

**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

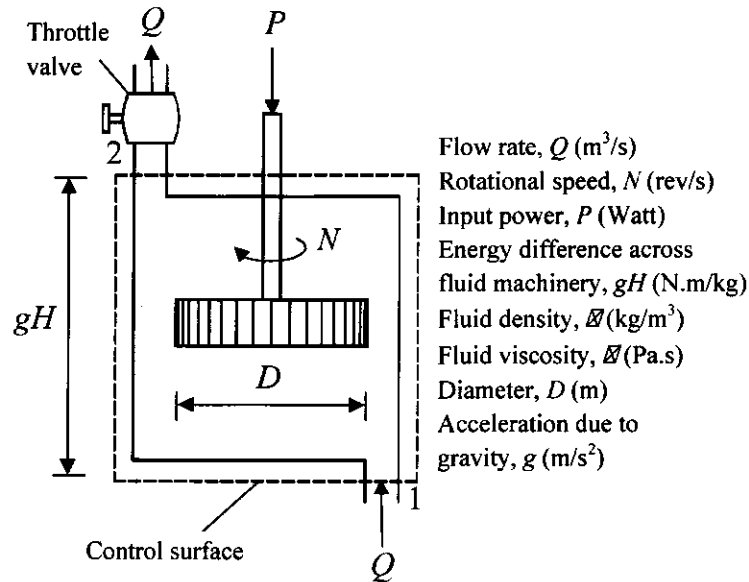
กำลังไฟฟ้าที่ต้องการในการขับเคลื่อนของไหลผ่านระบบเส้นท่อ ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังขึ้นอยู่กับอัตราการไหล และ เหน็ด โดยปกติมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ ดังนั้น เมื่อมีการปิดวาล์วประตูน้ำทางด้านทางจ่ายของเครื่องสูบเพื่อลดอัตราการไหล ทำให้เหน็ดที่เครื่องสูบทำได้มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันทำให้เครื่องสูบมีภาระการทำงานลดลง เป็นผลทำให้กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ต้องการมีค่าลดลงตาม โดยสามารถทำนายกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราการไหล และ เหน็ด ที่เครื่องสูบทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ได้ แต่เมื่อมีการปิดวาล์วประตูน้ำทางด้านทางจ่าย ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูบ 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 ทัดเนียม [3] ได้ทำการทดลองระบบ VSD เพื่อหาผลกระทบของความเร็วรอบ ที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง โดยใช้อินเวอร์เตอร์ ในการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความเร็วรอบ ส่งผลกระทบโดยตรงกับ อัตราการไหล เหน็ด และกำลังไฟฟ้าที่เครื่องสูบต้องการ ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่เครื่องสูบต้องการ เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไปสามารถทำนายได้จาก กฎของปีม (Affinity laws) โดยระบบ VSD จะให้ผลดี เมื่อระบบท่อลำเลียงของไหล มีเหน็ดความเสียดทานที่สูงมากพอ ต่อมา มานพ พิพัฒน์หัตถกุล และ มกร ลักษณะ [4] ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์หาค่า โดยวิธีของเรย์เลทซ์ (Rayleigh's method) เพื่อหาสัมประสิทธิ์กำลัง (The power coefficient), สัมประสิทธิ์เหน็ด (The head coefficient) และสัมประสิทธิ์การไหล (The flow coefficient) โดยแสดงวิธีการทดลองเก็บค่าตัวแปรต่างๆ กับเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เพื่อใช้ในการคำนวณ จากนั้นแสดงวิธีการหาสหสัมพันธ์ จากข้อมูลการทดลอง โดยใช้วิธีการถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear regression) เพื่อหาสหสัมพันธ์ในรูปของ สัมประสิทธิ์กำลัง ที่ใช้ในการทำนายกำลังไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ที่ขึ้นอยู่กับ ความเร็วรอบ อัตราการไหล และเหน็ด

จากการศึกษาผลงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมา เห็นได้ว่าการทำนาย ความต้องการกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ที่มีความเร็วรอบเปลี่ยนไป จำเป็นต้องทราบถึงคุณลักษณะ เหน็ด - อัตราการไหล หรือ กราฟ H - Q ที่ความเร็วรอบคงที่ปกติ ที่เครื่องสูบทำงานเสียก่อนจากนั้น จึงใช้กฎของปีม ในการทำนายกำลังไฟฟ้า เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไป จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ เพื่อที่จะสร้างสหสัมพันธ์ ที่ใช้

ในการทำนาย กำลังไฟฟ้า ของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ให้อยู่ในรูปของตัวแปรไร้มิติ ซึ่งขึ้นอยู่กับ ความเร็วรอบ อัตราการไหล และเสด ที่เครื่องสูบทำได้

## 2. ทฤษฎีในการวิเคราะห์

ปริมาณควบคุมที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์มิติ เพื่อหากลุ่มตัวแปรไร้มิติ ของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง แสดงดังรูปที่ 1 โดยมีสมมติฐาน เป็นการไหลแบบสม่ำเสมอ ของของไหลที่อัดตัวไม่ได้



รูปที่ 1 ปริมาณควบคุมของแบบจำลองเครื่องจักรกลของไหล

โดยวิธีของเรย์เล่ย์ (Rayleigh's method) จะได้กลุ่มตัวแปรไร้มิติ ที่ใช้สำหรับการทดลองหาสมรรถนะของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 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 ดังนั้น สามารถเขียนความสัมพันธ์ในเชิงฟังก์ชัน ของสัมประสิทธิ์กำลัง ให้อยู่ในเทอมฟังก์ชันของ สัมประสิทธิ์การไหล และสัมประสิทธิ์เสด 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  $9.81 \text{ m/s}^2$

$H$  = เสดที่เครื่องจักรทำได้ มีหน่วยเป็น m

$V$  = ความเร็วของของไหล มีหน่วยเป็น m/s

$\mu$  = ความหนืดสถิตย์ของของไหล มีหน่วยเป็น Pa.s

การหาความสัมพันธ์ของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งอยู่ในรูปของเลขยกกำลังคูณกับค่าคงที่ใดๆ ใช้วิธีการถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear regression) จากสมการที่ (5) สามารถเขียนสหสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์กำลังกับสัมประสิทธิ์การไหล และสัมประสิทธิ์เสด 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 กำลังงานที่เครื่องสูบลดต้องเพิ่มให้กับของเหลว 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 กำลังของของไหลที่ได้รับไปจากเครื่องสูบลดต่อกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องต้นกำลัง ( $P_E$ ) คำนวณได้จากสมการที่ (10) [5]

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

เมื่อ

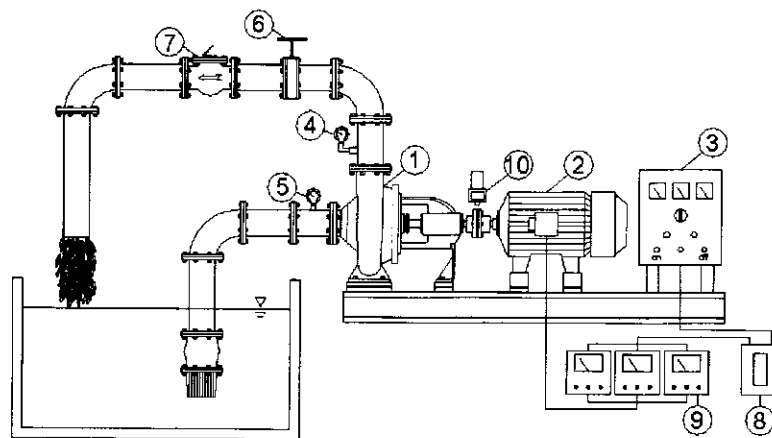
$\eta$  = ประสิทธิภาพของระบบสูบ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

$P_E$  = กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องต้นกำลัง มีหน่วยเป็น kW

### 3. ชุดทดลองและวิธีการทดลอง

ในการทดลองหาลำดับไฟฟ้าของมอเตอร์ ที่ใช้ในการ ขับเคลื่อนเครื่องสูบลดแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีอุปกรณ์การทดลองดังรูปที่ 2 โดยเริ่มต้นจากตรวจสอบอุปกรณ์ทุกตัวให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน จากนั้นหรีประตุน้ำหมายเลข 6 ให้ปิดอย่างน้อยครั้งหนึ่งของระยะเปิดสุด เพื่อป้องกันการเกิดคลื่นสั้นสะท้อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความดันอย่างรวดเร็วภายในท่อทางด้านทางจ่าย จากนั้นทำการกดสวิทช์ ON ที่ตู้ควบคุมหมายเลข 3 เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้าหมายเลข 2 เพื่อขับเคลื่อนเครื่องสูบลดแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางหมายเลข 1 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 139 mm โดยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ สามารถอ่านค่าได้จากวัตต์มิเตอร์หมายเลข 9 และสามารถควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าได้จากอินเวอร์เตอร์หมายเลข 8 โดยความเร็วรอบของมอเตอร์

ไฟฟ้าอ่านค่าได้จาก Tachometer หมายเลข 10 จากนั้นค่อยๆ เปิดประตูน้ำหมายเลข 6 ออกจนสุด และปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าให้ได้ความเร็วรอบ 1100 rpm เมื่อได้ความเร็วตามที่ต้องการให้ทำการหรี้ประตูน้ำหมายเลข 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, เฮด และความเร็วรอบ โดยสร้างเป็นสหสัมพันธ์สำหรับทำนายกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ในช่วงของการทดลอง



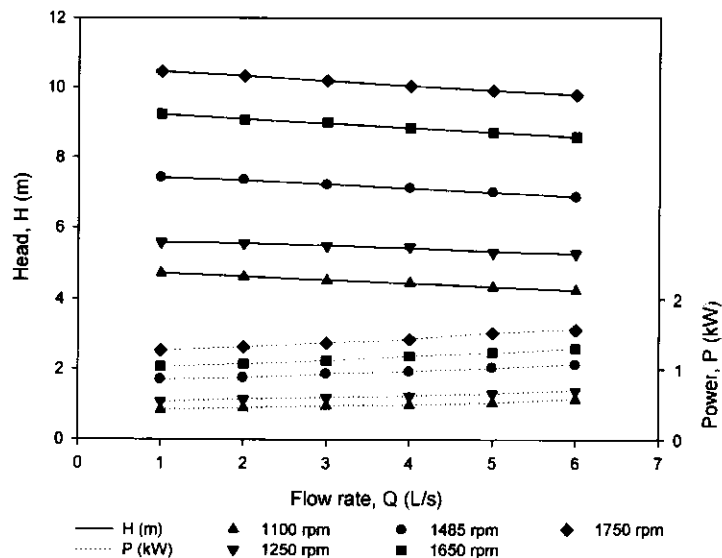
- |                     |                |
|---------------------|----------------|
| 1. Centrifugal pump | 6. Gate valve  |
| 2. Electric motor   | 7. Flow meter  |
| 3. Control unit     | 8. Inverter    |
| 4. Pressure gauge   | 9. Watt meter  |
| 5. Vacuum gauge     | 10. Tachometer |

รูปที่ 2 Schematic diagram ของอุปกรณ์ทดลอง

#### 4. ผลทดลอง

กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ขึ้นอยู่กับ อัตราการไหล, เฮด และความเร็วรอบของเครื่องสูบ เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาพลอตกราฟความสัมพันธ์ ระหว่าง เฮด

และอัตราการไหล จะได้เส้นโค้งคุณลักษณะ Head - อัตราการไหล (H - Q Curve) ของเครื่องสูบบางแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ดังรูปที่ 3 โดยจะเห็นได้ว่า เมื่อมีการห้ประตุน้ำทางด้านทางจ่าย จะทำให้อัตราการไหลมีค่าลดลง และส่งผลทำให้ Head ที่ทำได้ของเครื่องสูบบางแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากพลังงานจลน์ของของไหลบางส่วน ถูกเปลี่ยนรูปไปให้กลายเป็น Head ความดันแทน ซึ่งเป็นคุณลักษณะของเครื่องสูบบางแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ใช้ใบพัดแบบไหลตามแนวรัศมี (Radial flow) โดยจะเห็นได้ว่า เมื่อเครื่องสูบบางทำงานที่ความเร็วรอบสูงขึ้น จะทำให้เวกเตอร์ของความเร็วนั้นในแนวเส้นสัมผัสส่วนโค้ง ที่รัศมีทางออกของใบพัดมีค่าสูงขึ้นตาม ดังนั้นทำให้การถ่ายทอดพลังงานระหว่าง ครีบบางกับของไหล มีค่าสูงขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้ Head และอัตราการไหล ที่เครื่องสูบบางแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางทำได้มีค่าสูงขึ้นตาม [3]

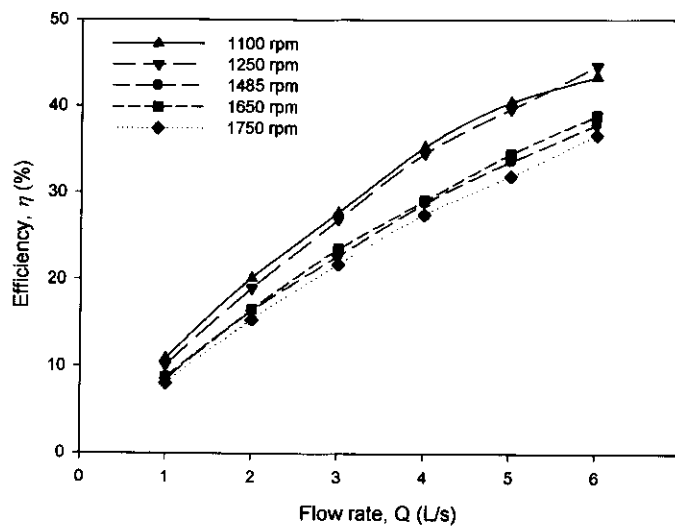


รูปที่ 3 H - Q Curve และ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องสูบบางแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

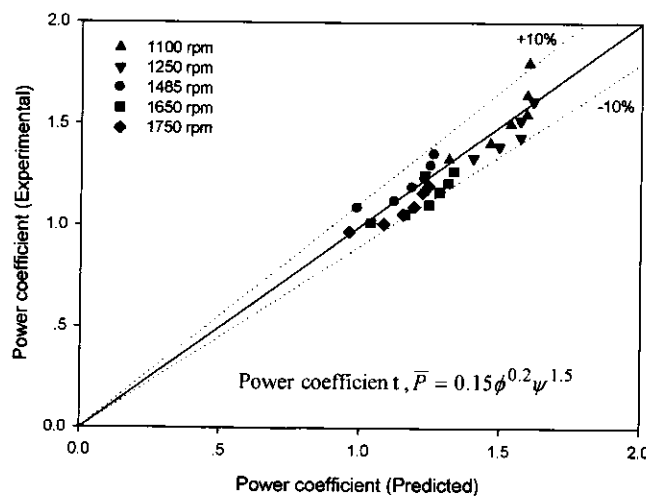
เมื่อพิจารณาถึงกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องสูบบาง จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราการไหลมีค่าลดลง จะทำให้อัตราการไหลที่เครื่องสูบบางต้องการมีค่าลดลงตามเนื่องจาก กำลังส่วนใหญ่ที่ป้อนให้กับเครื่องสูบบาง จะสูญเสียไปกับความเสียดทานเนื่องมาจากการไหล ของระบบท่อ ดังนั้นเมื่ออัตราการไหลมีค่าลดลง พลังงานที่เครื่องสูบบางต้องการเพื่อเอาชนะความเสียดทาน ก็จะมีค่าลดลงตามไปด้วยนั่นเอง ทำให้มอเตอร์ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลง ในขณะที่เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น ก็จะทำให้ความต้องการกำลังไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นตาม เนื่องจากเครื่องสูบบางมีการสูบน้ำ และ Head ที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง

จากการทดลองเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของระบบสูบบางแสดงในรูปที่ 4 จะเห็นว่าที่ความเร็วรอบคงที่ เมื่ออัตราการไหลมีค่าลดลง ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบสูบบางลดลง เนื่องจากเมื่อประตุน้ำทางด้านทางจ่าย จะทำให้อัตราการไหลของของไหล ที่เครื่องสูบบางทำได้มีค่าลดลง ในขณะที่ ถึงแม้ว่าภาระการทำงานของเครื่องสูบบางจะมีค่าลดลง แต่มอเตอร์ก็ยังต้องการกำลังไฟฟ้าบางส่วน ในการทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ที่อยู่นั้น

จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบสูบที่มีการหริ่ประตุน้ำทางด้านทางจ่าย และมอเตอร์ทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ ลดต่ำลง โดยในช่วงของการทดลอง ที่อัตราการไหล 1 – 6 L/s จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการทำงานของระบบสูบ ที่ความเร็วรอบ 1100 และ 1250 rpm จะให้ค่าประสิทธิภาพ ที่สูงกว่า ที่ความเร็วรอบอื่นๆ เนื่องจากในช่วงของการทดลองมีค่าอัตราการไหลค่อนข้างต่ำ ในขณะที่เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นจะทำให้อัตราการไหลมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นในช่วงของความเร็รรอบ 1485, 1650 และ 1750 rpm จะมีอัตราการไหลสูงสุดที่เครื่องสูบสามารถทำได้มากกว่า 6 L/s จึงต้องหริ่ประตุน้ำทางด้านทางจ่ายลง 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) ได้ตั้งสมการที่ (11)

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

โดยสหสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นสำหรับทำนายกำลังไฟฟ้าในรูปของสัมประสิทธิ์กำลังเมื่อคำนวณเปรียบเทียบกับสัมประสิทธิ์กำลังที่ได้จากการทดลอง มีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วงประมาณ  $\pm 10$  เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 5

## 5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา ความต้องการกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องสูบบางแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งขึ้นอยู่กับ อัตราการไหล, เหนือ และความเร็วรอบ โดยทำการทดลอง ในช่วงความเร็วรอบ 1100, 1250, 1485, 1650 และ 1750 rpm และ อัตราการไหล 1 – 6 L/s ตามลำดับจากผลการทดลอง อัตราการไหลที่เครื่องสูบทำได้ แปรผกผันกับเหนือ ที่ความเร็วรอบคงที่ จากนั้นเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น ทำให้อัตราการไหลและเหนือ ที่เครื่องสูบทำได้มีค่าสูงขึ้นตาม ในขณะที่กำลังไฟฟ้า แปรผันโดยตรงกับ อัตราการไหลและความเร็วรอบ โดยระบบสูบน้ำที่ทำการทดลองมีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ 44.8% ที่ อัตราการไหล 6 L/s และความเร็วรอบ 1250 rpm เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาสร้างเป็นสหสัมพันธ์ ที่ใช้สำหรับทำนายกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบบางแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 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. ปรินญาณิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร.
- [2] จำลอง ปรวบแก้วและคณะ. (2546). การควบคุมอัตราการไหลของปั๊มหอยโข่งตามสภาวะใช้งาน. ปรินญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- [3] มานพ พิพัฒน์หัตถกุล และ วินัส ทัดเนียม. ผลกระทบของความเร็วรอบที่มีต่อสมรรถนะปั๊ม. วารสารวิชาการ ปทุมวัน ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 พฤษภาคม – สิงหาคม 2554, หน้า 59 – 64.

มานพ พิพัฒน์หัตถกุล ทรงธรรม เหล่าสุวรรณ และ ฉัตรชัย เปล่งสะอาด / วารสารวิชาการปทุมวัน ปีที่ 4 ฉบับที่ 9 มกราคม - เมษายน 2557

[4] มานพ พิพัฒน์หัตถกุล และ มกร ลักษณะ. การวิเคราะห์มิติและการหาความสัมพันธ์สำหรับเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง. 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.



# วารสาร วิชาการปทุมวัน

Pathumwan Academic Journal



1

สหสัมพันธ์เชิงประจักษ์ในการทำนายกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง  
Empirical Correlations for Predicting Electric Power of Centrifugal Pump

11

วงจรรอสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนที่มีอัตราสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าต่ำโดยใช้มอสที่ถูกไบแอสแบบเกต-บอดี้  
Low Power Ring Oscillator Using VTCMOS

25

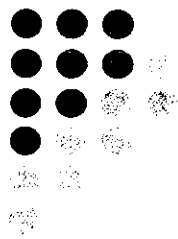
การปรับปรุงเครื่องจักรกลซีเอ็นซีขนาดเบา  
The Improvement of CNC Light Machine

37

ภาวะผู้นำเชิงสถานการณ์ของภาครัฐและภาคเอกชนที่ส่งผลต่อการบริหารงานองค์กร  
The Situational Leadership of Government Sector and Private Sector Affecting on Organization Management

49

ความขัดแย้งทางความคิดกับประชาธิปไตยในสังคมไทย  
Thai Democratic Thought and Conflict



## Contents

วารสารวิชาการปทุมวัน ปีที่ 4 ฉบับที่ 9 มกราคม - เมษายน 2557  
Pathumwan Academic Journal Vol. 4, No. 9, January - April 2014

หน้า

### บทความวิจัย

#### Research Papers

- สหสัมพันธ์เชิงประจักษ์ในการทำนายกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง  
Empirical Correlations for Predicting Electric Power of Centrifugal Pump  
มานพ พิพัฒน์หัตถกุล ทรงธรรม เหล่าสุวรรณ และ ฉัตรชัย เปล่งสะอาด  
Manop Pipathattakul, Songtam Laosuwan and Chatchai Plengsaard ..... 1
- วงจรออสซิลเลเตอร์แบบวงแหวนที่มีอัตราสลับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้านำโดยใช้มอสที่ถูกรับ  
ไบแอสแบบเกท-บอดี้  
Low Power Ring Oscillator Using VTCMOS  
พัฒนา อินทนิ จันทร์ อัญญา โพธิ์ ชัยนิยม พลนคร และ ธาดา คำแดง  
Pattana Intani, Chan Anyapo, Chainiyom Phondon and Tada Comedang ..... 11
- การปรับปรุงเครื่องจักรกลซีเอ็นซีเชิงขนาดเบา  
The Improvement of CNC Light Machine  
จิตติพงษ์ ผิวเผือก อนุวัฒน์ พรหมเดช และ ก่อสุชน ศาตะโยธิน  
Chitipong Pewpuak, Anuwat Promdatch and Kosuchon Satayotin ..... 25
- ภาวะผู้นำเชิงสถานการณ์ของภาครัฐและภาคเอกชนที่ส่งผลต่อการบริหารงานองค์การ  
The Situational Leadership of Government Sector and Private Sector Affecting on  
Organization Management  
จิตดาภา จันทะบุรี และ ศุภสิทธิ์ จารุพัฒน์หิรัญ  
Chidapa Chantaburi and Suprasith Jarupathirun ..... 37

## ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาถ้อยแถลงขอรับทุนการศึกษาระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ประจำปี 6 - 9

ศาสตราจารย์ ดร.นิตราชัย ไวยภาพันกร

ศาสตราจารย์ ดร.สายสมร ถ้ายอง

รองศาสตราจารย์ ดร.จุลณี เทียนไทย

รองศาสตราจารย์ ดร.ชวรงค์ พงษ์เจริญพานิช

รองศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข

รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร กิณเรศ

รองศาสตราจารย์ ดร.วิราวรรณ ชินวิริยสิทธิ์

รองศาสตราจารย์ ดร.เวศิน ปิยวัฒน์

รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เค่นดวง

รองศาสตราจารย์ ดร.เสถียร รัษฎศรีรัตน์

รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หวังนิพนพานโต

รองศาสตราจารย์ ดร.อุษา ฮัมฟรี

รองศาสตราจารย์กฤษฎา ประศาสน์วุฒิ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ จารุมิศรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญยุทธ โกลิตะวงษ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปณิตา วรรณพิรุณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลศักดิ์ โกษียากรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรมาศ จันทรสา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิสา ทรงศรีวิทยา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญเรือง วังศิลาบัตร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปริศนา เพชรบูรณิน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพรวพิสุทธิ จันทร์เทศ

ดร.กฤษณีย์ อุทุมพร

ดร.ชยากร ภูมาศ

ดร.ณัฐญา คุ่มทรัพย์

ดร.ณัฐพล วงศ์เยาว์

ดร.ธงชัย กลิ่นหรั่ง

ดร.บุญสม บุญบรรณ

ดร.มงคล คำมูล

ดร.วรากร โภคัยเสวี

ดร.อาคม ลักษณ์ะสกุล