของกังหันน้ำเพลตัน แสดงผลผ่านหน้าจอกอมพิวเตอร์ ภาพรวมของชุดวัดแรงบิดนี้แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 9 ตัวอย่าง Block Diagram



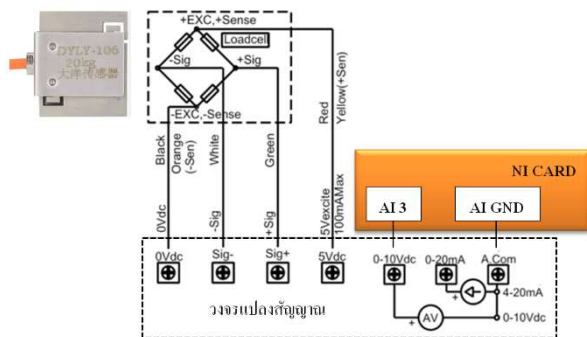
รูปที่ 10 ภาพรวมของการวัดแรงบิดในงานวิจัยในครั้งนี้

จากรูปที่ 10 การวัดแรงบิดจะนำดรัม (Drum) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 m ติดตั้งกับเพลลาของกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0254 m และจะใช้เชือกสายพานคล้อง ส่วนปลายเชือกด้านขวาผูกติดกับโหลดเซลล์ (Load Cell) ตัวที่ 1 ซึ่งติดตั้งไว้กับกลไกสำหรับทำให้เชือกเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง (กลไกควบคุมการขึ้นลงด้วยปุ่มกด) ปลายเชือกด้านซ้ายผูกติดกับโหลดเซลล์ตัวที่ 2 ซึ่งจะถูกยึดไว้กับที่ เมื่อเพลลาของกังหันน้ำหมุน จะมีเซนเซอร์ตรวจจับความเร็วรอบ (rpm) และใส่ภาระให้กับเพลลาของกังหันน้ำ โดยควบคุมกลไกให้เคลื่อนที่ขึ้นโหลดเซลล์ ทั้ง 2 ตัวจะตรวจจับน้ำหนัก (Weight) สัญญาณที่ถูกตรวจจับจะถูกส่งไปที่การ์ดเก็บข้อมูล และควบคุม (NI DAQ card) นำไปประมวลผลโดยใช้ซอฟต์แวร์เป็นโปรแกรมแลปวิว และแสดงค่าแรงบิด และกำลังของกังหันน้ำบนจอกอมพิวเตอร์ โดยมีรายละเอียดในส่วนที่สำคัญดังนี้

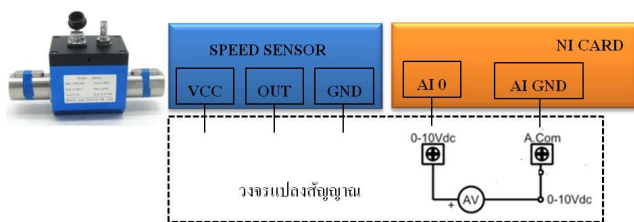
ชุดวัดแรงบิดสามารถวัดแรงบิดได้ 10 Nm ระยะจากจุดศูนย์กลางถึงจุดที่แรงกระทำเท่ากับ 0.15 m ดังนั้น  $W = F/g = 66.66/9.81 = 6.8 \text{ kg}$  ขนาดโหลดเซลล์มีค่าเป็น  $2W = 2 \times 6.8 = 13.6 \text{ kg}$  เลือกใช้ 20 kg

การตรวจจับสนญาณน้ำหนัก โดยใช้โหลดเซลล์ 0-20 kg และนำมาแปลงสัญญาณให้เป็น 0-10 V และจ่ายให้กับการ์ดเก็บข้อมูล และควบคุม แสดงดังรูปที่ 11 เพื่อนำไปประมวลผล และแสดงค่า

การตรวจจับสนญาณความเร็วรอบ โดยใช้เซนเซอร์ความเร็ว 0-4,000 rpm และนำมาแปลงสัญญาณให้เป็น 0-10 V และจ่ายให้กับการ์ดเก็บข้อมูล และควบคุม แสดงดังรูปที่ 12 เพื่อนำไปประมวลผล และแสดงค่า



รูปที่ 11 วงจรการตรวจจับสนญาณน้ำหนัก



รูปที่ 12 วงจรการตรวจจับสนญาณความเร็วรอบ

ดำเนินการสร้างชุดวัดแรงบิดแบบเชือก และการหาค่าของกังหันน้ำเพลตัน ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ มีรายละเอียดดังนี้

1) ฮาร์ดแวร์ของชุดวัดแรงบิดแสดงดังรูปที่ 13 ประกอบด้วย

- หมายเลข 1 กลไกสำหรับดึง
- หมายเลข 2 โหลดเซลล์
- หมายเลข 3 เชือกสายพาน
- หมายเลข 4 ดรัม

หมายเลข 5 ปุ่มกดสำหรับควบคุมกลไก

หมายเลข 6 กังหันเพลตัน

หมายเลข 7 ตัวตรวจจับสนญาณความเร็วรอบ

หมายเลข 8 จอแสดงผล

หมายเลข 9 ตู้จ่ายไฟ

หมายเลข 10 คอมพิวเตอร์

หมายเลข 11 เครื่องสูบน้ำ

หมายเลข 12 ถังน้ำ



รูปที่ 13 ฮาร์ดแวร์ของชุดวัดแรงบิดที่สร้างขึ้น

2) ซอฟต์แวร์ของชุดวัดแรงบิดประกอบด้วย Front Panel แสดงดังรูปที่ 14 และ Block Diagram แสดงดังรูปที่ 15 ซึ่งรูปที่ 14 มีรายละเอียดดังนี้

หมายเลข 13 ปุ่มสั่งให้โปรแกรมทำงาน

หมายเลข 14 ปุ่มหยุดการทำงานของโปรแกรม

หมายเลข 15 แสดงค่าแรงบิดในหน่วยของ Nm, kgf.cm และ lb.ft

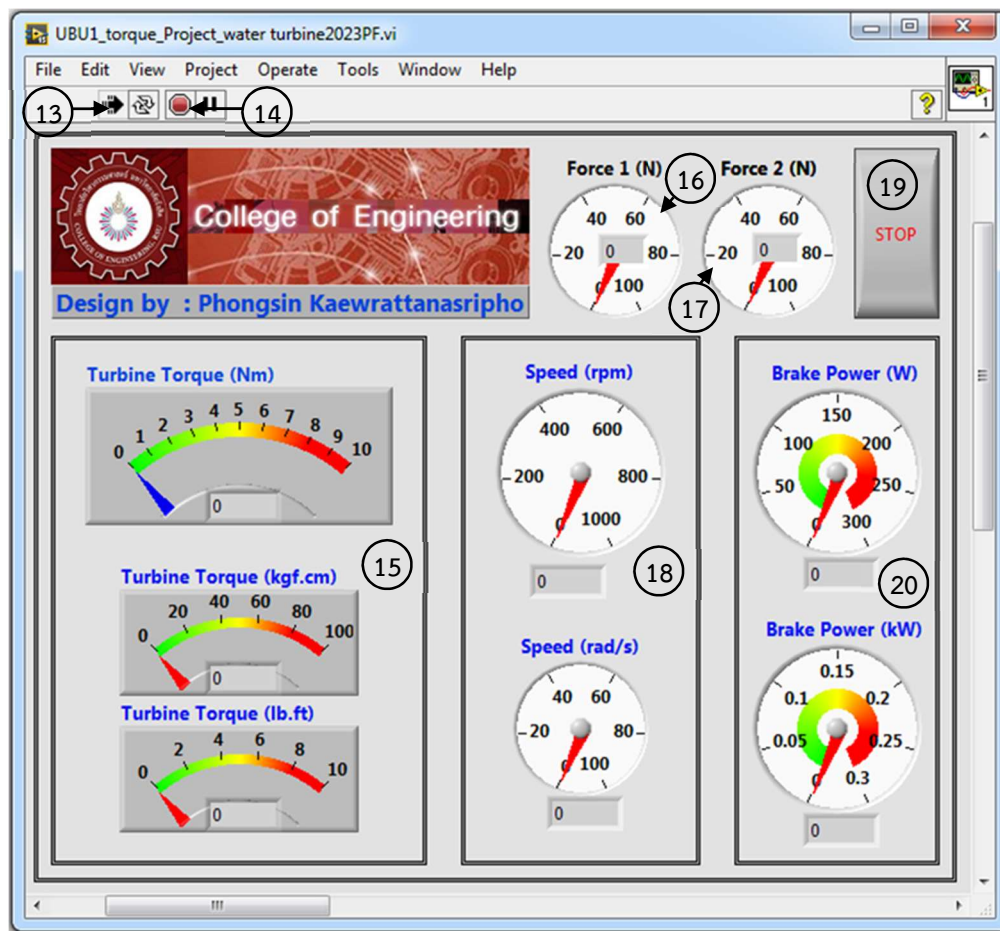
หมายเลข 16 แสดงค่าแรง 1

หมายเลข 17 แสดงค่าแรง 2

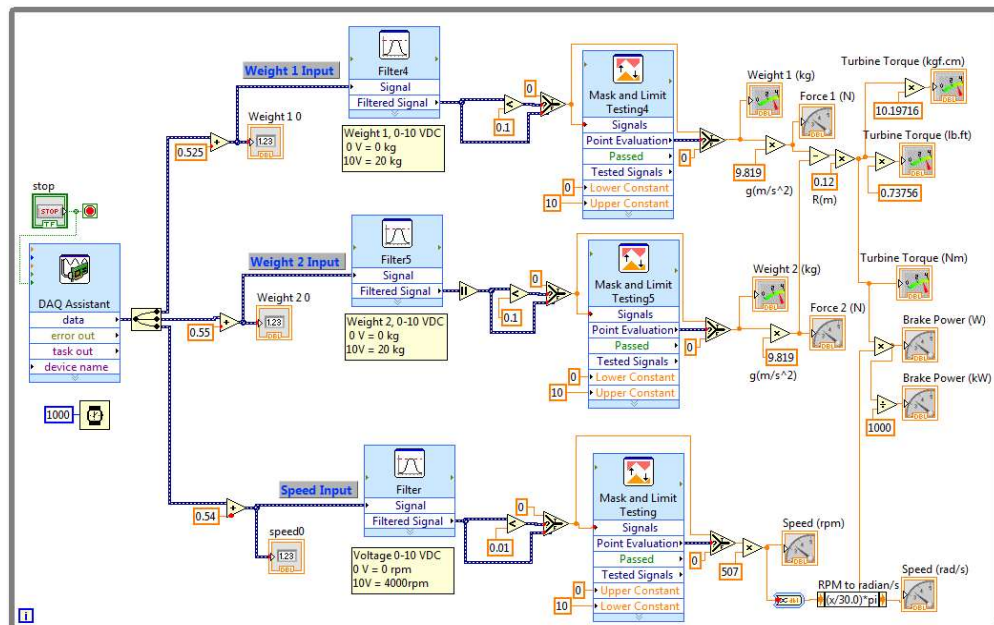
หมายเลข 18 แสดงค่าความเร็วรอบในหน่วยของ rpm และ rad/s

หมายเลข 19 ปุ่มหยุดการทำงานฉุกเฉิน

หมายเลข 20 แสดงค่ากำลังเบรกของกังหันน้ำ



รูปที่ 14 Front Panel ของชุดวัดแรงบิดที่สร้างขึ้น



รูปที่ 15 Block Diagram ของชุดวัดแรงบิดที่สร้างขึ้น

#### 4. ผลการวิจัย

1) การทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนของชุดวัดแรงบิดที่สร้างขึ้นนั้นสามารถหาได้จาก การนำค่าแรงบิดที่ได้จากชุดวัดแรงบิดที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าแรงบิดที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งผลแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดแรงบิด

| T <sub>X</sub><br>(Nm) | T <sub>Y</sub> (Nm) |                 |                 |                  | %Error |
|------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|------------------|--------|
|                        | T <sub>Y1</sub>     | T <sub>Y2</sub> | T <sub>Y3</sub> | T <sub>YAV</sub> |        |
| 0.59                   | 0.58                | 0.58            | 0.57            | 0.58             | 2.20   |
| 1.18                   | 1.17                | 1.17            | 1.17            | 1.17             | 0.60   |
| 1.77                   | 1.77                | 1.76            | 1.76            | 1.76             | 0.27   |
| 2.36                   | 2.32                | 2.33            | 2.33            | 2.33             | 1.28   |
| 2.95                   | 2.94                | 2.94            | 2.93            | 2.94             | 0.35   |
| 3.53                   | 3.53                | 3.53            | 3.53            | 3.53             | 0.14   |
| 4.12                   | 4.12                | 4.12            | 4.12            | 4.12             | 0.12   |
| 4.71                   | 4.70                | 4.70            | 4.70            | 4.70             | 0.35   |
| 5.30                   | 5.30                | 5.30            | 5.30            | 5.30             | 0.09   |
| 5.89                   | 5.85                | 5.85            | 5.85            | 5.85             | 0.69   |
| 6.48                   | 6.47                | 6.44            | 6.44            | 6.45             | 0.44   |
| 7.07                   | 7.04                | 7.04            | 7.03            | 7.04             | 0.44   |
| 7.66                   | 7.67                | 7.67            | 7.67            | 7.67             | 0.10   |
| 8.25                   | 8.20                | 8.21            | 8.24            | 8.22             | 0.35   |
| 8.84                   | 8.85                | 8.84            | 8.83            | 8.84             | 0.04   |
| 9.43                   | 9.42                | 9.42            | 9.41            | 9.42             | 0.09   |
| 10.02                  | 10.01               | 10.01           | 10.02           | 10.02            | 0.00   |
| 10.60                  | 10.60               | 10.59           | 10.58           | 10.59            | 0.14   |
| 11.19                  | 11.19               | 11.18           | 11.17           | 11.18            | 0.14   |
| Max                    |                     |                 |                 |                  | 2.20   |
| Min                    |                     |                 |                 |                  | 0.00   |

เมื่อ T<sub>X</sub> คือค่าแรงบิดที่ได้จากการคำนวณ

T<sub>YAV</sub> คือค่าแรงบิดเฉลี่ยที่ได้จากเครื่องที่สร้างขึ้น  
เท่ากับ  $(T_{Y1} + T_{Y2} + T_{Y3})/3$

T<sub>Y1</sub>, T<sub>Y2</sub> และ T<sub>Y3</sub> คือค่าแรงบิด ซึ่งใช้เครื่องที่สร้างขึ้น วัดครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

$$\%Error = (|T_X - T_{YAV}| / T_X) 100 (\%)$$

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าระหว่าง T<sub>X</sub> คือค่าแรงบิดที่ได้จากการคำนวณ และ T<sub>YAV</sub> คือค่าแรงบิดเฉลี่ยที่ได้จากชุดวัดแรงบิดที่สร้างขึ้น นำมาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดในแต่ละครั้ง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งความคลาดเคลื่อน

สูงสุดมีค่าเท่ากับ  $\pm 2.20\%$  และค่าต่ำสุด  $\pm 0\%$  ซึ่งสามารถนำมาแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 16

2) การทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดความเร็วรอบที่สร้างขึ้นนั้นสามารถหาได้จาก การนำค่าความเร็วรอบที่ได้จากเครื่องวัดความเร็วรอบที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าความเร็วรอบที่ได้จากเครื่องยี่ห้อโยโกว่า ซึ่งผลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดความเร็วรอบ

| N <sub>X</sub><br>(rpm) | N <sub>Y</sub> (rpm) |                 |                 |                  | %Error |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------|--------|
|                         | N <sub>Y1</sub>      | N <sub>Y2</sub> | N <sub>Y3</sub> | N <sub>YAV</sub> |        |
| 49                      | 48                   | 49              | 50              | 49               | 0.00   |
| 94                      | 95                   | 94              | 94              | 94               | 0.35   |
| 145                     | 144                  | 144             | 146             | 145              | 0.23   |
| 205                     | 203                  | 206             | 203             | 204              | 0.49   |
| 250                     | 249                  | 249             | 250             | 249              | 0.27   |
| 296                     | 300                  | 298             | 299             | 299              | 1.01   |
| 348                     | 350                  | 348             | 347             | 348              | 0.10   |
| 396                     | 400                  | 401             | 399             | 400              | 1.01   |
| 451                     | 450                  | 449             | 450             | 450              | 0.30   |
| 496                     | 500                  | 499             | 500             | 500              | 0.74   |
| 554                     | 550                  | 553             | 550             | 551              | 0.54   |
| 600                     | 605                  | 605             | 604             | 605              | 0.78   |
| 651                     | 655                  | 652             | 652             | 653              | 0.31   |
| 698                     | 700                  | 703             | 701             | 701              | 0.48   |
| Max                     |                      |                 |                 |                  | 1.01   |
| Min                     |                      |                 |                 |                  | 0.00   |

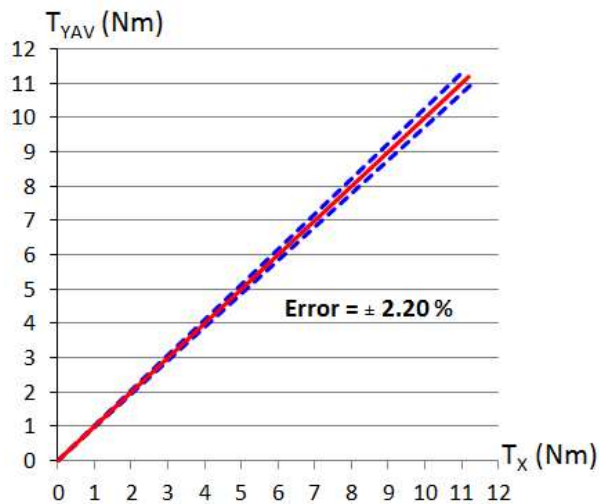
เมื่อ N<sub>X</sub> คือค่าความเร็วรอบที่วัดจากเครื่องยี่ห้อโยโกว่า

N<sub>YAV</sub> คือค่าความเร็วรอบเฉลี่ยที่ได้จากเครื่องที่สร้างขึ้น เท่ากับ  $(N_{Y1} + N_{Y2} + N_{Y3})/3$

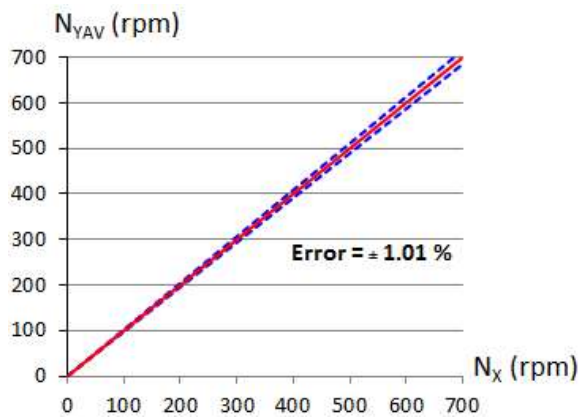
N<sub>Y1</sub>, N<sub>Y2</sub> และ N<sub>Y3</sub> คือค่าความเร็วรอบ ซึ่งใช้เครื่องที่สร้างขึ้น วัดครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

$$\%Error = (|N_X - N_{YAV}| / N_X) 100 (\%)$$

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าค่าระหว่าง N<sub>X</sub> คือค่าความเร็วรอบที่วัดจากเครื่องยี่ห้อโยโกว่า และ N<sub>YAV</sub> คือค่าเฉลี่ยความเร็วรอบที่ได้จากชุดวัดที่สร้างขึ้น นำมาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดในแต่ละครั้ง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งความคลาดเคลื่อนสูงสุดมีค่าเท่ากับ  $\pm 1.01\%$  และค่าต่ำสุด  $\pm 0\%$  ซึ่งสามารถนำมาแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 17

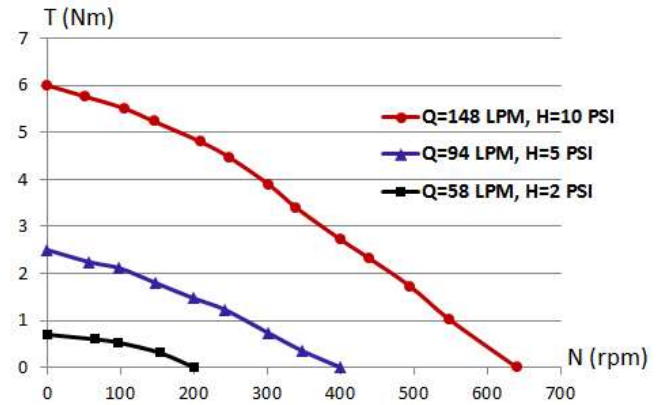


รูปที่ 16 กราฟแสดงความคลาดเคลื่อนของค่าแรงบิด



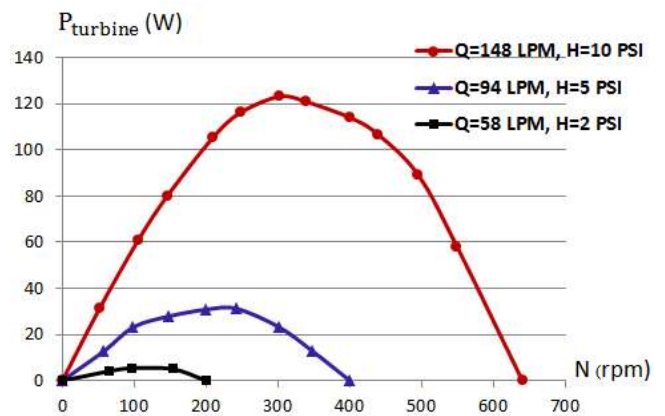
รูปที่ 17 กราฟแสดงความคลาดเคลื่อนของค่าความเร็วรอบ

ผู้วิจัยได้ปฏิบัติการทดลองโดยใช้ชุดวัดแรงบิดที่สร้างขึ้น ทำการควบคุมเครื่องสูบน้ำให้จ่ายน้ำที่มีอัตราการไหลเท่ากับ 148, 94 และ 58 LPM ทำให้ได้เฮดน้ำ หรือความดันน้ำเท่ากับ 10, 5 และ 2 psi ตามลำดับ จากนั้นนำมาฉีดยังกังหันน้ำเพลตัน บันทึกค่าแรงบิด ความเร็วรอบ กำลังเบรก และพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเบรกกับความเร็วรอบ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 18 และ 19 ตามลำดับ



รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบรูปที่ 18 จะเห็นได้ว่า แรงบิดจะมีค่ามากที่สุด ขณะที่ความเร็วรอบเป็นศูนย์ และแรงบิดจะลดลง ขณะที่ความเร็วรอบเพิ่มขึ้น จนถึงความเร็วรอบวิกฤต ค่าแรงบิดเท่ากับศูนย์ ซึ่งถ้าไม่พิจารณาที่แรงบิดเท่ากับศูนย์จะเห็นว่า ค่าแรงบิด ที่อัตราการไหล 148 LPM และความดันน้ำ 10 psi มีค่ามากกว่าค่าแรงบิด ที่อัตราการไหล 94 LPM และความดันน้ำ 5 psi และมียค่ามากกว่าค่าแรงบิด ที่อัตราการไหล 58 LPM และความดันน้ำ 2 psi



รูปที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเบรกกับความเร็วรอบ

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเบรกกับความเร็วรอบรูปที่ 19 จะเห็นได้ว่า เริ่มต้นกำลังเบรกและความเร็วรอบมีค่าเท่ากับศูนย์ และเมื่อความเร็วรอบมากขึ้น กำลังเบรกจะมีค่ามากขึ้นจนถึงพิกัดสูงสุด และกำลังเบรกก็จะลดลง ถึงแม้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นก็ตาม และเมื่อถึงความเร็ว

รอบพิกัด ค่ากำลังเบรกจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งถ้าพิจารณาความเร็วรอบที่ไม่เท่ากับศูนย์ และความเร็วรอบที่ค่าเดียวกัน จะเห็นได้ว่า ค่ากำลังเบรก ที่อัตราการไหล 148 LPM และความดันน้ำ 10 psi มีค่ามากกว่าค่ากำลังเบรก ที่อัตราการไหล 94 LPM และความดันน้ำ 5 psi และมีค่ามากกว่าค่ากำลังเบรก ที่อัตราการไหล 58 LPM และความดันน้ำ 2 psi

## 5. การอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้สามารถอภิปรายผลได้คือ ค่าแรงบิดชุดวัดแรงบิดแบบเชือก และการหาค่ากำลังเบรกมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดไม่เกิน  $\pm 3.21\%$  ซึ่งน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับโดยทั่วไปคือ  $\pm 5\%$  ความคลาดเคลื่อนของชุดวัดแรงบิดแบบเชือกที่เกิดขึ้นเกิดจาก การ์ดเก็บข้อมูล และควมคุมที่มีค่าเอาต์พุตคลาดเคลื่อน เนื่องจากอายุการใช้งาน และไม่สามารถสอบเทียบได้ คุณภาพของเซนเซอร์ และตัวแปลงสัญญาณที่มีค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งแก้ไขโดยใช้บวกค่าคงที่ในตัวโปรแกรม

เมื่อนำมาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเบรกกับความเร็วรอบ กราฟที่ได้มีความถูกต้อง เมื่อเปรียบเทียบกับทางทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ศึกษาและกล่าวไว้ในข้างต้น เหมาะสมสำหรับใช้เพื่อการศึกษา และงานวิจัยที่ต้องการหาค่าแรงบิด และกำลังเบรก

## 6. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยพัฒนาชุดวัดแรงบิดแบบเชือก และการหาค่ากำลังเบรกสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) ชุดวัดแรงบิด ประกอบด้วย กลไกและปุ่มควบคุมการดึง ดรัมสำหรับยึดเพลลาของกังหันน้ำ และคล้องกับเชือกที่ผูกติดกับโหลดเซลล์ ตัวตรวจจับความเร็วรอบ NI DAQ เป็นการวัดอินเตอร์เฟสรับสัญญาณที่ตรวจจับ โปรแกรมแลปวิวใช้ประมวลผล และแสดงค่า อุปกรณ์สำหรับใช้กับชุดวัดแรงบิด ประกอบด้วย อินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมเครื่องสูบน้ำ เพื่อส่งความดัน และอัตราการไหลน้ำไปหมุนกังหันเพลตัน ทำให้กังหันน้ำมีแรงบิด และกำลัง

2) ชุดวัดแรงบิดที่สร้างขึ้นใช้วัดแรงบิดได้ไม่เกิน 10 Nm โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด  $\pm 2.20\%$

3) สามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเบรกกับความเร็วรอบได้อย่างถูกต้องตามทฤษฎี

ข้อเสนอแนะ

1) ชุดวัดแรงบิดแบบเชือกที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือวิจัยด้านการศึกษาค้นคว้า หรืองานวิจัยด้านวิศวกรรม โดยศึกษาตัวแปรเพิ่มเกี่ยวกับ น้ำหนักของดรัม ความเสียดทานของเชือก ระยะทางจากจุดศูนย์กลางถึงจุดที่แรงกระทำ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ส่งผลต่อค่าแรงบิดที่จะวัดได้จริง ๆ

2) ถ้ากังหันน้ำมีแรงบิด 15 Nm สามารถนำชุดวัดแรงบิดที่สร้างขึ้นวัดแรงบิดได้ แต่ต้องหาค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มเติมจากเดิม ซึ่งหาไว้ที่ 0 ถึง 11 Nm

3) การทำความเข้าใจวิธีการใช้อย่างถูกต้องเป็นการลดความคลาดเคลื่อนของการวัด

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Vidian F, Putra DH, Kholis A. A short review and development of rope brake dynamometer for measurement of brake power on small scale engine. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*. 2020; 43(2): 144-153.
- [2] Hayibaka M. *Effected study of solidity and paddle submerged level on performance of undershot water wheel*. Chiang Mai: Maejo University; 2018.
- [3] Sritram P, Ponlwan P, Pannason P, Keram P. The effects of blade number on the efficiency of undershot water wheel. *Agriculture and Technology Journal*. 2020; 1(2): 96-109.
- [4] Patel ND, Rathod GP, Patel TM. Effect of Inlet air Pressure and Egr rate on the Diesel Engine

- Performance. *Indian Journal of Applied Research*. 2015; 5(4): 264-267.
- [5] Prajapati AK, Randa R, Parmar N. Experimental study on utilization of biogas in ic engine. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*. 2015; 4(8): 827-835.
- [6] Gopinath R. Design of a rope brake dynamometer. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 2014; 20(5): 650-655.
- [7] Kaewrattanasripho P. *Development of a Rope Type Dynamometer Using LabVIEW*. Pathumthani: Rangsit University; 2023.
- [8] Bansal RK. *A Textbook of Fluid Mechanics and Hydraulic Machines*. Mumbai: Laxmi publications (P) LTD.; 2010.
- [9] Talib ZF, Abdul JOH, Mohammed AKQ. Effect of flow parameters on pelton turbine performance by using different nozzles. *International Journal of Modeling and Optimization*. 2017; 7(3): 128-133.
- [10] National Instruments Corporate. *LabVIEW User Manual*. Austin: 2003.
- [11] Kaewrattanasripho P. Simulation of the Generating Electricity from Water Turbines Using the LabVIEW. *Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST)*. 2022; 21(2): 117-125.
- [12] Eisenring M. *Micro Pelton Turbines*. St. Gallen: niedermann AG; 1991.
- [13] Kaewrattanasripho P. *The hydroelectric power generation*. Pathumthani: Rangsit University; 2012.