

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานของโครงการชุดควบคุมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยใช้การตรวจวัดความต้านทานทางกลสำหรับระบบไฮดรอลิก ได้ทำการเขียนโปรแกรมในการควบคุมการทำงานของระบบ โดยมีโปรแกรมหลักอยู่ 3 โปรแกรม คือ โปรแกรมที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์โปรแกรมควบคุมการทำงานของวาล์วบังคับทิศทางให้ทำงานตามเงื่อนไข และโปรแกรมเก็บค่าข้อมูล (Program Data Logging) กระแสไฟฟ้าและความดันในระบบไฮดรอลิก ได้มีการทดลองเพื่อเก็บค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า และความดันในระบบไฮดรอลิก โดยเก็บข้อมูลในรูปแบบของไมโครซอฟท์ เอ็กเซล (Microsoft Excel) และบันทึกผลการทดลองและหาการประหยัดพลังงานในระบบต่างๆ ซึ่งในผลการดำเนินงานและการทดลองประกอบด้วย

4.1 หน้าต่างโปรแกรมบันทึกข้อมูล

4.2 หน้าต่างโปรแกรมระบบเดิม

4.3 หน้าต่างโปรแกรมประหยัดพลังงานโดยพีไอดี

(Program Saving Energy by PID Control)

4.4 หน้าต่างโปรแกรมประหยัดพลังงานโดยอิมพีแดนซ์

(Impedance Control)

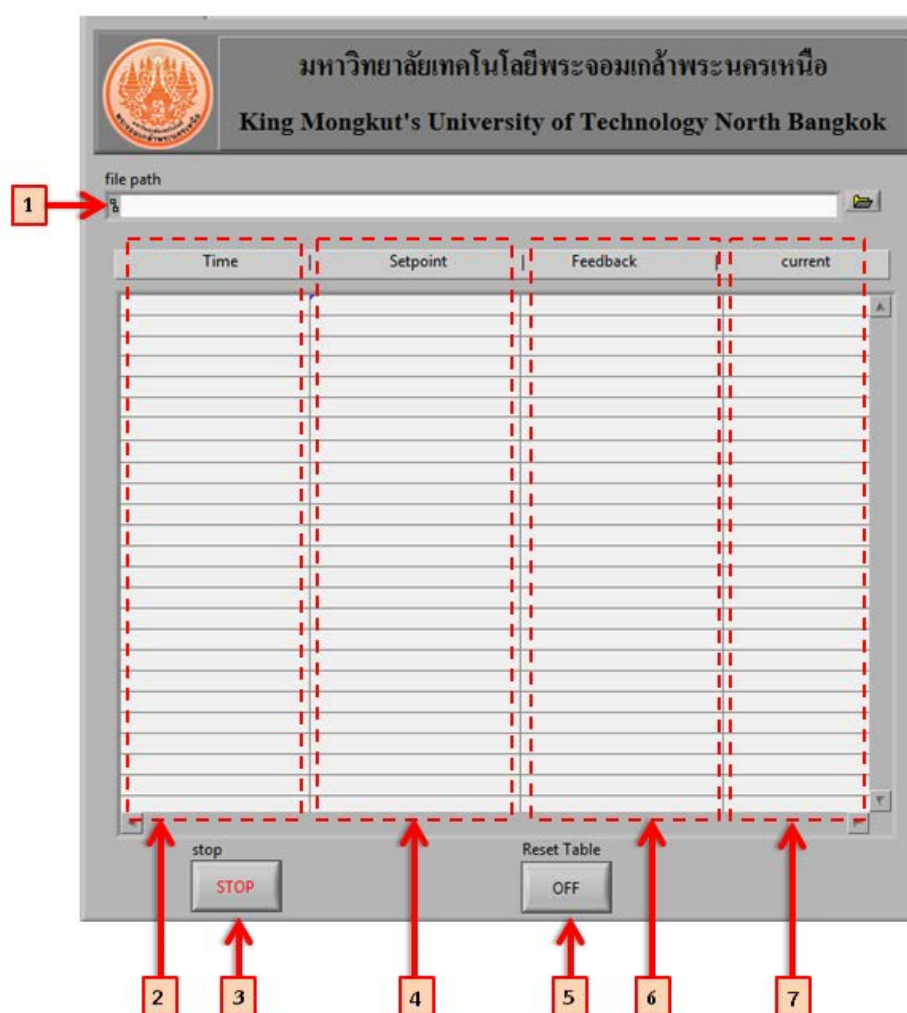
4.5 ผลการทดลองจากความดันในแต่ละระบบ และเปรียบเทียบค่าความดันในแต่ละระบบ

4.6 ผลการทดลองจากค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ในแต่ละระบบ และการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ในแต่ละระบบ

4.7 การเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ

4.1 หน้าต่างโปรแกรมบันทึกข้อมูล

โปรแกรมบันทึกข้อมูล เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเก็บค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์และความดันในระบบไฮดรอลิก โดยค่าที่ทำการบันทึกนั้นจะอยู่ในรูปแบบของโปรแกรมเอ็กเซลซึ่งค่าที่ถูกบันทึกจะแสดงช่วงเวลาทำการบันทึก และในส่วน of หน้าต่างของโปรแกรมนี้อย่างแสดงค่าไฟฟ้า (บาท) โดยคิดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าหน่วยละ 5 บาท ในภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 หน้าต่างของโปรแกรมบันทึกข้อมูล
ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมบันทึกข้อมูลมีดังนี้

หมายเลข 1 คือ ช่องที่แสดงที่อยู่ของตารางที่บันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าและความดันในระบบไฮดรอลิก

หมายเลข 2 คือ ตารางการแสดงค่าช่วงเวลาในการบันทึกค่า

หมายเลข 3 คือ ปุ่มหยุด (Stop) เพื่อหยุดการทำงานของโปรแกรม

หมายเลข 4 คือ ตารางการแสดงค่าของแรงดันที่เซตให้กับระบบ

หมายเลข 5 คือ สวิตช์รีเซตตารางการแสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ากับความดันในระบบไฮดรอลิก และแสดงช่วงเวลาในการบันทึกค่า

หมายเลข 6 คือ ตารางการแสดงค่าความดันที่วัดได้จากเซ็นเซอร์

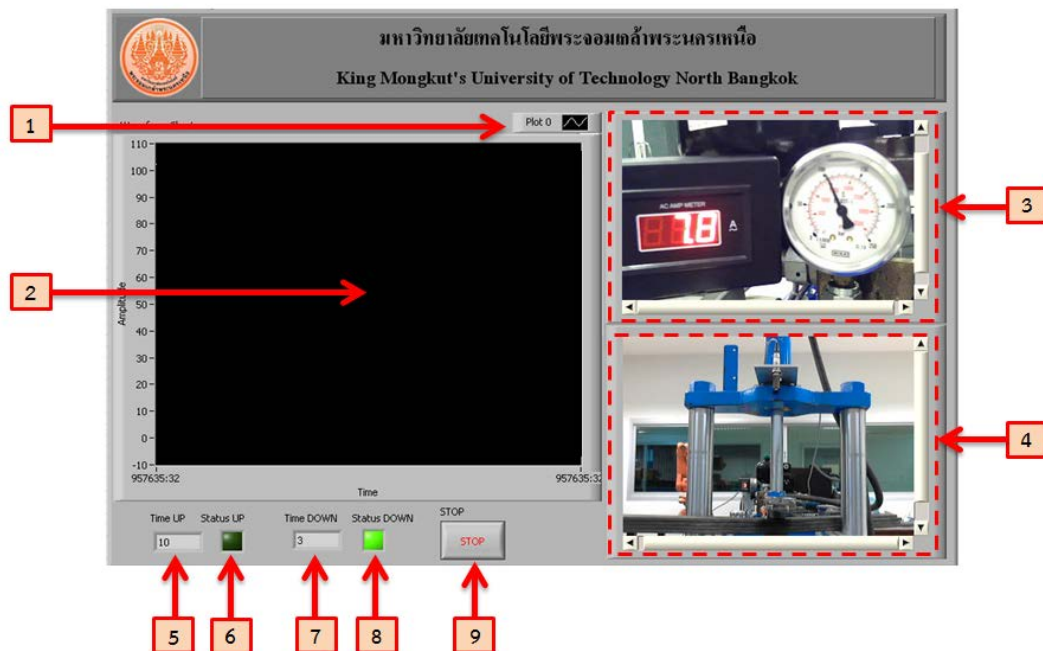
หมายเลข 7 คือ ตารางการแสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า

การทดสอบเก็บค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์ ต้องกดใส่ค่าข้อมูล เพื่อเลือกที่การจัดเก็บข้อมูลว่าจะเก็บข้อมูลไปไว้ที่ไหนในช่องหมายเลข 1 และกดปุ่มที่หมายเลข 5 เพื่อทำการรีเซตข้อมูลต่างๆในตารางเพื่อทำการบันทึกใหม่

4.2 หน้าต่างของโปรแกรมระบบเดิม

โปรแกรมระบบเดิมเป็นโปรแกรมการเคลื่อนที่ของก้านสูบขณะทำงานโปรแกรมจะแสดงค่าความดันภายในระบบไฮดรอลิกและมีอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Ultrasonic sensor) ในการ

ตรวจเช็คตำแหน่งของก้านสูบโดยที่อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ จะ
เช็คตำแหน่งก้านสูบเลื่อนเข้าสุดและก้านสูบอัดขึ้นงาน



ภาพที่ 4-2 หน้าต่างของโปรแกรมระบบเดิม

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมระบบเดิมมีดังนี้

หมายเลข 1 คือ สำหรับปรับค่าสีของเส้นกราฟ

หมายเลข 2 คือ กราฟแสดงผล จากเซ็นเซอร์วัดความดัน

หมายเลข 3 คือ มุมมองผ่านกล้องเว็บแคม (Webcam) ตัว
ที่ 1

หมายเลข 4 คือ มุมมองผ่านกล้องเว็บแคม (Webcam) ตัว
ที่ 2

หมายเลข 5 คือ ช่องนับเวลาเพื่อสั่งให้กระบอกสูบเลื่อน
ออก

หมายเลข 6 คือ สัญญาณแสดงเมื่อก้านสูบรอขึ้นงาน

หมายเลข 7 คือ ชอนับเวลาเพื่อสั่งให้กระบอกสูบเลื่อนเข้า

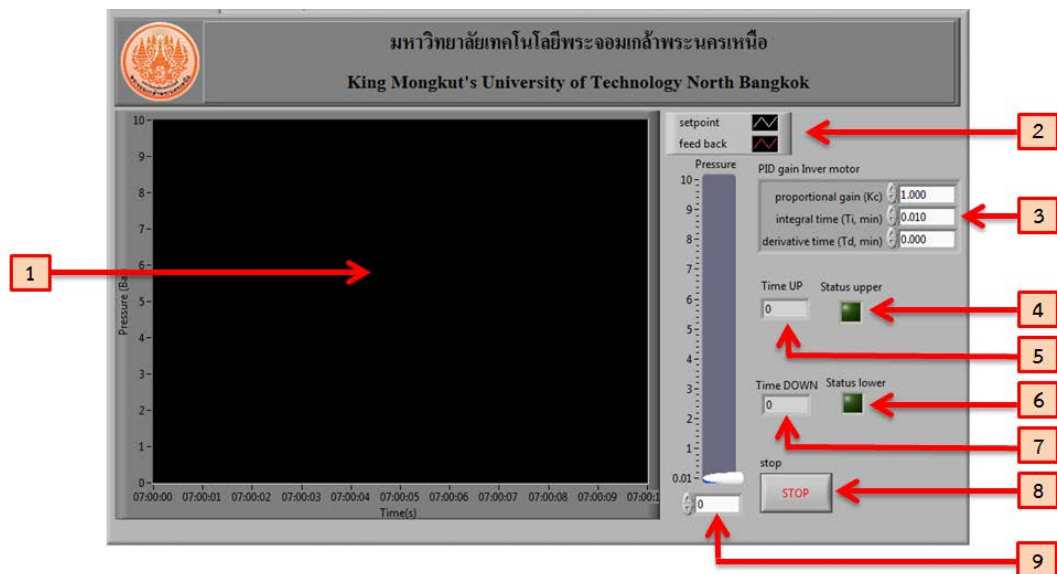
หมายเลข 8 คือ สัญญาณแสดงเมื่อก้านสูบอัดขึ้นงาน

หมายเลข 9 คือ ปุ่มสตอป (Stop) เพื่อหยุดการทำงานของโปรแกรม

การทดลองการแสดงผลสถานะของก้านสูบไฮดรอลิก เมื่อเริ่มการทำงานของระบบ ในส่วนของหมายเลข 2 จะแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นในระบบ หมายเลข 3 จะรับภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่ 1 เพื่อแสดงค่าของกระแสและค่าของความดันที่เกิดขึ้นในระบบ หมายเลข 4 จะรับภาพจากกล้อง เว็บแคมตัวที่ 2 เพื่อแสดงการทำงานของกระบอกสูบ จากนั้นช่องที่ หมายเลข 5 ก็จะนับแสดงค่าเวลา 10 วินาทีก่อนที่จะสั่งให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออก เมื่อก้านสูบอัดขึ้นงาน ช่องหมายเลข 7 ก็จะนับแสดงค่าเวลา 10 วินาที ก่อนที่จะสั่งให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าสุด เมื่อก้านสูบเคลื่อนที่อัดขึ้นงานค่าความดันภายในระบบก็จะแสดงในกราฟ หมายเลข 2

4.3 หน้าต่างโปรแกรมประหยัดพลังงานโดยพีไอดี

โปรแกรมประหยัดพลังงานโดยพีไอดี เป็นโปรแกรมในการควบคุมชุดประหยัดพลังงานในระบบไฮดรอลิกโดยใช้พีไอดีสามารถปรับค่าความดันภายในระบบได้และมีการแสดงค่าความดันป้อนกลับ ในภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 หน้าต่างของโปรแกรมประหยัดพลังงานโดยพีไอดี

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมประหยัดพลังงานโดยพีไอดี มีดังนี้

หมายเลข 1 คือ กราฟแสดงผล เซ็นเซอร์ตัวที่ 1 สีขาว และเซ็นเซอร์ตัวที่ 2 สีแดง

หมายเลข 2 คือ สำหรับปรับค่าสีของเส้นกราฟ

หมายเลข 3 คือ ปุ่มปรับกำหนดค่าพีไอดี (Proportional : K_p , Integral : K_i , Derivative : K_d) เพื่อให้ระบบมีความเสถียรกับระบบ

หมายเลข 4 คือ ไฟสัญญาณ เมื่อกระบอกสูบเลื่อนเข้าสุด

หมายเลข 5 คือ ช่องนับเวลาเพื่อสั่งให้กระบอกสูบเลื่อนเข้า

หมายเลข 6 คือ ไฟสัญญาณ เมื่อกระบอกสูบเลื่อนออกสุด

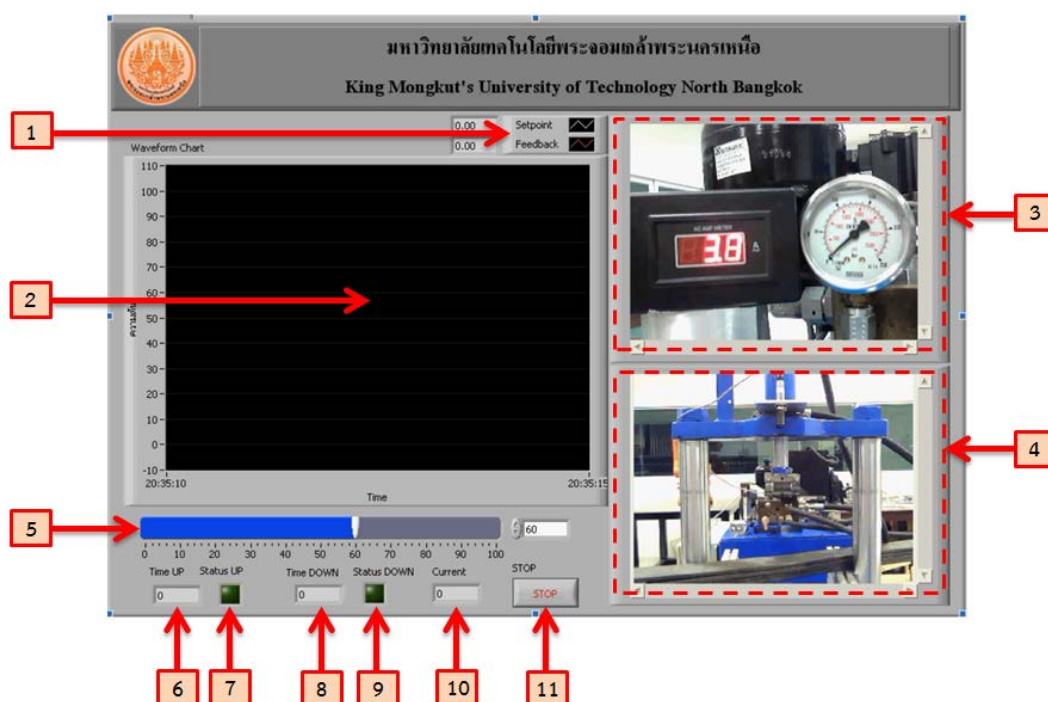
หมายเลข 7 คือ ช่องนับเวลาเพื่อสั่งให้กระบอกสูบเลื่อนออก

หมายเลข 8 คือ ปุ่มหยุดเพื่อหยุดการทำงานของโปรแกรม

หมายเลข 9 คือ ช่องกำหนดค่าความดันภายในระบบ
การทดสอบการควบคุมโดยสามารถเลือกการควบคุมซึ่ง
สามารถควบคุมความดันได้โดยการกรอกค่าความดันในช่องที่
หมายเลข 9 เมื่อตั้งค่าเรียบร้อยแล้วสามารถดูความดันภายในระบบได้
จากกราฟ ที่หมายเลข 1

4.4 หน้าต่างโปรแกรมประหยัดพลังงานโดยอิมพีแดนซ์

โปรแกรมประหยัดพลังงานโดยอิมพีแดนซ์ เป็นโปรแกรมในการควบคุมชุดประหยัดพลังงานในระบบไฮดรอลิก โดยใช้หลักการควบคุมอิมพีแดนซ์ของระบบที่เกิดขึ้น ภายในระบบได้ และมีการแสดงค่าความดันป้อนกลับในภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 หน้าต่างของโปรแกรมประหยัดพลังงานโดย
อิมพีแดนซ์

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมประหยัดพลังงานโดยพีไอดี
มีดังนี้

หมายเลข 1 คือ สำหรับปรับค่าสีของเส้นกราฟ

หมายเลข 2 คือ กราฟแสดงผล จากเซ็นเซอร์วัดความดัน

หมายเลข 3 คือ มุมมองผ่านกล้องเว็บแคม (Webcam) ตัว
ที่ 1

หมายเลข 4 คือ มุมมองผ่านกล้องเว็บแคม (Webcam) ตัว
ที่ 2

หมายเลข 5 คือ ช่องสำหรับปรับค่าความดันของระบบ

หมายเลข 6 คือ ช่องนับเวลาเพื่อสั่งให้กระบอกสูบเลื่อน
ออก

หมายเลข 7 คือ สัญญาณแสดงเมื่อก้านสูบรอขึ้นงาน

หมายเลข 8 คือ ชอนับเวลาเพื่อสั่งให้กระบอกสูบเลื่อนเข้า

หมายเลข 9 คือ สัญญาณแสดงเมื่อก้านสูบอัดขึ้นงาน

หมายเลข 10 คือ ชองสำหรับแสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

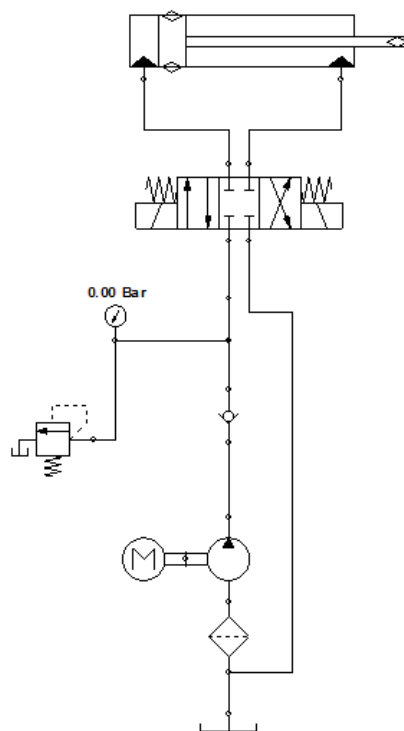
หมายเลข 11 คือ ปุ่มสตอป (Stop) เพื่อหยุดการทำงานของโปรแกรม

การทดลองการแสดงผลสถานะของก้านสูบไฮดรอลิก เมื่อเริ่มการทำงานของระบบจะต้องป้อนค่าความดันในการทำงานของระบบที่ชองหมายเลข 5 ในส่วนของหมายเลข 2 จะแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นในระบบ หมายเลข 3 จะรับภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่ 1 เพื่อแสดงค่าของกระแสและค่าของความดันที่เกิดขึ้นในระบบ หมายเลข 4 จะรับภาพจากกล้อง เว็บแคมตัวที่ 2 เพื่อแสดงการทำงานของกระบอกสูบ จากนั้นชองที่ หมายเลข 6 ก็จะนับแสดงค่าเวลา 10 วินาทีก่อนที่จะสั่งให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออก เมื่อก้านสูบอัดขึ้นงาน ชองหมายเลข 7 ก็จะนับแสดงค่าเวลา 10 วินาที ก่อนที่จะสั่งให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าสุด เมื่อก้านสูบเคลื่อนที่อัดขึ้นงานค่าความดันภายในระบบก็จะแสดงในกราฟ หมายเลข 2

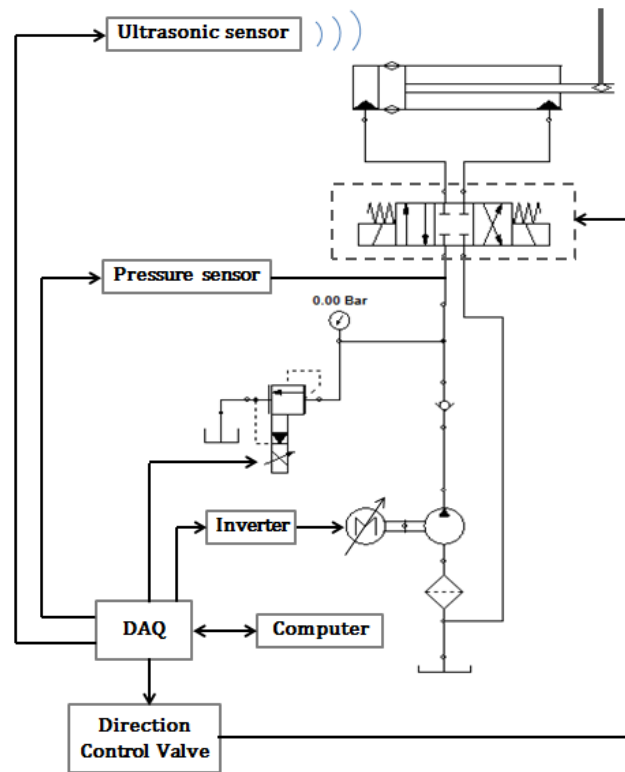
4.5 ผลการทดลองจากค่าความดันในระบบและการเปรียบเทียบค่าความดันในแต่ละระบบ

จากการทดลองการเก็บค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์จะแสดงกราฟค่าความดัน ภายในระบบไฮดรอลิก แบบต่างๆเช่น ระบบเดิม

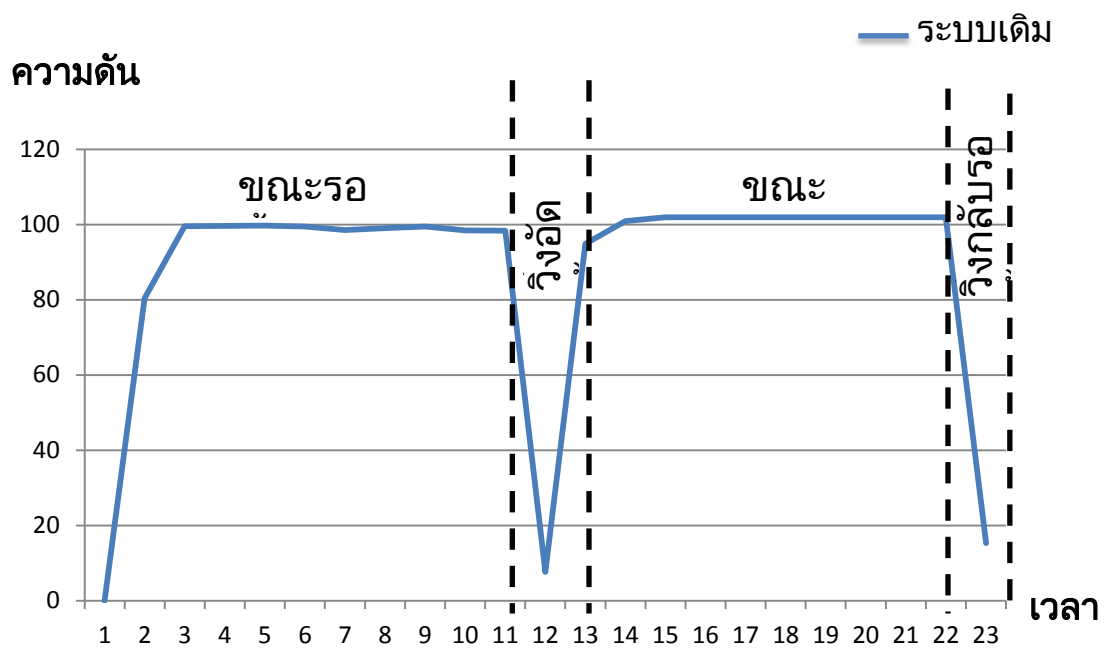
ระบบควบคุมแบบพีไอดี โดยชุดไฮดรอลิก แบบระบบเดิมจะมี
 วงจรการทำงานดังภาพที่ 4-5 ส่วนชุดไฮดรอลิก แบบระบบ
 ควบคุมแบบต่างๆ เช่น ระบบเดิม ระบบควบคุมแบบพีไอดี และ
 ระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ จะมีวงจรการทำงาน ดังภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4-5 วงจรไฮดรอลิกระบบแบบเดิม

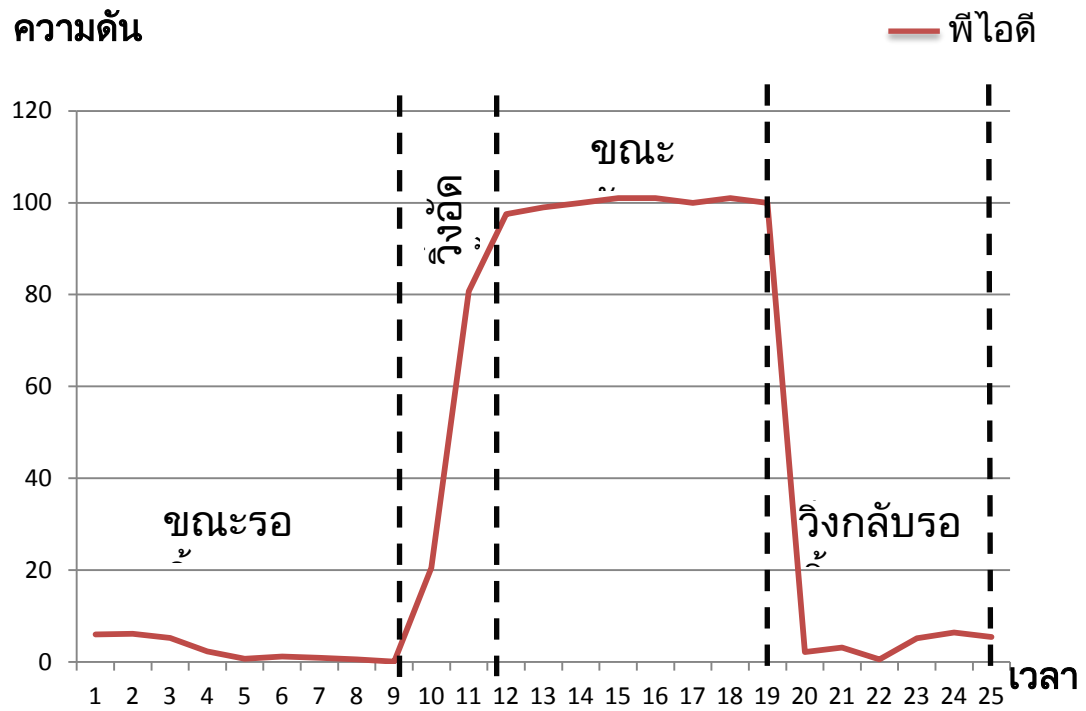


ภาพที่ 4-6 วงจรไฮดรอลิกแบบระบบควบคุมแบบต่างๆ



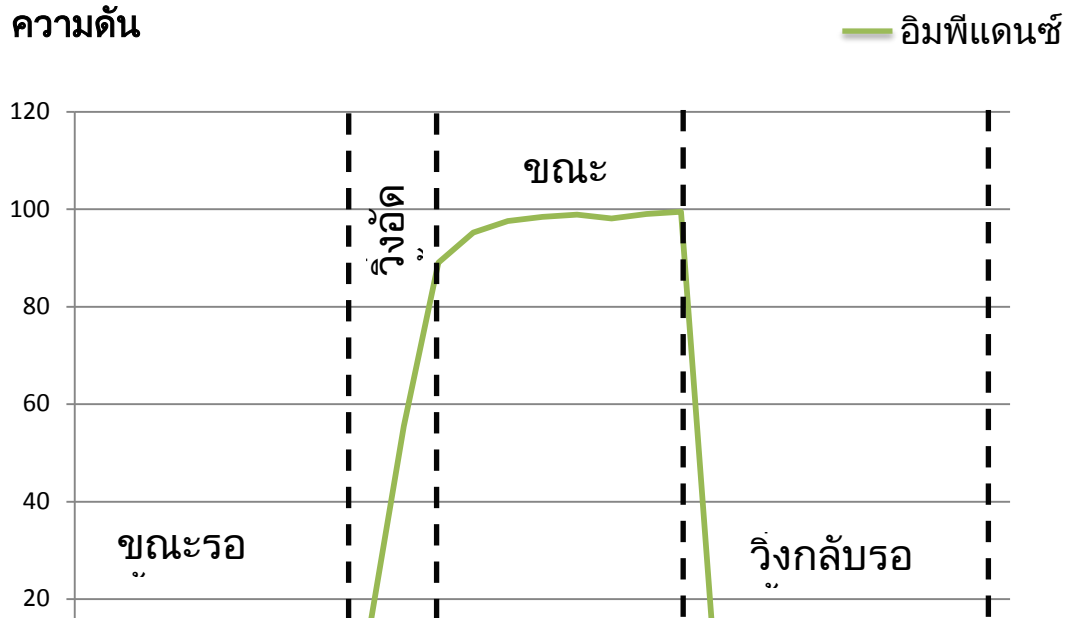
ภาพที่ 4-7 ความดันภายในชุดไฮดรอลิกแบบ

ระบบเดิม



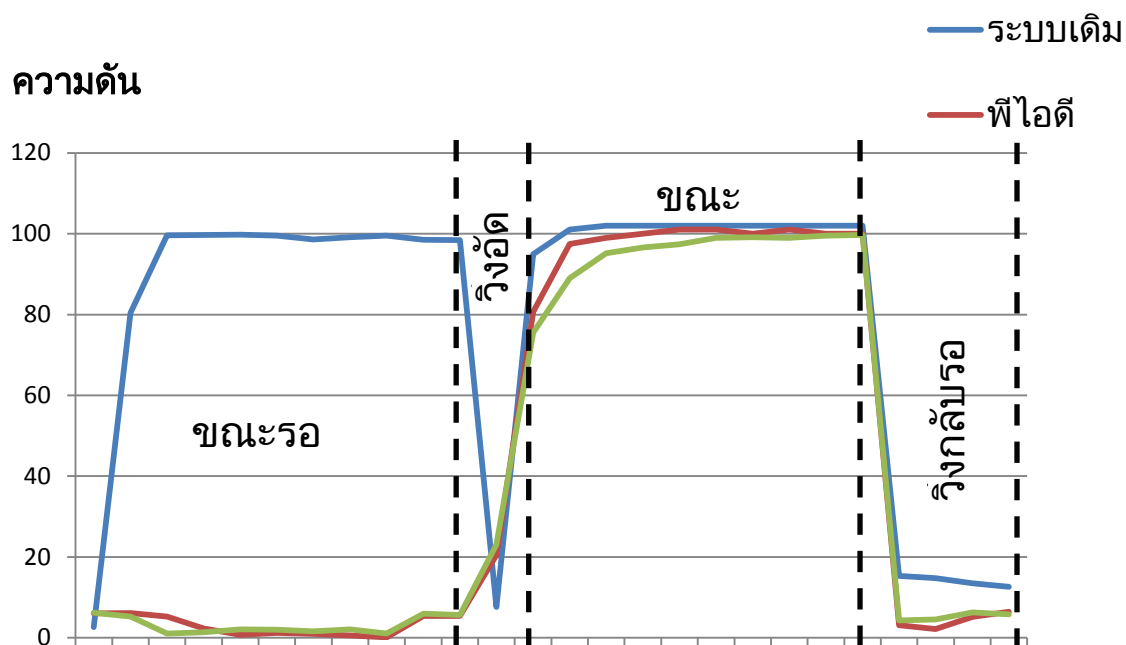
ภาพที่ 4-8 ความดันภายในชุดไฮดรอลิกควบคุมโดยไฟอดี

ความดัน



ภาพที่ 4-9 ความดันภายในชุดไฮดรอลิกควบคุมโดยอิมพีแดนซ์

จากภาพที่ 4-7 ถึงภาพที่ 4-9 เป็นกราฟจากผลการทดลองชุดไฮดรอลิก แบบระบบต่างๆ เช่น ระบบเดิม ระบบควบคุมแบบพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ ที่ความดัน 100 บาร์ ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลของโปรแกรมบันทึกข้อมูล ซึ่งความความดันแต่ละค่าจะมีเวลาที่แสดงขณะเก็บข้อมูล จึงสามารถนำค่าการควบคุมความดันในแต่ละระบบ เช่น ระบบควบคุมแบบพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ มาเปรียบเทียบกับการทำงานของระบบเดิม เพื่อแสดงให้เห็นค่าความดันภายในระบบที่แตกต่าง ดังภาพที่ 4-10



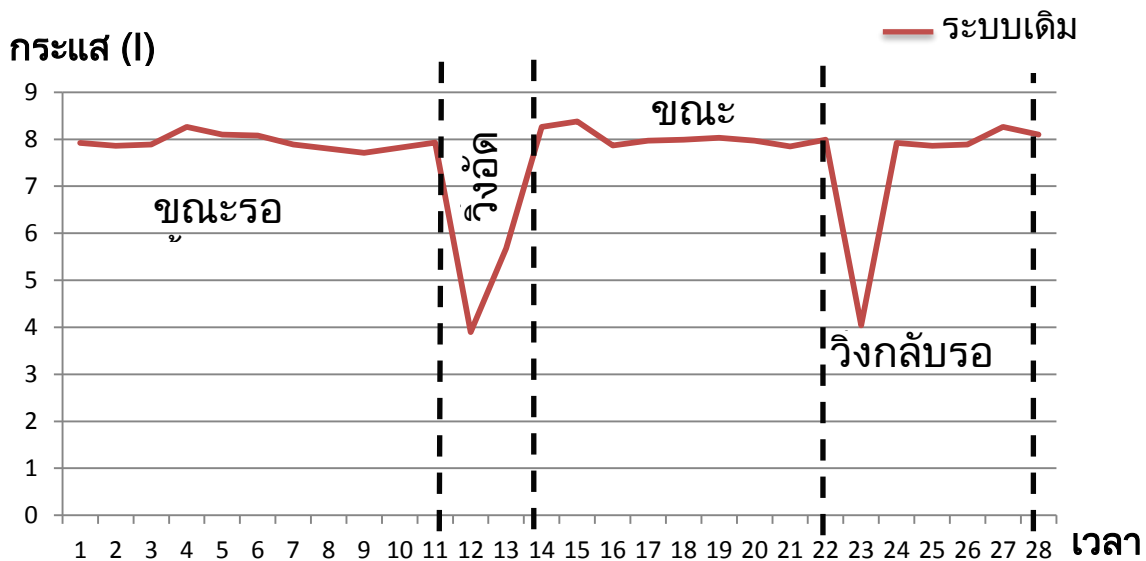
ภาพที่ 4-10 การเปรียบเทียบความดันภายในชุดไฮดรอลิกโดย การควบคุมแบบต่างๆ

จากภาพที่ 4-10 เป็นกราฟจากการเปรียบเทียบผลการทดลองของชุดควบคุมความดัน ไฮดรอลิกแบบระบบต่างๆ เช่น ระบบควบคุมแบบพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ เปรียบเทียบกับชุดไฮดรอลิก แบบระบบเดิม ที่ความดัน 100 บาร์ ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลของโปรแกรมบันทึกข้อมูล จะสังเกตได้ว่าค่าของความดัน ขณะรอขึ้นงานความดันของชุดไฮดรอลิก แบบระบบต่างๆ เช่น ระบบควบคุมโดยพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ จะมีความดันภายในระบบ อยู่ที่ 6-8 บาร์

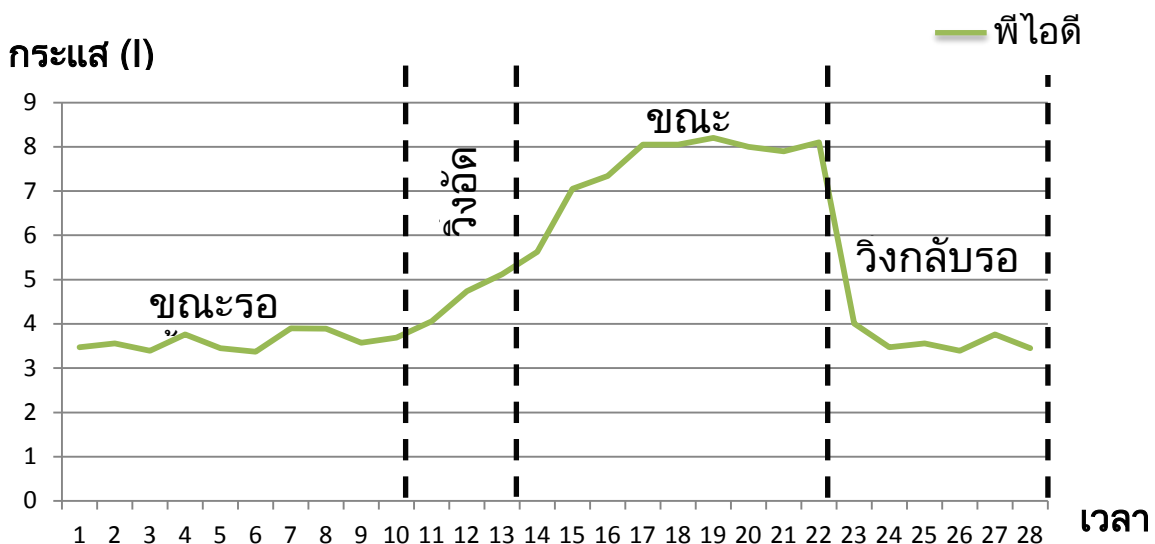
4.6 ผลการทดลองจากค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ในแต่ละระบบและการเปรียบเทียบค่า การใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ในแต่ละระบบ

จากการทดลองการเก็บค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์ ซึ่งจะแสดงกราฟค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ของมอเตอร์ระบบไฮดรอลิก

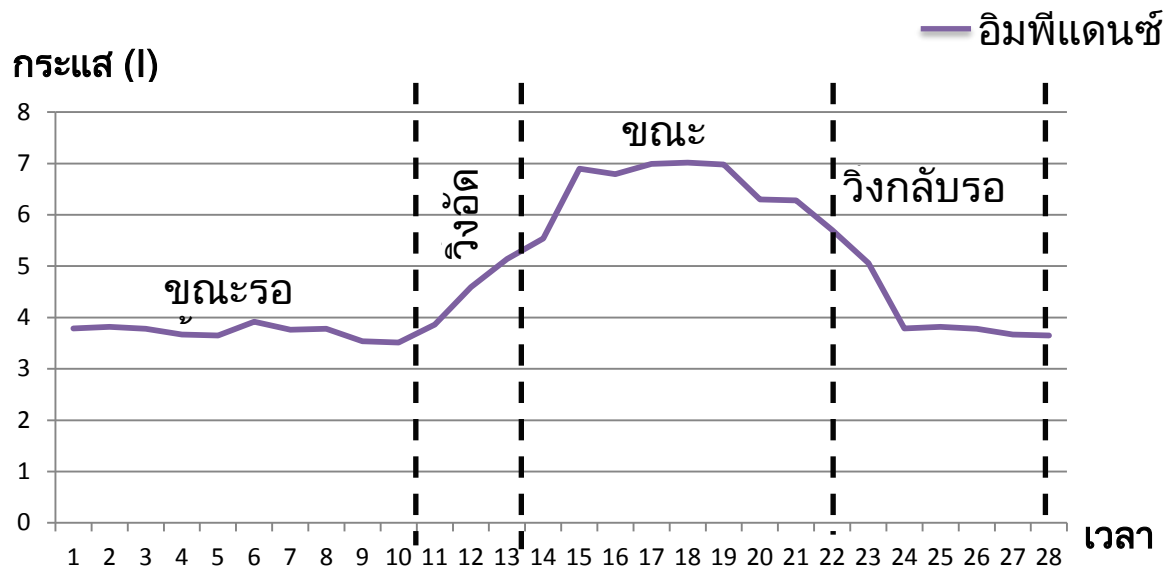
แบบต่างๆ เช่น ระบบเดิม ระบบควบคุมแบบพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ โดยชุดไฮดรอลิก แบบระบบเดิมจะมีวงจรการทำงานดังภาพที่ 4-5 และชุดไฮดรอลิกแบบระบบควบคุมแบบต่างๆ เช่น ระบบเดิม ระบบควบคุมแบบพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ จะมีวงจรการทำงานดังภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4-11 การใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ระบบเดิม



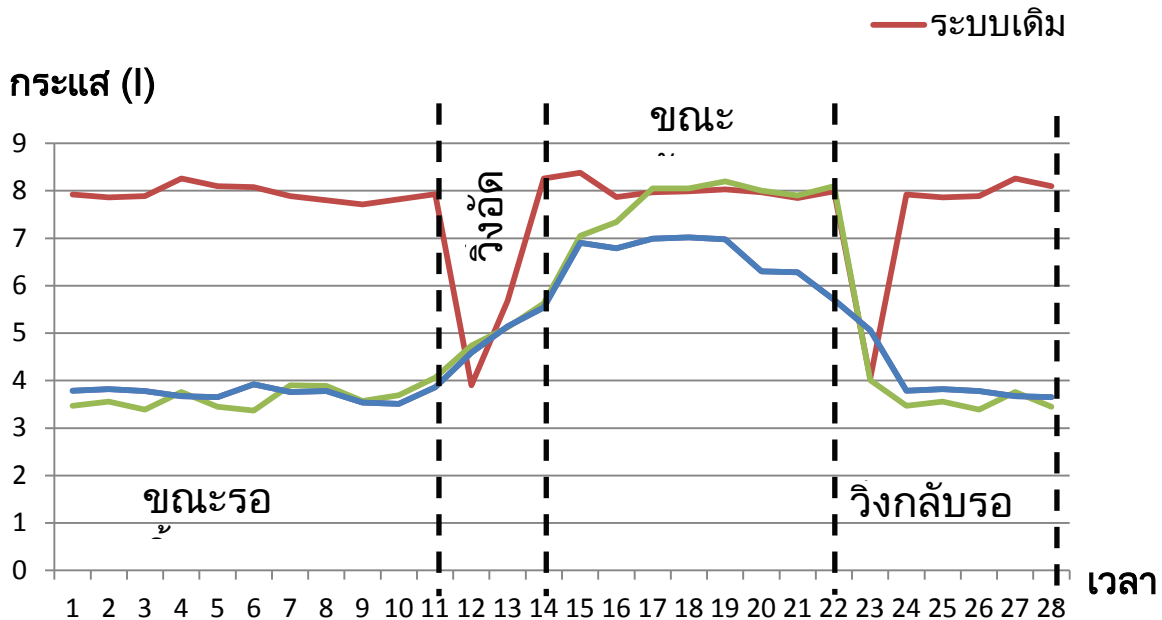
ภาพที่ 4-12 การใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์แบบควบคุมแบบ



ภาพที่ 4-13 การใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์แบบควบคุมแบบ
อิมพีแดนซ์

จากภาพที่ 4-11 ถึงภาพที่ 4-13 เป็นกราฟจากผลการทดลองชุดไฮดรอลิก แบบระบบต่างๆ เช่น ระบบเดิม ระบบควบคุมแบบพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ ที่ความดัน 100 บาร์ ซึ่งได้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์มาจากการเก็บข้อมูลของโปรแกรมบันทึกข้อมูล ซึ่งค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์แต่ละค่าจะมีเวลาที่แสดงขณะเก็บข้อมูล จึงสามารถนำค่าการควบคุมความดันในแต่ละระบบ เช่น ระบบควบคุมแบบพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ มาเปรียบเทียบกับ

ทำงานของระบบเดิม เพื่อแสดงให้เห็นค่าความดันภายในระบบที่แตกต่าง ดังภาพที่ 4-14



ภาพที่ 4-14 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ในชุดไฮดรอลิกโดยควบคุมแบบต่างๆ

จากภาพที่ 4-14 เป็นกราฟการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในชุดไฮดรอลิก ผลการทดลองของชุดควบคุมความดันในไฮดรอลิก แบบระบบต่างๆ เช่น ระบบควบคุมแบบพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ เปรียบเทียบกับชุดไฮดรอลิกแบบระบบเดิมที่ความดัน 100 บาร์ ซึ่งเป็นค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลของโปรแกรมบันทึกข้อมูล ซึ่งจะสังเกตได้ว่าค่าของการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ขณะรอขึ้นงานค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ของชุดไฮดรอลิก แบบระบบเดิมจะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ภายในระบบอยู่ที่ประมาณ 7.7 - 8.2 แอมแปร์ (Ampere) ซึ่งชุด

ควบคุมไฮดรอลิก แบบระบบต่างๆ เช่น ระบบควบคุมแบบพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ จะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ภายในระบบอยู่ที่ประมาณ 3.2-3.8 แอมแปร์ และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ขณะอัดชิ้นงาน ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ของชุดไฮดรอลิก แบบระบบเดิมจะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ภายในระบบอยู่ที่ประมาณ 8 แอมแปร์ ซึ่งชุดควบคุมไฮดรอลิก แบบระบบต่างๆ เช่น ระบบควบคุมแบบพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ จะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ภายในระบบอยู่ที่ประมาณ 6.5 - 8 แอมแปร์ ซึ่งการที่กระแสไฟฟ้าของระบบควบคุมต่างๆ แตกต่างกันไป เนื่องจากการปรับค่าเกณฑ์ต่างๆ ของระบบควบคุม ซึ่งมีผลต่อความเร็วรอบของมอเตอร์จึงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

4.7 การเปรียบเทียบอัตราการใช้กระแสไฟฟ้าของระบบ

จากโปรแกรมบันทึกข้อมูล เป็นโปรแกรมในการเก็บค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าและความดัน ในระบบ ซึ่งโปรแกรมสามารถบันทึกค่าของการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ซึ่งนำมาคำนวณหาค่าการให้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการทำงาน ของระบบเดิม กับระบบการควบคุมแบบต่างๆ เช่น ระบบควบคุมด้วยพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตารางการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ของแต่ละระบบ

ระบบ	ระบบเดิม (kW*hr.)	ระบบเดิมมี Inverter (kW*hr.)	PID (kW*hr.)	Impedance (kW*hr.)
------	----------------------	------------------------------------	-----------------	-----------------------

1 ชั่วโมง	3.79307	3.78268	2.86219	2.81885
1 วัน (8 ชั่วโมง)	30.34452	30.26144	22.89751	22.55080
1 เดือน (26 วัน)	788.95752	786.79744	595.33531	586.32080
1 ปี (12 เดือน)	9,467.49024	9441.56928	7,144.02374	7,035.84960
ลดได้ (%)		0.273789	24.54153	25.68411

ตารางที่ 4-2 ตารางการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์(บาท)ของแต่ละระบบ

ระบบ	ระบบเดิม (บาท)	ระบบเดิมมี Inverter (บาท)	PID (บาท)	Impedance (บาท)
1 ชั่วโมง	18.97	18.84	14.31	14.09
1 วัน (8 ชั่วโมง)	151.72	150.72	114.49	112.75
1 เดือน (26 วัน)	3,944.79	3,918.72	2,976.68	2,931.60
1 ปี (12 เดือน)	47,337.45	47,024.64	35,720.12	35,179.25
ลดได้ (บาท)		312.81	11,617.33	12,158.20

จากตารางที่ 4-1 และตารางที่ 4-2 เป็นการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ จากทำงาน คือ การทำงานวันละ 8 ชั่วโมง หยุดวันอาทิตย์ และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าคิดหน่วยละ 5 บาท/หน่วย จะเป็นการเปรียบเทียบการประหยัดเงินโดยเปรียบเทียบระบบต่างๆ เช่น ระบบเดิม ระบบควบคุมแบบพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ ในส่วนระบบเดิมเมื่อคิดค่าการใช้พลังงานจำนวน 9,467.49024 kW*hr./ปี และเมื่อคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อปีเป็นจำนวนเงิน 47,337.45 บาท/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับระบบควบคุมแบบพีไอดีคิดค่าการใช้พลังงานจำนวน 7,144.02374 kW*hr./ปี และเมื่อคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อปีเป็นจำนวนเงิน 35,720.12 บาท/ปี ซึ่งลดได้ 2,323.4665 kW*hr./ปี เป็นเงิน 11,617.33 บาท/ปี สามารถลดจากระบบเดิมได้ถึง 24.54 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ คิดค่าการใช้พลังงานจำนวน 7,035.84960 kW*hr./ปี และเมื่อคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อปีเป็นจำนวนเงิน 35,179.25 บาท/ปี ซึ่งลดได้ 2431.64064 kW*hr./ปี เป็นเงิน 12,158.20 บาท/ปี สามารถลดจากระบบเดิมได้ 25.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการเปรียบเทียบจะสังเกตได้ว่าระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์สามารถลดค่าพลังงานได้มากที่สุด โดยสามารถลดจากเดิมได้ 25.68 เปอร์เซ็นต์ จากการเปรียบเทียบข้างต้นเป็นการเปรียบเทียบของระบบเดิม ซึ่งเป็นระบบที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันจึงนำมาเปรียบเทียบกับระบบควบคุมแบบไฟฟ้า คือ ระบบควบคุมแบบพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์ ซึ่งในการพัฒนาในระบบควบคุมแบบไฟฟ้านั้นได้มีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม เพื่อช่วยในการควบคุมระบบ ซึ่งอุปกรณ์เสริมในการควบคุมของระบบต่างๆ

มีดังนี้ เซ็นเซอร์วัดความดัน, อินเวอร์เตอร์ (Inverter), วงจรควบคุมวาล์วบังคับทิศทาง 4/3 ปกติตำแหน่งกลางปิด, คอมพิวเตอร์ (Computer), การ์ดดีเอคิว (Card Data Acquisition : DAQ), พรอพอร์ชันนัลวาล์ว (Proportional Valve) เพื่อเปรียบเทียบระหว่างการทำงานของระบบเดิมกับระบบการควบคุมแบบต่างๆ เช่น ระบบควบคุมด้วยพีไอดี และระบบควบคุมแบบอิมพีแดนซ์