

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของวาล์วควบคุมทิศทางและวาล์วควบคุมความดัน ในเครื่องอัดไฮดรอลิก

The Comparison of Energy Usage of Directional and Pressure Control Valve in Hydraulic Press Machine

อนันต์ เต็มเปี่ยม และ กุลยศ สุวันทโรจน์

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

399 สามเสน วชิรพยาบาล ดุสิต กทม. 10300

โทร. 02-6653777 Email: anan.t@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องอัดไฮดรอลิกเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอัดขึ้นรูปโลหะ ด้วยเหตุผลที่ว่าระบบไฮดรอลิกให้กำลังได้มากในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบค่อนข้างต่ำ จากภาวะวิกฤตของพลังงานในปัจจุบันการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฮดรอลิกจึงเป็นประเด็นสำคัญ ผู้วิจัยจึงทำการสร้างเครื่องอัดไฮดรอลิกขนาด 10 ตัน เพื่อใช้ในการศึกษาหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยทำการทดลองเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานของเครื่องอัดไฮดรอลิกในช่วงจังหวะรองานจากการลดภาระความดันด้วยวาล์วควบคุมทิศทาง (DCV 4/3) กับวาล์วควบคุมความดัน (Pressure relief valve, PCV) และลดอัตราการไหลของปั๊มไฮดรอลิกโดยการลดความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าด้วย VSD ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 5 กรณี โดยที่กรณี 1 ใช้วาล์ว DCV 4/3 ตำแหน่งกลางปิดร่วมกับ PCV แบบไม่มีระบาย พบว่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้ามากที่สุดอัตราการสูญเสียพลังงานจะเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการไหลของการรองานที่เพิ่มขึ้น กรณี 2 ใช้วาล์ว DCV 4/3 ตำแหน่งกลางปิดร่วมกับ PCV แบบมีระบาย กรณี 3 ใช้วาล์ว DCV 4/3 ตำแหน่งกลาง P ต่อ T ร่วมกับ PCV แบบไม่มีระบาย กรณี 4 ใช้วาล์ว DCV 4/3 ตำแหน่งกลาง P ต่อ T ร่วมกับ PCV แบบมีระบาย พบว่ากรณี 2 ถึงกรณี 4 นี้มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกันส่วนการทดลองในกรณี 5 เป็นการนำเอากรณี 4 มาใช้ VSD ลดรอบมอเตอร์ไฟฟ้าลงที่ 450 รอบต่อนาที ในช่วงเวลารองานจึงเป็นกรณีที่มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด จากการทดลองทั้ง 5 กรณี เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง โดยการนำกรณี 2 ถึงกรณี 5 มาเปรียบเทียบกับกรณี 1 ที่ช่วงเวลารองานร้อยละ 20 ถึง 240 จะได้ผลการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าลดจากกรณี 1 คือ กรณี 2, 3 และ 4 มีค่าการสูญเสียพลังงานลดลงใกล้เคียงกัน คือ มากกว่าร้อยละ 70 และกรณี 5 การสูญเสียพลังงานลดลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 89 หากเปรียบเทียบกรณี 4 กับกรณี 5 พบว่าการใช้ VSD สามารถลดการสูญเสียได้มากกว่าร้อยละ 15 ทางผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ VSD เป็นทางเลือกที่สำคัญในการลดการสูญเสียพลังงานในเครื่องอัดไฮดรอลิก

คำสำคัญ: วาล์วควบคุมทิศทาง วาล์วควบคุมความดัน เครื่องอัดไฮดรอลิก

ABSTRACT

The hydraulic press machine is a equipment the most widely used in the metal forming industry. The reason that the hydraulics system to power as many as but the energy efficiency of the system is relatively low. Thus, the current energy conservation crisis in the hydraulics therefore a key issue. Our aim was to create a machine hydraulics 10 tons. To study the interaction of electrical energy by comparison testing, the energy loss of machine during a stroke waiting to reduce pressure by the directional control valve (DCV 4/3) with pressure control valve (PCV) and reduce the flow rate of the hydraulic pumps by reducing the speed of electric motors with VSD, which were divided into 5 testing. In the 1st case, the valve DCV 4/3 center position closed with PCV without vent relief. Found that the most loss of electrical energy, the rate of energy loss is on the increase as a percentage of the pending time. The 2nd case, DCV 4/3 center closed and PCV with vent relief. 3rd case, DCV 4/3 center position P connected T with PCV vent relief without. And the 4th case used DCV 4/3 center position P to T and a PCV with vent relief. All third case 2nd to 4th are that the loss of electrical energy and similar trends are increasing as a percentage of idle time on pending applications increased as well. The trial in 5th cases Bringing the 4th trial the VSD reduces the electric motor at 450 revolutions per minute at an idle time. So, this case is a less energy loss. All 5 testing of the trial, compared the loss of electric power decreased. By bringing the 2nd to 5th cases compared to the 1st case at the idle time from 20 percent to 240 will result in the loss of electrical power down from the 1st case is 2nd, 3rd and 4th have the energy loss reduction approach is more than 70 percent and the 5th reduced energy losses up to 89 percent. Compared with the 4th to 5th case found that the VSD can reduce the loss of more than 15 percent. Therefore, the researchers suggest that the VSD is a significant reduction, energy loss in the hydraulic press machine.

Keywords: Position value, Pressure value, Hydraulic

1. บทนำ

ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมได้มีการนำเอาเครื่องอัดไฮดรอลิกมาใช้เป็นเครื่องทุ่นแรงในการทำงาน สำหรับการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ โดยเฉพาะงานปั๊มขึ้นรูปโลหะ แต่เครื่องอัดไฮดรอลิกที่สร้างขึ้นใน

อดีตส่วนใหญ่ไม่ได้คำนึงถึงการใช้พลังงานเป็นสิ่งสำคัญ จึงทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในขณะรอเปลี่ยนชิ้นงานโดยเปล่าประโยชน์ ทั้งนี้การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีผลมาจากค่าความดันและอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกที่เกิดขึ้นใน

ระบบ [1] ดังนั้นหากต้องการลดพลังงานไฮดรอลิกสามารถทำได้สองวิธีหลักคือการลดค่าความดันไฮดรอลิกและการลดอัตราการไหลของปั๊มไฮดรอลิกจากการศึกษาวิจัยของ Katsumasa Suzuki และคณะ [2] ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบชุดต้นกำลังไฮดรอลิก 3 ชนิดใช้กับชุดเครื่องอัดไฮดรอลิกภายใต้เงื่อนไขเดียวกันเพื่อดูประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบ พบว่ากรณีชุดต้นกำลังใช้ปั๊มแบบปรับอัตราการไหลได้ร่วมกับถังสะสมความดันให้ประสิทธิภาพถึงร้อยละ 40 ส่วนชุดต้นกำลังใช้ปั๊มแบบปรับอัตราการไหลไม่ได้ร่วมกับ VSD ให้ประสิทธิภาพร้อยละ 15 และชุดต้นกำลังที่ใช้ปั๊มแบบปรับอัตราการไหลได้เพียงอย่างเดียวให้ประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 11 Xu Bing และคณะ [3] ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานของการควบคุมความเร็วของลิฟท์ไฮดรอลิกระหว่างระบบไฮดรอลิกที่มีถังสะสมความดันกับไม่มีถังสะสมความดันปรากฏว่าระบบที่มีถังสะสมความดันมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมสูงกว่า คือช่วงขาขึ้นสูงกว่าร้อยละ 13 และช่วงขาลงสูงกว่าร้อยละ 23 Song Liu และคณะ [4] ได้ศึกษาการควบคุมกระบอกสูบไฮดรอลิกโดยใช้ฟร็อบพอร์ตชั้นนัลวาล์วแบบป๊อปเป็ต (Poppet valve) 5 ตัวด้วยการโปรแกรมการทำงานให้เป็นแบบมิเตอร์อินและมิเตอร์เอาท์ตามจังหวะการทำงานของภาะพบว่าสามารถลดภาระการใช้พลังงานของปั๊มไฮดรอลิกได้อย่างมีนัยสำคัญ Lei Li และคณะ [5] ทำการเปลี่ยนชุดต้นกำลังไฮดรอลิกจากแบบแยกส่วนมาเป็นแบบรวมศูนย์คือเครื่องอัดไฮดรอลิกหลายเครื่องใช้ชุดต้นกำลังไฮดรอลิกร่วมกันแล้วทำการควบคุมให้เหมาะสมตามภาระงานของแต่ละเครื่องสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึงร้อยละ 43 จากปัญหาการสูญเสียพลังงานในระบบไฮดรอลิกดังกล่าวมาทาง

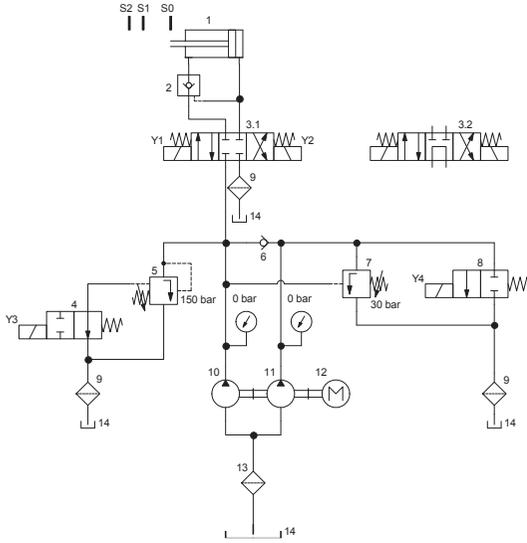
ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาวิธีการลดการสูญเสียพลังงานของเครื่องอัดไฮดรอลิกโดยการทดลองเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานของเครื่องอัดไฮดรอลิกในช่วงจังหวะรองงานจากการลดภาระความดันด้วยวาล์วควบคุมทิศทาง (DCV 4/3) กับวาล์วควบคุมความดัน (Pressure relief valve) และลดอัตราการไหลของปั๊มไฮดรอลิกโดยการลดความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าด้วย VSD ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระบบควบคุมเครื่องอัดไฮดรอลิกและการตัดสินใจเลือกใช้ตัวควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าขับปั๊มไฮดรอลิก อีกด้วย

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบเครื่องอัดไฮดรอลิกแบบกระบอกสูบเดี่ยวขนาด 10 ตัน ความดันอัดสูงสุด 150 บาร์ ใช้ปั๊มไฮดรอลิก 2 ตัว เป็นวงจรแบบ High-Low โดยปั๊มหมายเลข 10 มีขนาด 3.65 ลิตรต่อนาที ทำหน้าที่เป็นปั๊มความดันสูงอัตราการไหลต่ำและปั๊มหมายเลข 11 ความดันต่ำอัตราการไหลสูงมีขนาด 6.79 ลิตรต่อนาที เครื่องอัดไฮดรอลิกแสดงดังภาพที่ 1 และวงจรการทำงานแสดงดังภาพที่ 2



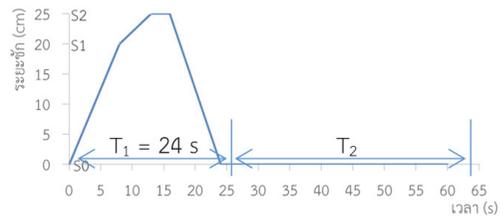
ภาพที่ 1 เครื่องอัดไฮดรอลิกขนาด 10 ตัน



ภาพที่ 2 วงจรการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิก

การทำงานของวงจร เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าขับปั๊มไฮดรอลิกปั๊มหมายเลข 10 จ่ายน้ำมันเข้าสู่ระบบไปยัง DCV 4/3 และควบคุมความดันด้วย PCV หมายเลข 5 ที่ความดัน 150 บาร์ ร่วมกับ DCV 2/2 หมายเลข 4 ซึ่งจะระบายความดันกลับถึงพักหมายเลข 14 ส่วนปั๊มหมายเลข 11 จ่ายน้ำมันไปรวมกับปั๊มหมายเลข 10 ผ่าน เซ็ควาล์วหมายเลข 6 และควบคุมความดันด้วย PCV หมายเลข 7 ที่ความดัน 30 บาร์หรืออาจใช้ DCV 2/2 หมายเลข 8 ระบายความดันแทนได้ เมื่อโซลินอยด์ Y2 ของวาล์วหมายเลข 3.1 ทำงานปั๊มทั้งสองตัวจะจ่ายน้ำมันเข้ากระบอกสูบให้เคลื่อนที่ออกด้วยความเร็วสูงสุดจนถึงเซ็นเซอร์ S1 วาล์วหมายเลข 8 จะเปิดระบายน้ำมันจากปั๊มหมายเลข 11 กลับถึงพักทำให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วที่ลดลงจนถึงเซ็นเซอร์ S2 แล้วกดขึ้นงานค้างไว้ 3 วินาทีด้วยความดันสูงสุด 150 บาร์ จากนั้นโซลินอยด์ Y1 สั่งงานให้เคลื่อนที่กลับด้วยความเร็วสูงสุดจากการจ่ายน้ำมันเข้ากระบอกสูบของปั๊มทั้งสองตัวอีกครั้งจนถึงเซ็นเซอร์

S0 จึงหยุดเพื่อรอทำงานในรอบถัดไปตามระยะเวลาของช่วงรอนานที่กำหนดในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้การเคลื่อนที่ของกระบอกสูบจากเซ็นเซอร์ S0 ถึง S2 และ S2 ถึง S0 ครอบคลุมการทำงานเรียกจังหวะนี้ว่า ช่วงทำงานและในจังหวะที่กระบอกสูบหยุดนิ่งอยู่ที่เซ็นเซอร์ S0 ไม่มีการเคลื่อนที่เรียกว่าช่วงรอนาน อธิบายได้ดังภาพที่ 3 และสมการที่ (1)



ภาพที่ 3 จังหวะการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิก

สูตรการคำนวณหาระยะเวลาการรอนาน

$$T_2 = \frac{T_1}{100} \times T_w \quad (1)$$

โดยที่ T_w คือ ระยะเวลารอนาน (%)

T_1 คือ ระยะเวลากระบอกสูบเคลื่อนที่ 1 รอบการทำงาน เท่ากับ 24 วินาที

T_2 คือ ระยะเวลาการรอนาน (s)

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 5 กรณีโดยแต่ละกรณีกำหนดให้ใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างกันออกไป ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับกรณีศึกษาการใช้พลังงาน

| การทดลอง | วาล์ว | | | |
|----------|-------|---------|---------|-----|
| | DCV | PCV (5) | 2/2 (4) | VSD |
| กรณี 1 | 3.1 | √ | - | - |
| กรณี 2 | 3.1 | √ | √ | - |
| กรณี 3 | 3.2 | √ | - | - |
| กรณี 4 | 3.2 | √ | √ | - |
| กรณี 5 | 3.2 | √ | √ | √ |

กรณี 1 ใช้วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 (DCV 4/3) ตำแหน่งกลางปิดหมายเลข 3.1 ร่วมกับวาล์วควบคุมความดัน (PCV) ไม่มีระบาย หมายเลข (5) โดยจิ้งหะทำงาน วาล์วควบคุมทิศทาง 2/2 หมายเลข 4 จะปิดไม่มีการระบายความดัน และจิ้งหะรองานก็ยังคงปิดไม่มีการระบายความดันเช่นกัน

กรณี 2 ใช้วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 (DCV 4/3) ตำแหน่งกลางปิดหมายเลข 3.1 ร่วมกับวาล์วควบคุมความดัน (PCV) มีระบาย หมายเลข (5) และวาล์วควบคุมทิศทาง 2/2 หมายเลข 4 โดยจิ้งหะทำงาน วาล์วควบคุมทิศทาง 2/2 หมายเลข 4 จะปิดไม่มีการระบายความดันแต่จิ้งหะรองานจะเปิดให้มีการระบายความดันกลับถึงพักเพื่อลดความดัน

กรณี 3 ใช้วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 (DCV 4/3) ตำแหน่งกลาง P ต่อ T หมายเลข 3.2 ร่วมกับวาล์วควบคุมความดัน (PCV) ไม่มีระบาย หมายเลข (5) โดยจิ้งหะทำงาน วาล์วควบคุมทิศทาง 2/2 หมายเลข 4 จะปิดไม่มีการระบายความดันและจิ้งหะรองานก็ยังคงปิดไม่มีการระบายความดันเช่นกัน

กรณี 4 ใช้วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 (DCV 4/3) ตำแหน่งกลาง P ต่อ T หมายเลข 3.2 ร่วมกับวาล์วควบคุมความดัน (PCV) มีระบาย

หมายเลข (5) โดยจิ้งหะทำงาน วาล์วควบคุมทิศทาง 2/2 หมายเลข 4 จะปิดไม่มีการระบายความดัน แต่จิ้งหะรองานจะเปิดให้มีการระบายความดันกลับถึงพักเพื่อลดความดันร่วมกับวาล์วหมายเลข 3.2

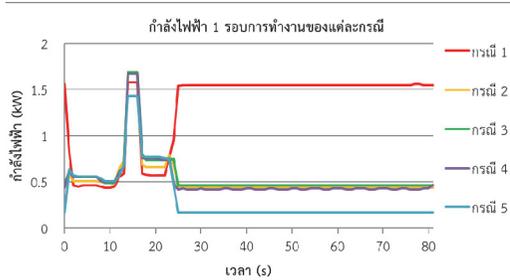
กรณี 5 ใช้วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 (DCV 4/3) ตำแหน่งกลาง P ต่อ T หมายเลข 3.2 ร่วมกับวาล์วควบคุมความดัน (PCV) มีระบาย หมายเลข (5) วาล์วควบคุมทิศทาง 2/2 หมายเลข 4 และตัวควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า (VSD) โดยจิ้งหะทำงาน วาล์วควบคุมทิศทาง 2/2 หมายเลข 4 จะปิดไม่มีการระบายความดันแต่จิ้งหะรองานจะเปิดให้มีการระบายความดันกลับถึงพักเพื่อลดความดันร่วมกับวาล์วหมายเลข 3.2 และ VSD จะทำงานที่ความถี่ 15 Hz. เพื่อลดความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าลงให้ทำงานที่ 450 รอบต่อนาที

3. ผลการดำเนินการ

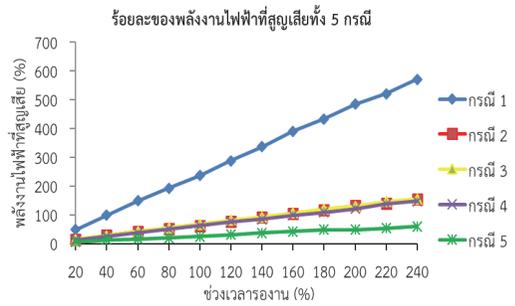
จากการทดลองและบันทึกค่าการใช้กำลังไฟฟ้าของทั้ง 5 กรณี แสดงดังภาพที่ 4 และนำค่ากำลังไฟฟ้ามาคำนวณเป็นพลังงานไฟฟ้าทั้ง 5 กรณี โดยคิดค่าพลังงานช่วงทำงานแยกกับค่าพลังงานช่วงรองานโดยที่พลังงานที่ใช้ช่วงรองานนี้ถือว่าเป็นพลังงานที่สูญเสียของระบบและคำนวณเป็นร้อยละของการสูญเสียพลังงานได้จากสมการที่ (2) แสดงผลดังตารางที่ 2

$$E_{loss} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าช่วงรองาน}}{\text{พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด}} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ E_{loss} = ร้อยละของพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย (%)



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า 1 รอบการทำงาน ทั้ง 5 กรณี



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าทั้ง 5 กรณี

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบร้อยละของพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียทั้ง 5 กรณี

| ช่วงรอนาน (%) | เปรียบเทียบร้อยละของพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย (%) | | | | |
|---------------|--|--------|--------|--------|--------|
| | กรณี 1 | กรณี 2 | กรณี 3 | กรณี 4 | กรณี 5 |
| 20 | 48.14 | 13.78 | 14.99 | 13.17 | 5.42 |
| 40 | 98.92 | 28.98 | 27.53 | 25.75 | 12.91 |
| 60 | 148.30 | 41.94 | 41.79 | 37.76 | 16.30 |
| 80 | 193.22 | 51.99 | 54.87 | 50.49 | 19.68 |
| 100 | 236.89 | 62.86 | 67.60 | 62.27 | 24.59 |
| 120 | 288.08 | 77.95 | 81.26 | 75.84 | 30.82 |
| 140 | 337.35 | 90.94 | 92.27 | 85.35 | 36.97 |
| 160 | 390.84 | 105.39 | 106.68 | 99.00 | 42.25 |
| 180 | 433.99 | 117.12 | 119.76 | 108.24 | 48.21 |
| 200 | 485.04 | 130.87 | 129.67 | 121.38 | 49.19 |
| 220 | 520.85 | 140.48 | 146.21 | 137.33 | 54.11 |
| 240 | 571.83 | 154.54 | 155.52 | 147.85 | 59.86 |

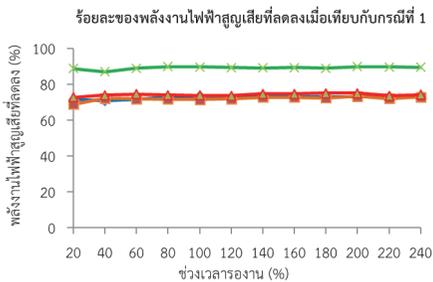
จากตารางที่ 2 เปรียบเทียบร้อยละของการสูญเสียพลังงานในช่วงเวลารอนานร้อยละ 20 ถึง 240 ทั้ง 5 กรณี สามารถแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ดังภาพที่ 5 และพบว่า การสูญเสียพลังงานจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับช่วงเวลาของการรอนานนั้น หมายถึงหากมีช่วงเวลารอนานมากการสูญเสียพลังงานจะมากตามเป็นสัดส่วนกัน

จากภาพที่ 5 พบว่า กรณี 1 มีการสูญเสียพลังงานมากที่สุด กรณี 2, 3 และ 4 มีการสูญเสียพลังงานใกล้เคียงกันและ กรณี 5 มีการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุดจากการสูญเสียพลังงานมากที่สุดของกรณี 1 หากเครื่องอัดไฮดรอลิกเป็นเช่นนี้สามารถปรับปรุงอุปกรณ์ใหม่ให้เหมือนกับกรณี 2, 3, 4 หรือ 5 ก็จะเห็นถึงค่าการสูญเสียพลังงานที่ลดลงเมื่อเทียบกับการสูญเสียจากกรณี 1 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ร้อยละของพลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงเมื่อเทียบกับกรณี 1

| ช่วงรอนาน (%) | พลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงเมื่อเทียบกับกรณี 1 (%) | | | |
|---------------|---|--------|--------|--------|
| | กรณี 2 | กรณี 3 | กรณี 4 | กรณี 5 |
| 20 | 71.38 | 68.86 | 72.64 | 88.74 |
| 40 | 70.70 | 72.17 | 73.96 | 86.95 |
| 60 | 71.72 | 71.82 | 74.54 | 89.01 |
| 80 | 73.10 | 71.60 | 73.87 | 89.82 |
| 100 | 73.46 | 71.46 | 73.71 | 89.62 |
| 120 | 72.94 | 71.79 | 73.67 | 89.30 |
| 140 | 73.04 | 72.65 | 74.70 | 89.04 |
| 160 | 73.03 | 72.70 | 74.67 | 89.19 |
| 180 | 73.01 | 72.40 | 75.06 | 88.89 |
| 200 | 73.02 | 73.27 | 74.98 | 89.86 |
| 220 | 73.03 | 71.93 | 73.63 | 89.61 |
| 240 | 72.97 | 72.80 | 74.14 | 89.53 |
| เฉลี่ย | 72.62 | 71.96 | 74.13 | 89.13 |

จากตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานที่ลดลงของกรณี 2, 3, 4 และ 5 เทียบกับกรณี 1 พบว่า กรณี 2, 3 และ 4 มีค่าการสูญเสียพลังงานเฉลี่ยลดลงได้ใกล้เคียงกันคือมากกว่าร้อยละ 70 และกรณี 5 การสูญเสียพลังงานลดลงได้มากกว่าร้อยละ 89 และสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบร้อยละของพลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงเมื่อเทียบกับกรณี 1

4. การอภิปรายและวิจารณ์

จากการทดลองทั้ง 5 กรณี ผู้วิจัยประสงค์ให้กรณีที่ 1 เป็นกรณีที่มีการสูญเสียพลังงานมากที่สุด เนื่องจากการใช้วาล์ว DCV 4/3 ตำแหน่งกลางปิดนั้น ทำให้ความดันหน้าปั๊มมีค่าสูงสุดเท่ากับค่าความดันที่ตั้งไว้ที่ PCV คือ 150 บาร์ ซึ่งผู้วิจัยเคยพบเห็นในโรงงานอุตสาหกรรมยังคงมีใช้อยู่ ส่วนกรณี 2 ถึงกรณี 4 เป็นการลดการสูญเสียพลังงานด้วยการลดค่าความดันหน้าปั๊มโดยการระบายกลับถึงพัก เป็นผลให้การสูญเสียพลังงานลดลงจากกรณี 1 มากและพบว่า การระบายความดันกลับถึงพักด้วยวาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 ตำแหน่งกลาง P ต่อ T กับ วาล์วควบคุมความดันแบบมีระบาย ให้ผลใกล้เคียงกัน ในทางปฏิบัติจึงสามารถเลือกใช้ตัวใดก็ได้ ส่วนกรณี 5 เป็นการลดการสูญเสียพลังงานด้วยวิธีระบายความ

ดันกลับถึงพักเพื่อลดความดันหน้าปั๊มร่วมกับการลดอัตราการไหลของปั๊มด้วยวิธีลดความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าขับปั๊มเหลือ 450 รอบต่อนาทีเนื่องจากเป็นความเร็วรอบต่ำสุดที่ปั๊มสามารถทำงานได้ตามคู่มือ กรณีนี้จึงเป็นกรณีที่ลดการสูญเสียพลังงานได้มากที่สุด ในทางปฏิบัติกรณี 5 นี้เรียกว่าการควบคุม PQ (PQ Control) และสามารถใช้ปั๊มไฮดรอลิก ชนิดปรับอัตราการไหลแทนได้ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาวิจัยของ Katsumasa Suzuki และคณะ [2] การใช้ปั๊มไฮดรอลิกชนิดปรับอัตราการไหลได้ยังมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานน้อยกว่าการใช้ปั๊มไฮดรอลิกชนิดปรับอัตราการไหลไม่ได้ร่วมกับการใช้ VSD

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองออกแบบวงจรเครื่องอัดไฮดรอลิกขนาด 10 ตัน โดยใช้วาล์วควบคุมทิศทางและวาล์วควบคุมความดันรวมถึงการใช้ตัวควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าที่แตกต่างกันทั้ง 5 กรณี โดยทดลองเทียบการสูญเสียที่ช่วงเวลาทำงานร้อยละ 20 ถึง 240 ของช่วงเวลาทำงาน สรุปได้ว่ากรณี 1 มีการสูญเสียพลังงานมากที่สุด คือ ร้อยละ 48.14 ถึง 571.83 ส่วนกรณี 2, 3 และ 4 นั้นมีการสูญเสียถือว่าใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 13.17 ถึง 155.52 และกรณี 5 มีการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 5.42 ถึง 59.86 เมื่อนำการสูญเสียพลังงานของกรณี 2, 3, 4 และ 5 มาเปรียบเทียบกับกรณี 1 เพื่อหาการสูญเสียพลังงานที่ลดลงหากเครื่องอัดไฮดรอลิกเดิมเป็นแบบกรณี 1 พบว่า กรณี 2, 3 และ 4 มีค่าการสูญเสียพลังงานลดลงใกล้เคียงกันคือมากกว่าร้อยละ 70 และกรณี 5 การสูญเสียพลังงานลดลงได้มากที่สุด คือ ร้อยละ 89 และหากเปรียบเทียบกรณี 4 กับกรณี 5 พบว่าการใช้ VSD ร่วมกับ

การระบายความดัน สามารถลดการสูญเสียได้มากกว่าร้อยละ 15 ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ VSD เป็นทางเลือกที่สำคัญในการลดการสูญเสียพลังงานในเครื่องอัดไฮดรอลิก

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณท่านอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้ซึ่งให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้และสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่สำหรับการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์. ไฮดรอลิกส์อุตสาหกรรม . พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น); 2544.
- [2] Katsumasa Suzuki, Yoshitaka Niimura, Kazutoshi Akitani et al. ENERGY SAVING OF OIL HYDRAULIC PUMP UNIT BY IDLING STOP METHOD USING AN ACCUMULATOR. FLUCOME. 2009.
- [3] Lei Li, Haihong Huang, Zhifeng Liu et al. An energy-saving method to solve the mismatch between installed and demanded power in hydraulic press. Journal of Cleaner Production; 2016. Vol 139: 636-645.
- [4] Song Liu, Bin Yao. Energy-Saving Control of Single-Rod Hydraulic Cylinders with Programmable Valves and Improved Working Mode Selection. National Fluid

Power Association and Society of Automotive Engineering, NCFP I02-2.4/SAE OH 2002 -0101343, 81-91.

- [5] Xu Bing, Yang Jian, Yang Huayong. Comparison of energy-saving on the speed control of VWF hydraulic elevator with and without the pressure accumulator. Mechatronics 2005; Vol 15: 1159-1174.