

## สหสัมพันธ์เชิงประจักษ์ในการทำนายกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

### Empirical Correlations for Predicting Electric Power of Centrifugal Pump

มานพ พิพัฒน์หัตถกุล\* ทรงธรรม เหล่าสุวรรณ และ ฉัตรชัย เปล่งสะอาด

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

833 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์: 0-2104-9099

Manop Pipathattakul\*, Songtam Laosuwan and Chatchai Plengsaard

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology

833 Rama I Road, Wangmai, Pathumwan, Bangkok 10330, THAILAND. Tel: 66(0)-2104-9099,

E-mail: Nop\_mt@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงสหสัมพันธ์เชิงประจักษ์สำหรับการทำนายกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ระบบทดลองประกอบด้วยเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง รุ่น A65-130 ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 5.5 แรงม้า โดยมีเงื่อนไขในการทดลองในช่วงความเร็วรอบ 1100 – 1750 รอบต่อนาที และอัตราการไหล 1 – 6 ลิตรต่อวินาที จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ค่ากำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการคำนวณ โดยสหสัมพันธ์เชิงประจักษ์ มีค่าความผิดพลาดประมาณ  $\pm 10$  เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าจริง ที่ได้จากการทดลอง

คำสำคัญ: สหสัมพันธ์เชิงประจักษ์, กำลังไฟฟ้า, เครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

#### Abstract

This research describes the empirical correlations for predicting electric power of centrifugal pump. The experimental system consists of the centrifugal pump A65-130 Model which is driven by 3 phases, 5.5 HP of electric motor. The experimental conditions of rotational speed and flow rate are in the range of 1100 – 1750 rpm and 1 – 6 L/s, respectively. From the experimental results, it can be found that the electric power is obtained by the empirical correlations which have error about  $\pm 10\%$  that compares with the electric power obtained from the experiment.

**Keywords:** Empirical correlations, Electric Power, Centrifugal Pump

## 1. บทนำ

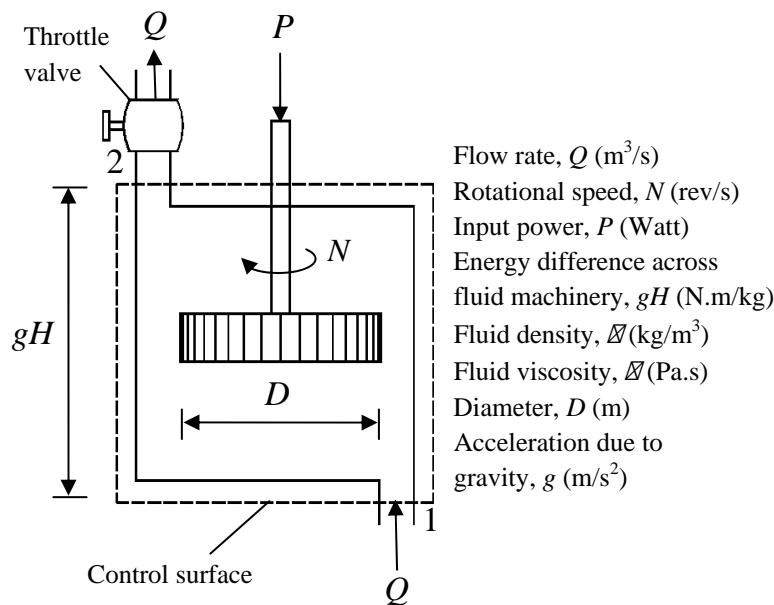
กำลังไฟฟ้าที่ต้องการในการขับเคลื่อนของไหลผ่านระบบสั้นท่อ ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังขึ้นอยู่กับอัตราการไหล และ เสด โดยปกติมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ ดังนั้น เมื่อมีการปิดวาล์วประตูน้ำทางด้านทางจ่ายของเครื่องสูบเพื่อลดอัตราการไหล ทำให้เสดที่เครื่องสูบทำได้มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันทำให้เครื่องสูบมีภาระการทำงานลดลง เป็นผลทำให้กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ต้องการมีค่าลดลงตาม โดยสามารถทำนายกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราการไหล และ เสด ที่เครื่องสูบทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ได้ แต่เมื่อมีการปิดวาล์วประตูน้ำทางด้านทางจ่าย ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการทำงาน of เครื่องสูบ ลดต่ำลง เนื่องจากความต้านทานการไหลของระบบมีค่าสูงขึ้น ส่งผลทำให้จุดทำงานของเครื่องสูบที่ถูกออกแบบไว้ มีการเบี่ยงเบนออกจากจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งในปัจจุบันได้นำระบบ VSD (Variable Speed Drive) เพื่อปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ ให้เหมาะสมกับภาระงานเพื่อให้เครื่องสูบทำงานในจุดที่มีประสิทธิภาพสูงอยู่เสมอ โดย ชัยพร โกพลรัตน์และคณะ [1] และจำลอง ปรามแก้วและคณะ [2] ได้ทำการทดลองหาสมรรถนะ ของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ที่มีการควบคุมอัตราการไหลตามสภาวะการใช้งาน โดยปรับความเร็วรอบ การทำงานของเครื่องสูบ ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบที่มีการควบคุมความเร็วรอบ มีสมรรถนะการทำงานที่สูงกว่าระบบที่ทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ ในช่วงของการทดลองอยู่เสมอ จากนั้น มานพ พิพัฒน์หัตถกุล และวินัส ทัดนิยม [3] ได้ทำการทดลองระบบ VSD เพื่อหาผลกระทบของความเร็วรอบ ที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง โดยใช้อินเวอร์เตอร์ ในการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความเร็วรอบ ส่งผลกระทบโดยตรงกับ อัตราการไหล เสด และกำลังไฟฟ้าที่เครื่องสูบต้องการ ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่เครื่องสูบต้องการ เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไปสามารถทำนายได้จาก กฎของบีม (Affinity laws) โดยระบบ VSD จะให้ผลดี เมื่อระบบท่อลำเลียงของไหล มีเสดความเสียดทานที่สูงมากพอ ต่อมา มานพ พิพัฒน์หัตถกุล และ มกร ลักษณะ [4] ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์หิมิต โดยวิธีของเรย์เลทซ์ (Rayleigh's method) เพื่อหากลุ่มตัวแปรไร้มิต ที่ใช้ในการทำนายสมรรถนะของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ในรูปของสัมประสิทธิ์กำลัง (The power coefficient), สัมประสิทธิ์เสด (The head coefficient) และสัมประสิทธิ์การไหล (The flow coefficient) โดยแสดงวิธีการทดลองเก็บค่าตัวแปรต่างๆ กับเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เพื่อใช้ในการคำนวณ จากนั้นแสดงวิธีการหาสหสัมพันธ์ จากข้อมูลการทดลอง โดยใช้วิธีการถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear regression) เพื่อหาสหสัมพันธ์ในรูปของ สัมประสิทธิ์กำลัง ที่ใช้ในการทำนายกำลังไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ที่ขึ้นอยู่กับ ความเร็วรอบ อัตราการไหล และเสด

จากการศึกษาผลงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมา เห็นได้ว่าการทำนาย ความต้องการกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ที่มีความเร็วรอบเปลี่ยนไป จำเป็นต้องทราบถึงคุณลักษณะ เสด - อัตราการไหล หรือ กราฟ H - Q ที่ความเร็วรอบคงที่ปกติ ที่เครื่องสูบทำงานเสดก่อนจากนั้น จึงใช้กฎของบีม ในการทำนายกำลังไฟฟ้า เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไป จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ เพื่อที่จะสร้างสหสัมพันธ์ ที่ใช้

ในการทำนาย กำลังไฟฟ้า ของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ให้อยู่ในรูปของตัวแปรไร้มิติ ซึ่งขึ้นอยู่กับ ความเร็วรอบ อัตราการไหล และเสด ที่เครื่องสูบน้ำทำได้

## 2. ทฤษฎีในการวิเคราะห์

ปริมาณควบคุมที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หมิติ เพื่อหากลุ่มตัวแปรไร้มิติ ของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง แสดงดังรูปที่ 1 โดยมีสมมติฐาน เป็นการไหลแบบสม่ำเสมอ ของของไหลที่อัดตัวไม่ได้



รูปที่ 1 ปริมาณควบคุมของแบบจำลองเครื่องจักรกลของไหล

โดยวิธีของเรย์เลทซ์ (Rayleigh's method) จะได้กลุ่มตัวแปรไร้มิติ ที่ใช้สำหรับการทดลองหาสมรรถนะ ของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งมีชื่อเรียกกลุ่มตัวแปรไร้มิติดังสมการที่ (1), (2), (3) และ (4) ตามลำดับ [4]

$$\bar{P} = \frac{P}{\rho N^3 D^5} \quad \text{สัมประสิทธิ์กำลัง} \quad (1)$$

(The power coefficient)

$$\phi = \frac{Q}{ND^3} \quad \text{สัมประสิทธิ์การไหล} \quad (2)$$

(The flow coefficient)

$$\psi = \frac{gH}{N^2 D^2} \quad \text{สัมประสิทธิ์เสด} \quad (3)$$

(The head coefficient)

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} \quad \text{เลขเรย์โนลด์ส์} \quad (4)$$

(The Reynolds number)

เนื่องจาก โดยปกติ ในช่วงการทำงานของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เลขเรย์โนลด์ส์มีค่าสูงมาก ดังนั้นสามารถเขียนความสัมพันธ์ในเชิงฟังก์ชัน ของสัมประสิทธิ์กำลัง ให้อยู่ในเทอมฟังก์ชันของ สัมประสิทธิ์การไหล และสัมประสิทธิ์เฮด ได้ดังสมการที่ (5)

$$\bar{P} = f(\phi, \psi) \quad (5)$$

เมื่อ

$P$  = กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องต้นกำลัง มีหน่วยเป็น Watt

$\rho$  = ความหนาแน่นของของไหล มีหน่วยเป็น  $\text{kg/m}^3$

$N$  = ความเร็วรอบของเครื่องจักร มีหน่วยเป็น rev/s

$D$  = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด มีหน่วยเป็น m

$Q$  = อัตราการไหล มีหน่วยเป็น  $\text{m}^3/\text{s}$

$g$  = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ  $9.81 \text{ m/s}^2$

$H$  = เฮดที่เครื่องจักรทำได้ มีหน่วยเป็น m

$V$  = ความเร็วของของไหล มีหน่วยเป็น m/s

$\mu$  = ความหนืดสถิตย์ของของไหล มีหน่วยเป็น Pa.s

การหาความสัมพันธ์ของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งอยู่ในรูปของเลขยกกำลังคูณกับค่าคงที่ใดๆ ใช้วิธีการถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear regression) จากสมการที่ (5) สามารถเขียนสหสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์กำลังกับสัมประสิทธิ์การไหล และสัมประสิทธิ์เฮด ได้ดังสมการที่ (6) และ (7) ซึ่งค่าคงที่  $C$ ,  $M$  และ  $N$  สามารถหาได้จากข้อมูลการทดลองจำนวน  $n$  ข้อมูล ซึ่งเขียนได้ดังสมการที่ (8) [4]

$$\bar{P} = C\phi^M\psi^N \quad (6)$$

$$\text{Log } \bar{P} = \text{Log } C + M\text{Log } \phi + N\text{Log } \psi \quad (7)$$

เมื่อกำหนดให้

$$z = \text{Log } \bar{P} \quad , \quad x = \text{Log } \phi \quad , \quad y = \text{Log } \psi$$

$$a_0 = \text{Log } C \quad , \quad a_1 = M \quad , \quad a_2 = N$$

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ \sum_{i=1}^n y_i & \sum_{i=1}^n x_i y_i & \sum_{i=1}^n y_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n z_i \\ \sum_{i=1}^n x_i z_i \\ \sum_{i=1}^n y_i z_i \end{bmatrix} \quad (8)$$

กำลังของไหลหรือ Fluid power คือ กำลังงานที่เครื่องสูบต้องเพิ่มให้กับของเหลว เพื่อให้ของเหลวไหลผ่านระบบด้วยอัตราการไหลที่กำหนด มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ (kW) คำนวณได้จากสมการที่ (9) [5]

$$\text{Fluid power} = \rho g Q (TDH) \quad (9)$$

เมื่อ  $TDH$  = Total discharge head มีหน่วยเป็น m

ประสิทธิภาพของระบบสูบ ( $\eta$ ) คือ กำลังของของไหลที่ได้รับไปจากเครื่องสูบต่อกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องต้นกำลัง ( $P_E$ ) คำนวณได้จากสมการที่ (10) [5]

$$\eta = \frac{\rho g Q (TDH)}{P_E} \times 100 \quad (10)$$

เมื่อ

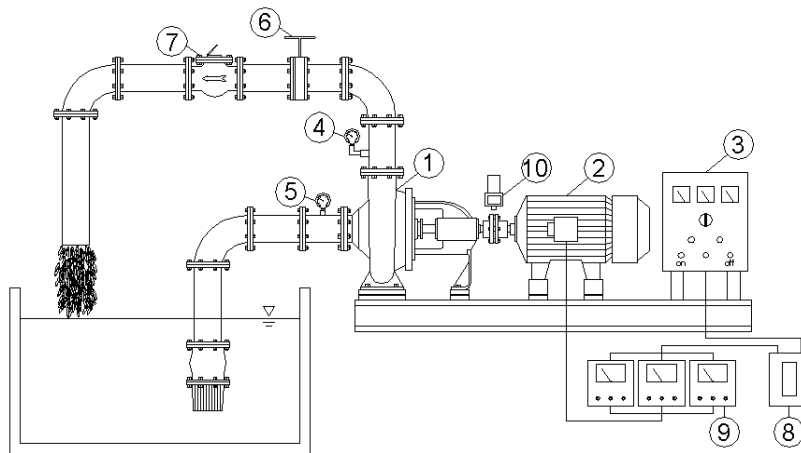
$\eta$  = ประสิทธิภาพของระบบสูบ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

$P_E$  = กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องต้นกำลัง มีหน่วยเป็น kW

### 3. ชุดทดลองและวิธีการทดลอง

ในการทดลองหา กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ ที่ใช้ในการ ขับเคลื่อนเครื่องสูบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีอุปกรณ์การทดลองดังรูปที่ 2 โดยเริ่มต้นจากตรวจสอบอุปกรณ์ทุกตัวให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน จากนั้นหรี ประตุน้ำหมายเลข 6 ใ้ปิดอย่างน้อยครั้งหนึ่งของระยะเปิดสุด เพื่อป้องกันการเกิดคลื่นสั่นสะเทือนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความดันอย่างรวดเร็วภายในท่อทางด้านทางจ่าย จากนั้นทำการกดสวิตช์ ON ที่ตู้ควบคุมหมายเลข 3 เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้าหมายเลข 2 เพื่อขับเคลื่อนเครื่องสูบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางหมายเลข 1 ที่มี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 139 mm โดยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ สามารถอ่านค่าได้จากวัตต์มิเตอร์หมายเลข 9 และสามารถควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าได้จากอินเวอร์เตอร์หมายเลข 8 โดยความเร็วรอบของมอเตอร์

ไฟฟ้าอ่านค่าได้จาก Tachometer หมายเลข 10 จากนั้นค่อยๆ เปิดประตูน้ำหมายเลข 6 ออกจนสุด และปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าให้ได้ความเร็วรอบ 1100 rpm เมื่อได้ความเร็วตามที่ต้องการให้ทำการหรีประตูน้ำหมายเลข 6 เพื่อปรับอัตราการไหลของน้ำให้ได้ 6 L/s โดยอ่านค่าอัตราการไหลของน้ำจาก Flow meter หมายเลข 7 จากนั้นทำการบันทึกค่า ความดันทางด้านทางดูด จาก Vacuum gauge หมายเลข 5, ความดันทางด้านทางจ่ายจาก Pressure gauge หมายเลข 4 และ กำลังไฟฟ้าที่ใช้จากวัตต์มิเตอร์หมายเลข 9 เมื่อบันทึกค่าตามต้องการแล้ว ให้ปรับอัตราการไหลของน้ำ เป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 L/s โดยทำการบันทึกค่าต่างๆ ข้างต้นซ้ำจนครบ จากนั้นเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า เป็น 1250, 1485, 1650 และ 1750 rpm จนครบตามที่ต้องการ จากนั้นนำผลที่ได้จากการทดลองไปคำนวณหาค่าต่างๆ และหาความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ กับอัตราการไหล, เสด และความเร็วรอบ โดยสร้างเป็นสหสัมพันธ์สำหรับทำนายกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ในช่วงของการทดลอง



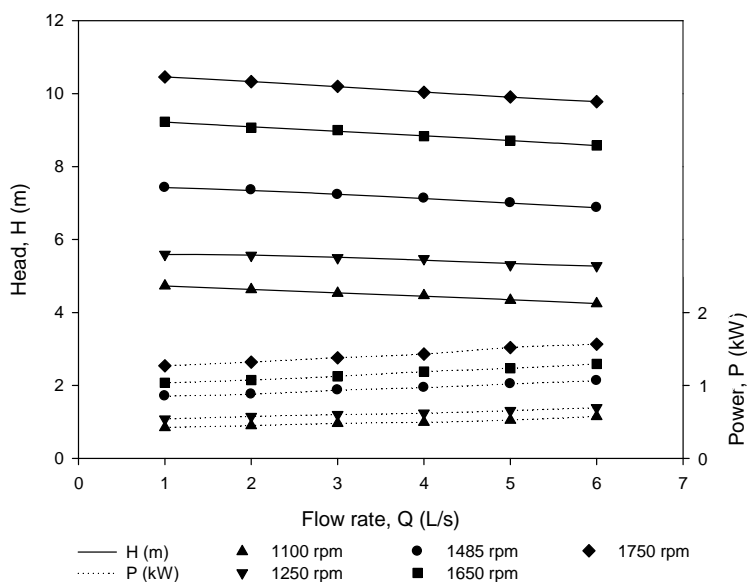
- |                     |                |
|---------------------|----------------|
| 1. Centrifugal pump | 6. Gate valve  |
| 2. Electric motor   | 7. Flow meter  |
| 3. Control unit     | 8. Inverter    |
| 4. Pressure gauge   | 9. Watt meter  |
| 5. Vacuum gauge     | 10. Tachometer |

รูปที่ 2 Schematic diagram ของอุปกรณ์ทดลอง

#### 4. ผลทดลอง

กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ขึ้นอยู่กับ อัตราการไหล, เสด และความเร็วรอบของเครื่องสูบ เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาพลอตกราฟความสัมพันธ์ ระหว่าง เสด

และอัตราการไหล จะได้เส้นโค้งคุณลักษณะ เสด – อัตราการไหล (H – Q Curve) ของเครื่องสูบบางแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ดังรูปที่ 3 โดยจะเห็นได้ว่า เมื่อมีการหริ่ประตูน้ำทางด้านทางจ่าย จะทำให้อัตราการไหลมีค่าลดลง และส่งผลทำให้ เสดที่ทำได้ของเครื่องสูบบางแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากพลังงานจลน์ของของไหลบางส่วน ถูกเปลี่ยนรูปให้กลายเป็นเสดความดันแทน ซึ่งเป็นคุณลักษณะของเครื่องสูบบางแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ใช้ใบพัดแบบไหลตามแนวรัศมี (Radial flow) โดยจะเห็นได้ว่า เมื่อเครื่องสูบบางทำงานที่ความเร็วรอบสูงขึ้น จะทำให้ เวกเตอร์ของความเร็วนในแนวเส้นสัมผัสส่วนโค้ง ที่รัศมีทางออกของใบพัดมีค่าสูงขึ้นตาม ดังนั้นทำให้การถ่ายทอดพลังงานระหว่าง ครีบบใบพัดกับของไหล มีค่าสูงขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้ เสด และอัตราการไหล ที่เครื่องสูบบางแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางทำได้มีค่าสูงขึ้นตาม [3]

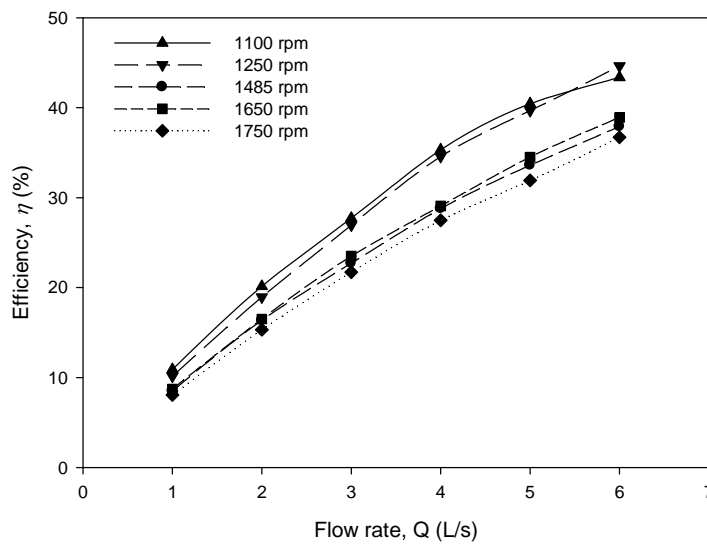


รูปที่ 3 H – Q Curve และ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องสูบบางแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

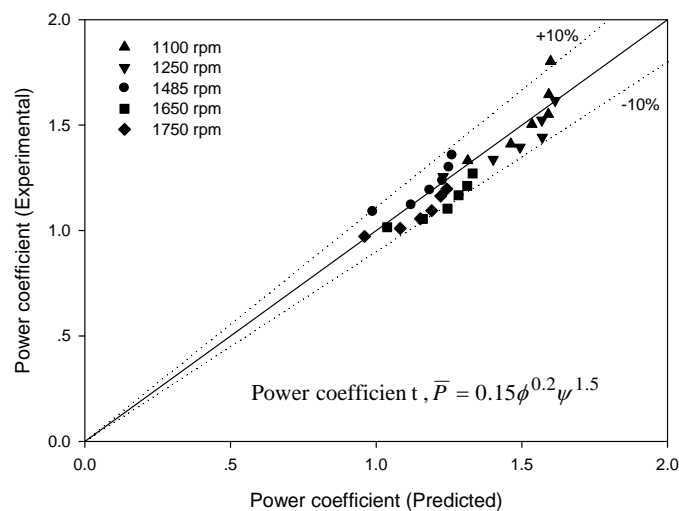
เมื่อพิจารณาถึงกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องสูบ จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราการไหลมีค่าลดลง จะทำให้อัตราการไหลที่เครื่องสูบต้องการมีค่าลดลงตามเนื่องจาก กำลังส่วนใหญ่ที่ป้อนให้กับเครื่องสูบ จะสูญเสียไปกับความเสียดทานเนื่องมาจากกรไหล ของระบบท่อ ดังนั้นเมื่ออัตราการไหลมีค่าลดลง พลังงานที่เครื่องสูบต้องการเพื่อเอาชนะความเสียดทาน ก็จะมีค่าลดลงตามไปด้วยนั่นเอง ทำให้มอเตอร์ใช้กำลังไฟฟ้าลดลง ในขณะที่เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น ก็จะทำให้ความต้องการกำลังไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นตาม เนื่องจากเครื่องสูบมีภาระการสูบน้ำ และ เสดที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง

จากการทดลองเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของระบบสูบบางแสดงในรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วรอบคงที่ เมื่ออัตราการไหลมีค่าลดลง ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบสูบลดต่ำลง เนื่องจากเมื่อหริ่ประตูน้ำทางด้านทางจ่าย จะทำให้อัตราการไหลที่เครื่องสูบทำได้มีค่าลดลง ในขณะที่ ถึงแม้ว่าภาระการทำงานของเครื่องสูบจะมีค่าลดลง แต่มอเตอร์ก็ยังคงต้องการกำลังไฟฟ้าบางส่วน ในการทำงานที่ความเร็วรอบคงที่อยู่ ดังนั้น

จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบสูบที่มีการหริ้ประตุน้ำทางด้านทางจ่าย และมอเตอร์ทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ ลดต่ำลง โดยในช่วงของการทดลอง ที่อัตราการไหล 1 – 6 L/s จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการทำงานของระบบสูบ ที่ความเร็วรอบ 1100 และ 1250 rpm จะให้ค่าประสิทธิภาพ ที่สูงกว่า ที่ความเร็วรอบอื่นๆ เนื่องจากในช่วงของการทดลองมีค่าอัตราการไหลค่อนข้างต่ำ ในขณะที่เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นจะทำให้อัตราการไหลมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นในช่วงของความเร็วรอบ 1485, 1650 และ 1750 rpm จะมีอัตราการไหลสูงสุดที่เครื่องสูบสามารถทำได้มากกว่า 6 L/s จึงต้องหริ้ประตุน้ำทางด้านทางจ่ายลง ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบสูบลดต่ำลง นั่นเอง โดยจะมีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ 44.8% ที่ อัตราการไหล 6 L/s และความเร็วรอบ 1250 rpm



รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพและอัตราการไหล ที่ความเร็วรอบต่างๆ



รูปที่ 5 สหสัมพันธ์ในการทำนายสัมประสิทธิ์กำลังเปรียบเทียบกับสัมประสิทธิ์กำลังที่ได้จากการทดลอง



จากข้อมูลการทดลองเมื่อนำมาสร้างเป็นสหสัมพันธ์สำหรับใช้ทำนายกำลังไฟฟ้า ที่อยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์กำลัง (Power coefficient,  $\bar{P}$ ) ตามสมการที่ (6) ได้ดังสมการที่ (11)

$$\bar{P} = 0.15\phi^{0.2}\psi^{1.5} \quad (11)$$

โดยสหสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นสำหรับทำนายกำลังไฟฟ้าในรูปของสัมประสิทธิ์กำลังเมื่อคำนวณเปรียบเทียบกับสัมประสิทธิ์กำลังที่ได้จากการทดลอง มีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วงประมาณ  $\pm 10$  เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 5

## 5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา ความต้องการกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งขึ้นอยู่กับ อัตราการไหล, เสด และความเร็วรอบ โดยทำการทดลอง ในช่วงความเร็วรอบ 1100, 1250, 1485, 1650 และ 1750 rpm และ อัตราการไหล 1 – 6 L/s ตามลำดับจากผลการทดลอง อัตราการไหลที่เครื่องสูบบทำได้ แปรผกผันกับเสด ที่ความเร็วรอบคงที่ จากนั้นเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น ทำให้อัตราการไหลและเสด ที่เครื่องสูบบทำได้มีค่าสูงขึ้นตาม ในขณะที่กำลังไฟฟ้า แปรผันโดยตรงกับ อัตราการไหลและความเร็วรอบ โดยระบบสูบน้ำที่ทำการทดลองมีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ 44.8% ที่ อัตราการไหล 6 L/s และความเร็วรอบ 1250 rpm เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาสร้างเป็นสหสัมพันธ์ ที่ใช้สำหรับทำนายกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ในช่วงของการทดลอง ในรูปของสัมประสิทธิ์กำลัง ( $\bar{P}$ ) ได้เป็น  $\bar{P} = 0.15\phi^{0.2}\psi^{1.5}$  โดยสหสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นเมื่อคำนวณเปรียบเทียบกับ สัมประสิทธิ์กำลังที่ได้จากการทดลอง มีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วงประมาณ  $\pm 10$  เปอร์เซ็นต์

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัยพร โกพลรัตน์และคณะ. (2542). ชุดทดสอบสมรรถนะของปั๊มแบบไหลตามแนวรัศมี. ปรินูญานินพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร.
- [2] จำลอง ปรายแก้วและคณะ. (2546). การควบคุมอัตราการไหลของปั๊มหอยโข่งตามสภาวะใช้งาน. ปรินูญานินพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- [3] มานพ พิพัฒน์ดกกุล และ วินัส ทัดเนียม. ผลกระทบของความเร็วรอบที่มีต่อสมรรถนะปั๊ม. วารสารวิชาการ ปทุมวัน ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 พฤษภาคม – สิงหาคม 2554, หน้า 59 – 64.

[4] มานพ พิพัฒน์หัตถกุล และ มกร ลักษณะ. การวิเคราะห์มิติและการหาความสัมพันธ์สำหรับเครื่องสูบบางแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง. วารสารวิชาการปทุมวัน ปีที่ 2 ฉบับที่ 3 มกราคม – เมษายน 2555, หน้า 27-31.

[5] A.T. Sayers. (1992). Hydraulic and Compressible Flow Turbo machines. Singapore: McGraw-Hill, pp. 4-7.

### ประวัติผู้เขียนบทความ

นายมานพ พิพัฒน์หัตถกุล สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ม.เอเชียอาคเนย์ และระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มจร. ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

งานวิจัยที่สนใจ: Thermal and Fluid Sciences.

นายทรงธรรม เหล่าสุวรรณ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร และระดับปริญญาโท สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล สจล. ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยี ปทุมวัน

งานวิจัยที่สนใจ: Flow Measurement and Combustion.

นายฉัตรชัย เปล่งสะอาด สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มจร. และระดับ ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

งานวิจัยที่สนใจ: Refrigeration and Air Condition.