

การควบคุมอัตราการไหลของปั๊มหอยโข่งตามสภาวะใช้งาน Flow Rate Control of a Centrifugal Pump Depending on Working Condition

จำลอง ปราบแก้ว มณฑล ใจกุศล
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร 10520
โทร (02) 326-4197 โทรสาร (02) 326-4198, E-mail: kpchamlo@kmitl.ac.th

Chamlong Prabkeao^{*} Monton Jaikuson
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Bangkok 10520 Thailand.
Tel (02) 326-4197 Fax (02) 326-4198, E-mail: kpchamlo@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาถึงวิธีการควบคุมอัตราการไหลของปั๊มหอยโข่งให้เป็นไปตามความต้องการใช้งาน กล่าวคือเมื่อต้องการอัตราการไหลมากก็ให้ปั๊มหมุนด้วยความเร็วรอบสูง และเมื่อต้องการอัตราการไหลน้อยก็ให้ปั๊มหมุนด้วยความเร็วรอบต่ำ เพื่อให้ความเร็วรอบในการหมุนขับปั๊มสัมพันธ์กับอัตราการไหลที่ต้องการ การควบคุมความเร็วจะใช้สัญญาณป้อนกลับจาก Flow Sensor ซึ่งจะส่งสัญญาณผ่านตัวแปลงสัญญาณไปยังอินเวอร์เตอร์ เพื่อปรับความถี่ที่ป้อนให้มอเตอร์ เป็นผลให้มอเตอร์ที่ขับปั๊มปรับเปลี่ยนความเร็วรอบตามอัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลงด้วย จากการทดลองปรับเปลี่ยนอัตราการไหล แล้วเปรียบเทียบการค่าเสดกับอัตราการไหล ค่าประสิทธิภาพกับอัตราการไหล และค่ากำลังของมอเตอร์กับอัตราการไหล จะเห็นว่าเมื่อความเร็วรอบขับปั๊มลดลงจะทำให้ค่าเสดและกำลังที่ใช้ขับปั๊มลดลงด้วย จะเห็นว่าเมื่อต้องการอัตราการไหลลดลง การปรับความเร็วรอบจะช่วยให้ประหยัดพลังงานลงได้

Abstract

The purpose of this article is to study flow rate control of a centrifugal pump depending on working condition. This means that if the demand flow rate is high, pump will operate at high speed and pump will operate at low speed if the demand flow rate is low. Speed control in the pump is done by the feedback signal, converted to frequency, from a flow sensor. In our study, it is found that if pump speed is reduced,

pump head and input power for a motor are decreased. Therefore, pump speed control greatly helps to save energy.

1. บทนำ

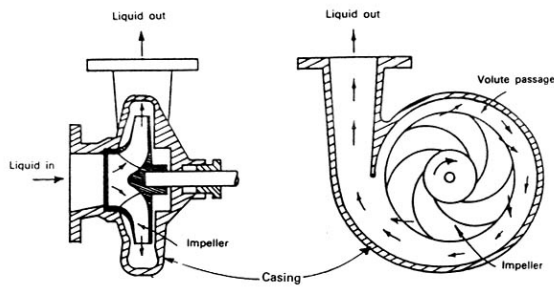
โดยปกติการติดตั้งปั๊มเพื่อการใช้งานจะเลือกจุดที่ปั๊มให้ประสิทธิภาพสูงสุด การประหยัดพลังงานที่ใช้ขับปั๊มซึ่งสามารถทำได้โดยการออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวปั๊มให้สูงขึ้น รวมถึงการปรับปรุงระบบที่เกี่ยวข้องกับปั๊มโดยรวม มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับปั๊มส่วนใหญ่จะมีความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ทำให้ปั๊มส่งอัตราการไหลคงที่ด้วย แต่ในงานบางประเภทที่มีการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอยู่บ่อยๆ การปรับเปลี่ยนความเร็วรอบให้ลดลงตามอัตราการไหลที่ปรับลดลงจะเป็นการช่วยให้มีการประหยัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้ศึกษาวิธีควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ขับปั๊ม โดยให้ความเร็วรอบสัมพันธ์กับอัตราการไหลที่ต้องการ

2. โครงสร้างและหลักการทำงานของปั๊มหอยโข่ง

ปั๊มหอยโข่ง (Centrifugal pumps)[1] มีส่วนประกอบที่สำคัญสองส่วนคือ ส่วนใบพัด (Impeller) ซึ่งมีลักษณะเป็นใบโค้งมนหล่อยึดติดกับแผ่นประกบสำหรับประกอบเข้ากับเพลลา และตัวเรือนปั๊ม (housing) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่อยู่กับที่สำหรับห่อหุ้มตัวใบพัดและพวกแบร์ริงภายในตัวปั๊ม การทำงานของปั๊มหอยโข่งเริ่มจากการหมุนของต้นกำลังซึ่งอาจเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า หรือเครื่องยนต์ถ่ายทอดพลังงานผ่านปั๊มไปยังใบพัดให้หมุนด้วยความเร็วสูงทำให้ช่องทางดูดมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ของเหลวจึงไหลเข้า

^{*} Corresponding author

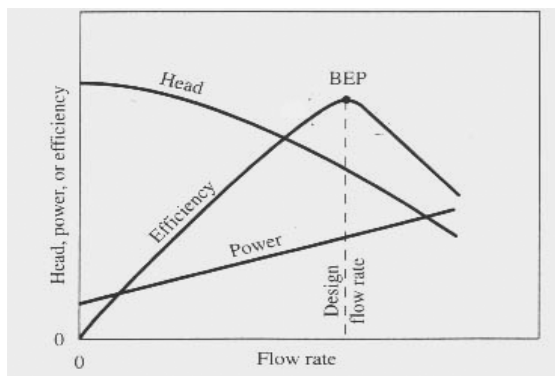
ไปในเรือนปั้มแล้วถูกใบพัดขับดันเหวี่ยงของเหลวออกไปทางช่องออกซึ่งอยู่ในแนวตั้งฉากกับแกนเพลเข้าไปสู่ระบบท่อ



รูปที่ 1 แสดงลักษณะโครงสร้างของปั้มหอยโข่ง

3. สมรรถนะของปั้มหอยโข่ง

ปั้มแต่ละตัวจะแสดงค่าสมรรถนะด้วยกราฟแสดงคุณลักษณะ (Pump characteristics) ซึ่งจะบอกให้ทราบถึงค่าความดันที่เรียกว่า ค่าเฮด (Head) อัตราการไหล (Flow rate) กำลังที่ใช้ขับปั้ม (Horse power) และค่าประสิทธิภาพของปั้ม (Pump efficiency) กราฟแสดงสมรรถนะทั่วไปของปั้มหอยโข่งจะแสดงดังรูปที่ 2[1]



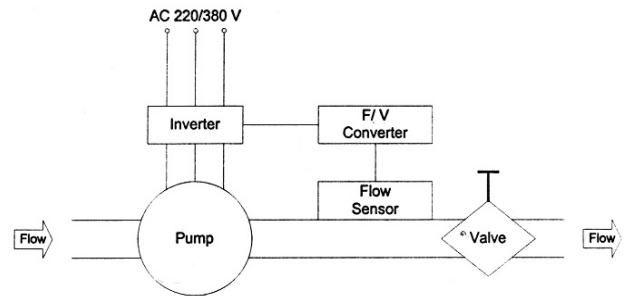
รูปที่ 2 กราฟแสดงคุณลักษณะ (Pump characteristics)

การทำงานของปั้มเมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไปจะเป็นไปตามกฎความคล้ายคลึง (Similarity laws)[2] นั่นคือ $Q_2/Q_1 = N_2/N_1$, $H_2/H_1 = (N_2/N_1)^2$ และ $L_2/L_1 = (N_2/N_1)^3$ เมื่อ N_1, N_2 คือ ความเร็วรอบเดิม และความเร็วรอบใหม่ตามลำดับ, Q_1, Q_2 คืออัตราการไหลที่ความเร็วรอบ N_1 และ N_2 ตามลำดับ, H_1, H_2 คือเฮดของปั้มที่ความเร็วรอบ N_1, N_2 ตามลำดับ และ L_1, L_2 คือกำลังที่ให้กับปั้มที่ความเร็วรอบ N_1, N_2 ตามลำดับ

4. การควบคุมความเร็วรอบของปั้ม

วิธีการควบคุมความเร็วรอบของปั้มในโครงงานนี้จะใช้สัญญาณป้อนกลับจาก Flow Sensor ซึ่งจะส่งสัญญาณ Pulse ผ่านตัวแปลงสัญญาณและจ่ายแรงเคลื่อน(Volt) ไปยังอินเวอร์เตอร์ จาก

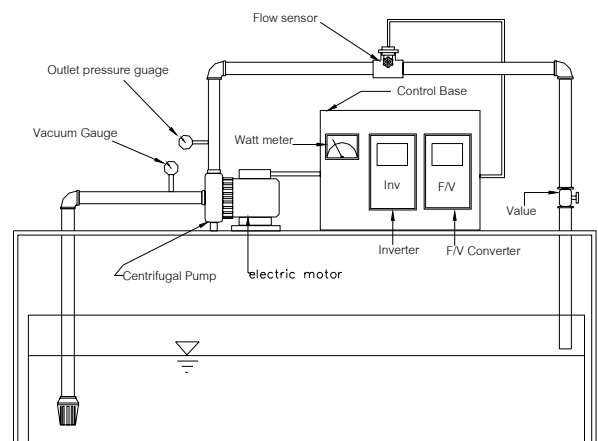
นั้นอินเวอร์เตอร์ก็จะปรับความถี่ที่ป้อนให้มอเตอร์ เป็นผลให้มอเตอร์ที่ขับปั้ม ปรับเปลี่ยนความเร็วรอบตามความถี่ที่เปลี่ยนแปลงด้วย



รูปที่ 3. แสดงหลักการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ขับปั้ม

5. ชุดทดลองและอุปกรณ์การทดลอง

จากแนวความคิดในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของปั้มดังกล่าว ได้ทำการประกอบชุดทดลองดังแสดงในรูปที่ 4 โดยมีอุปกรณ์ที่สำคัญดังนี้คือ



รูปที่ 4 แสดง ชุดทดลองที่ได้ติดตั้งระบบควบคุมไว้



รูปที่ 5 แสดง ภาพถ่ายชุดทดลองที่ได้ติดตั้งระบบควบคุมไว้

5.1 Flow Sensor ชนิด Paddle-Wheel โครงสร้างของตัว Paddle-Wheel มีใบพัดตามแนวทิศทางการไหล



รูปที่ 6 แสดง Flow Sensor ชนิด Paddle-Wheel

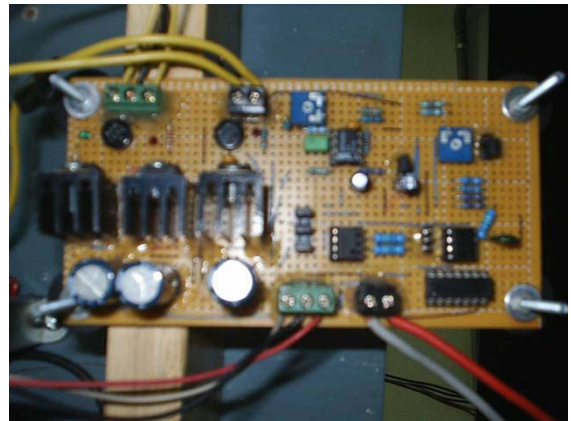
เมื่อของไหลไหลผ่านจะทำให้ใบพัดหมุนไปตามอัตราการไหล ที่ตัว Housing มี Pick off coil เมื่อใบพัดหมุนผ่าน Pick off coil ที่พันอยู่บนแท่งแม่เหล็กถาวร จะเกิดสัญญาณ Pulse ขึ้นโดยใช้สัญญาณช่วงบวก เป็นตัวกำหนดค่าความถี่ของ Pulse หรือบอกหน่วยเป็น Hz.

5.2 Inverter เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนความถี่ของแรงดันไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ทำให้มอเตอร์เปลี่ยนแปลงความเร็วรอบได้



รูปที่ 7 แสดงลักษณะของ Inverter

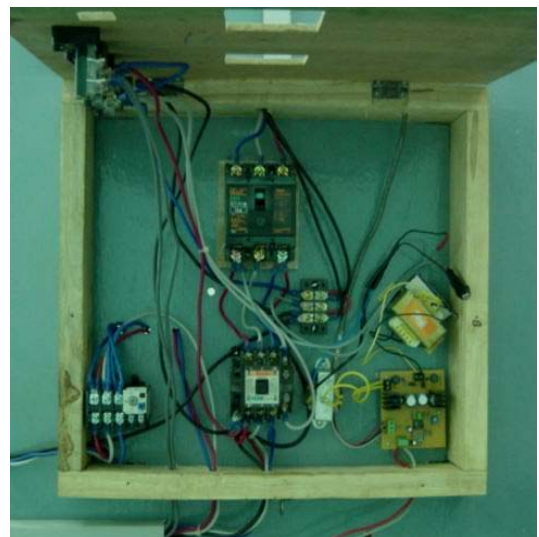
5.3 F/V converter เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณความถี่ที่ได้รับจาก Flow sensor เป็นสัญญาณแรงดันส่งให้ Inverter โดยในการทดลองนี้เลือกใช้ช่วง 0 – 10 VDC ตามการรับสัญญาณของ Inverter



รูปที่ 8 แสดงลักษณะของ F/V converter

5.4 ชุดประกอบสวิตช์เกียร์ จะเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งเข้าไปเพื่อป้องกันมอเตอร์ไม่ให้เสียหายเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร และป้องกันอันตรายต่อบุคคล

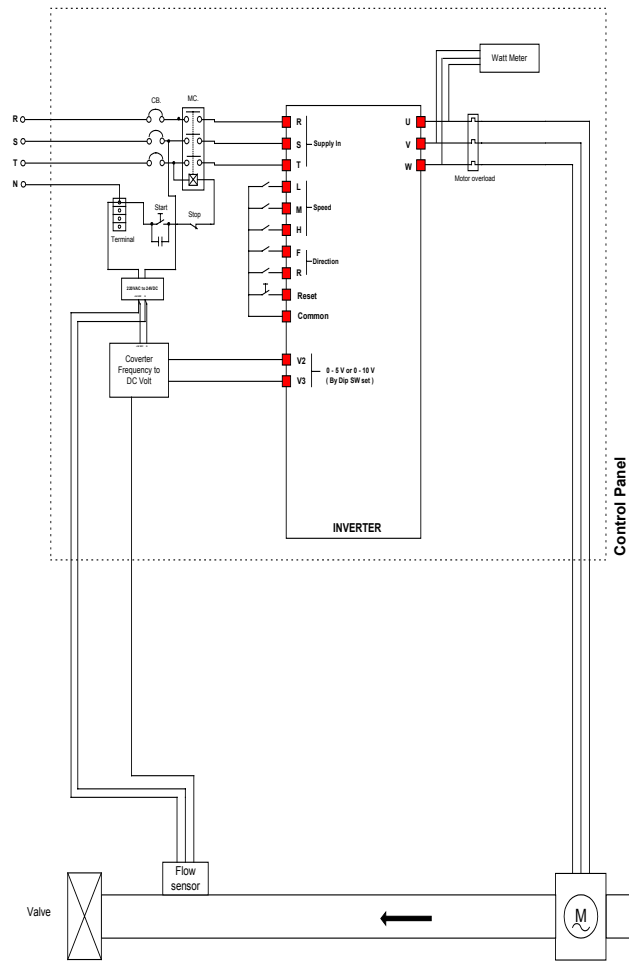
การประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ควบคุมความเร็ว ของปั๊ม จะแสดง ดังรูปที่ 10



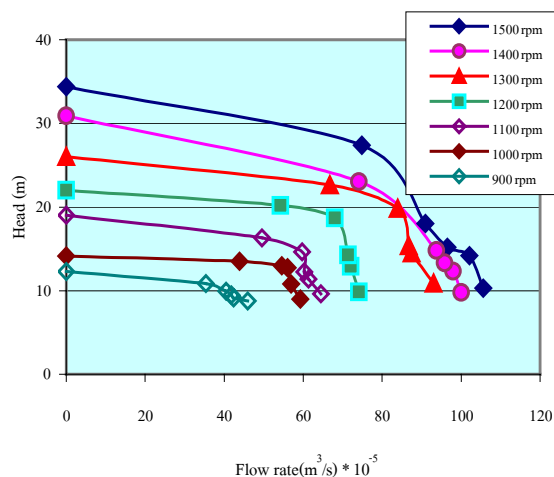
รูปที่ 10 แสดงภาพถ่ายวงจรไฟฟ้าควบคุมความเร็วของปั๊ม

6 .การทดลองและ ผลการทดลอง

ทำการทดลองจากชุดทดลองที่สร้างขึ้นเริ่มจากเดินปั๊มที่ความเร็วรอบสูงสุด 1500 รอบต่อนาที แล้วบันทึกค่าเฮดเทียบกับอัตราการไหล จากนั้นก็ปรับลดอัตราการไหลที่วาล์วด้านจ่าย Flow Sensor จะส่งสัญญาณผ่าน F/V converter ไปยังอินเวอร์เตอร์ เพื่อปรับความถี่ที่ป้อนให้มอเตอร์ เป็นผลให้ความเร็วของปั๊มลดลง แล้วบันทึกค่า เฮดเทียบกับอัตราการไหลที่ความเร็วรอบ 1400, 1300, 1200, 1100, 1000 และ 900 รอบต่อนาที ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฮดและอัตราการไหลที่ความเร็วรอบต่างๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 12.

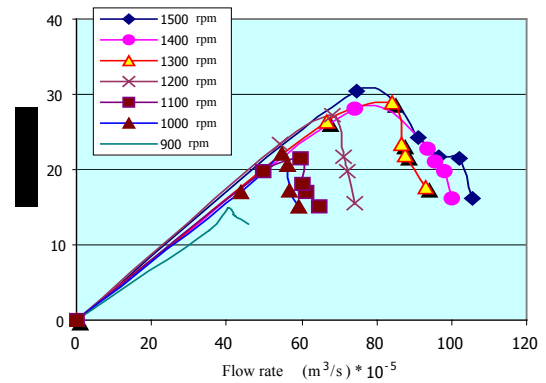


รูปที่ 11 แสดงวงจรไฟฟ้าควบคุมความเร็วของปั๊ม



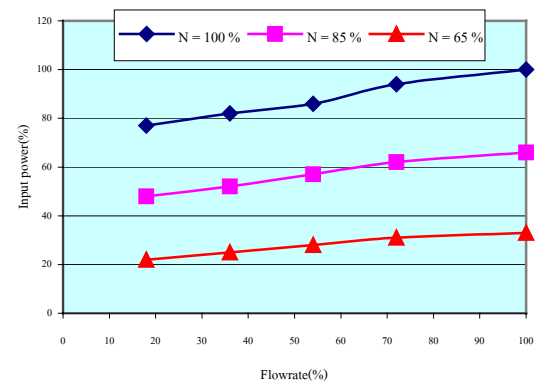
รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Head กับอัตราการไหลที่ความเร็วต่างๆ

เมื่อทดลองหาค่าประสิทธิภาพของปั๊มเทียบกับอัตราการไหลที่ความเร็วรอบต่างๆ โดยการปรับวาล์วด้านส่งเพื่อให้ความเร็วลดลงเช่นกัน ก็จะเห็นว่าที่ความเร็วรอบลดลงจะทำให้ค่าประสิทธิภาพลดลงด้วยตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ประสิทธิภาพ กับอัตราการไหลที่ความเร็วต่างๆ

เมื่อทดลองหาค่ากำลังที่มอเตอร์รับปั๊มเทียบกับอัตราการไหลที่ความเร็วรอบต่างๆ โดยการปรับวาล์วด้านส่งเพื่อให้ความเร็วลดลงเช่นกัน ก็จะเห็นว่าที่ความเร็วรอบลดลงจะทำให้กำลังที่มอเตอร์ลดลงไปด้วยตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า กำลังของมอเตอร์ เทียบกับอัตราการไหลที่ความเร็วรอบต่างๆ

7.สรุป จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ปั๊มกับงานที่มีการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลบ่อยๆ การปรับเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ต้นกำลังตามปริมาณการไหลที่ต้องการ จะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานได้ แต่จะประหยัดได้เฉพาะระบบที่อัตราการไหลอยู่ในช่วงที่เป็นเขตความผิดเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Anthony Esposito, *Fluid Mechanics with Applications*, Prentice Hall, Inc., 1988.
- [2] EBARA Hatakeyama Memorial Fund, "Fundamentals of Pump Technology", Doc.No.EHMF-7D230, 1997
- [3] F.J.M. Farley, *Elements of pulse circuits*, Science Paperbacks, 1966.

