ชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

HYDRAULIC TRAINING SET POWERED BY ELECTRICITY AND PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

สนิท ขวัญเมือง* และอานนท์ มุ่งมาตร
Sanit Khwanmuang* and Arnon Mungmart
E-mail: sanit.khwan@gmail.com* and mungmart 2519@gmail.com

Received: November 30, 2022
Revised: December 20, 2022
Accepted: January 11, 2023

ABSTRACT

This research obtains quality hydraulics training set powered by electricity and Programmable Logic Controller (PLC) for teaching student. By selecting, a specific sample group is an undergraduate student in mechanical engineering a total of 22 people who were the sample group. The research process consisted of the establishment and assessment of hydraulic training set. Statistical data were analyzed using mean and standard deviation and percent. The tools utilized in this research were hydraulic training set and worksheet for designing and connecting hydraulic circuits.The results found that the characteristics of a training set had two cylinders, which were controlled with electrical and PLC. All accessories were assembled and installed on the wheel base. The training set was in suitable size, portable, reliable, and covered the skills of subject area in the courses, through the 12 trial worksheets. The quality assessment of training set by experts was good ($\overline{x}$ = 4.21, SD = 0.18), the quality of usage was very good ($\overline{x}$ = 4.54, SD = 0.18), the quality of worksheets was good ($\overline{x}$ = 4.30, SD = 0.24), and the overall quality of the training set was good ($\overline{x}$=4.35, SD = 0.17). The efficiency of the training set and the worksheet when applied to the student group were 82.40/83.24, which was based on the criteria of 80/80 in research hypothesis.

Keywords: Hydraulic training set, Quality assessment, Efficiency, Programmable Logic Controller (PLC)

*Corresponding author E-mail: sanit.khwan@gmail.com
สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สาขาวิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จ. ตาก 63000
Department Industrial Education and Technology, Mechanical Education, Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Lanna Tak, Tak 63000 Thailand

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้จะได้ชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและ PLC ที่มีคุณภาพเพื่อใช้สำหรับสอนนักศึกษา โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงคือนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จำนวนทั้งหมด 22 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การสร้างชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและ PLC การสร้างใบงานทดลอง การประเมินคุณภาพชุดฝึกและใบงานทดลอง การหาประสิทธิภาพชุดฝึกและใบงานทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ เครื่องมือที่ได้จากการวิจัยนี้ คือ ชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและ PLC และใบงานทดลองสำหรับออกแบบและต่อวงจรไฮดรอลิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ลักษณะของชุดฝึกที่สร้างขึ้น 1 ชุด เป็นชุดที่มีจำนวน 2 กระบอกสูบและสามารถควบคุมด้วยไฟฟ้าและ PLC อุปกรณ์ทั้งหมดประกอบและติดตั้งไว้บนฐานที่มีล้อเลื่อน ชุดฝึกมีขนาดเหมาะสมเคลื่อนย้ายได้สะดวก สามารถใช้งานได้จริงและครอบคลุมเนื้อหาด้านทักษะในรายวิชาที่สอน มีใบงานทดลอง 12 ใบงาน ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญคุณภาพของชุดฝึกอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$= 4.21, SD = 0.18) คุณภาพการใช้งานอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.54, SD = 0.18) และคุณภาพใบงานทดลองอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.30, SD = 0.24) และคุณภาพโดยรวมของชุดฝึกอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$= 4.35, SD = 0.17) ผลการหาประสิทธิภาพชุดฝึกด้านชุดฝึกและใบงานทดลองเมื่อนำไปใช้กับกลุ่มผู้เรียน มีค่าเท่ากับ 82.40/83.24 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และเป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

คำสำคัญ: ชุดฝึกไฮดรอลิกส์, การประเมินคุณภาพ, ประสิทธิภาพ, โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

1. บทนำ

ระบบไฮดรอลิกส์เป็นระบบส่งกำลังหรือระบบควบคุมกำลังโดยใช้ของเหลวเป็นตัวกลางในการส่งกำลังหรือส่งสัญญาณควบคุมไปยังจุดหมายที่ต้องการและใช้ท่อเป็นทางเดินของของเหลว เป็นการนำของเหลวมาใช้ในระบบเพื่อเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดกำลังงานกลในการเปลี่ยนแปลงกำลังงานของของไหลให้เป็นกำลังงานกลคือทำให้กระบอกสูบไฮดรอลิกส์หรือมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ทำงานได้ ซึ่งของเหลวที่ใช้คือน้ำมันไฮดรอลิกส์ เป็นของไหลที่ยุบตัวไม่ได้เมื่อได้รับแรงกระทำ ในระบบไฮดรอลิกส์จะประกอบไปด้วยปั๊มไฮดรอลิกส์ ถังพักน้ำมันไฮดรอลิกส์ อุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันไฮดรอลิกส์ วาล์วควบคุมความดัน วาล์วควบคุมทิศทาง วาล์วควบคุมอัตราการไหล อุปกรณ์ทำงานต่าง ๆ เช่น กระบอกสูบไฮดรอลิกส์ มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ ข้อต่อและสายไฮดรอลิกส์ ซึ่งระบบไฮดรอลิกส์ในปัจจุบันจะมีทั้งระบบไฮดรอลิกส์พื้นฐานและระบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า ระบบไฮดรอลิกส์พื้นฐานจะใช้งานกับเครื่องจักรที่ไม่ยุ่งยาก เช่น แม่แรงไฮดรอลิกส์ รถบรรทุก รถเครื่องจักรกลหนัก เป็นต้น ส่วนระบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้าใช้กับเครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมที่เป็นระบบอัตโนมัติ ซึ่งการควบคุมใช้ระบบไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ในการศึกษาระบบไฮดรอลิกส์พื้นฐานและไฟฟ้า จะต้องใช้วงจรไฮดรอลิกส์และการออกแบบวงจรไฮดรอลิกส์ ในปัจจุบันจะออกแบบวงจรไฮดรอลิกส์ด้วยโปรแกรมต่าง ๆ ในคอมพิวเตอร์และทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ เช่น การควบคุมระบบไฮดรอลิกส์ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Phongkittikhun, 2012, pp. 7-8) การจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับระบบไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ได้ถูกใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมและหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตากสาขาครุศาสตร์เครื่องกล สาขาครุศาสตร์อุตสาหการและสาขาวิศวกรรมเครื่องกล ในรายวิชาต่าง ๆ เช่น วิชาไฮดรอลิกส์ และนิวแมติกส์ วิชาโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์และวิชาระบบอัตโนมัติอุตสาหกรรม โดยมีเนื้อหาศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการ ชิ้นส่วนอุปกรณ์ระบบไฮดรอลิกส์และระบบนิวแมติกส์ พร้อมทั้งศึกษาวิธีการออกแบบวงจรด้วยโปรแกรมโดยใช้คอมพิวเตอร์และต่อวงจร การวิเคราะห์การทำงานของวงจร การควบคุมระบบไฮดรอลิกส์และระบบนิวแมติกส์ด้วยระบบไฟฟ้าและ PLC และการควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ (Rajamangala University of Technology Lanna Tak, 2022, p. 58)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยเริ่มต้นการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาไฮดรอลิกส์ และนิวแมติกส์ เพื่อการกำหนดหัวข้อบทเรียนและเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากนั้นจึงได้ดำเนินการสร้างชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและ PLC การสร้างใบงานทดลองแล้วจึงนำชุดฝึกไปดำเนินการประเมินคุณภาพชุดฝึก และใบงานทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญและนำไปหาประสิทธิภาพชุดฝึกและใบงานทดลองจากกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำข้อมูลไปดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าร้อยละ (Wongsuriya et al., 2020, pp. 68-74)

เพื่อเป็นการแก้ปัญหาในการจัดซื้อครุภัณฑ์สำหรับการจัดการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรีและประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อครุภัณฑ์ชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากขาดแคลนงบประมาณในการจัดซื้อครุภัณฑ์ ตลอดจนได้ใช้เป็นสื่อการสอนนักศึกษาให้มีความรู้และทักษะตรงตามที่หลักสูตรกำหนด ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนได้รับทักษะการปฏิบัติงานจากการเรียนการสอนไปประกอบอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wongsuriya et al., 2020, pp. 68-74) เพื่อฝึกนักศึกษาให้มีความรู้และทักษะเกี่ยวกับชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในปัจจุบันยังขาดแคลนชุดฝึกไม่เพียงพอต่อจำนวนนักศึกษา ทำให้นักศึกษาไม่ได้รับความรู้อ ย่างทั่วถึง เนื่องจากต้องจัดนักศึกษาจำนวนหลายคนต่อกลุ่ม โดยส่วนประกอบของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์จะประกอบไปด้วยชุดต้นกำลังระบบไฮดรอลิกส์ซึ่งสามารถคลื่อนย้ายได้สะดวก ประกอบด้วยถังเก็บน้ำมันไฮดรอลิกส์ ปั๊มไฮดรอลิกส์ มอเตอร์ไฟฟ้า 220 โวลต์ วาล์วควบคุมความดันและเกจวัดความดันน้ำมันไฮดรอลิกส์ ชุดอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ โซลีนอยด์วาล์วและลิมิตสวิตช์ สวิตช์ควบคุม รีเลย์ อุปกรณ์ตั้งเวลา อุปกรณ์นับจำนวนครั้ง หม้อแปลงไฟฟ้า และชุดโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ซึ่งชุดฝึกไฮดรอลิกส์พื้นฐานและไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนี้สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนและใช้ฝึกทักษะให้กับนักศึกษาหรือผู้สนใจเพื่อจะได้นำความรู้ดังกล่าวไปใช้งานในสถานประกอบการต่อไปในอนาคต

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์สำหรับใช้เป็นสื่อการสอน เพื่อประเมินคุณภาพชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญและเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ในครั้งนี้ มีแนวคิดโดยยึดขั้นตอนของ Songkhram (2011, pp. 105-107) มาเป็นแนวทางสำหรับการสร้างชุดฝึก โดยมีลำดับขั้นตอนในการสร้างชุดฝึก หรือสื่อการสอนประกอบด้วย 4 ขั้นตอนสำคัญดังนี้ ขั้นตอนการวางแผน ได้ศึกษาเนื้อหาวิชาในหลักสูตรและจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับสร้างชุดฝึกให้ครอบคลุมเนื้อหาวิชา ขั้นตอนการออกแบบ ดำเนินการออกแบบโครงสร้างของชุดฝึก ขั้นตอนการสร้างและพัฒนา ดำเนินการสร้างและพัฒนาชุดฝึกตามรูปแบบที่ได้ดำเนินการออกแบบไว้ ขั้นตอนการประเมินผลและปรับปรุง ดำเนินการนำชุดฝึกที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้ตามใบงานทดลองที่ได้กำหนดไว้และ นำชุดฝึกที่สร้างขึ้นไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญพร้อมแก้ไขปรับปรุง ก่อนนำไปใช้กับผู้เรียนเพื่อหาประสิทธิภาพชุดฝึกที่สร้างขึ้น นำชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและกรอบแนวคิดการหาประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยใช้แนวคิดของ Sisaad (2011, pp. 98-100) โดยจะนำชุดฝึกที่ผ่านการประเมินคุณภาพไปใช้กับผู้เรียน ให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดย E_1 ประสิทธิภาพของขบวนการและ E_2 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ โดยกำหนดให้เป็นเปอร์เซ็นต์ผลเฉลี่ยของคะแนนการปฏิบัติงาน คือมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ไม่ต่ำกว่า 80/80 ตัวแปรในการวิจัย ตัวแปรต้นในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ ชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์และตัวแปรตามในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ ค่าดัชนีประสิทธิผลของผู้เรียนที่ได้เรียนโดยใช้ชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ขอบเขตการสร้างชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ใบงานทดลองไม่น้อยกว่า 12 ใบงาน ใบเฉลยใบงานทดลองไม่น้อยกว่า 12 ใบงานและ สื่อ PowerPoint เรื่องการใช้โปรแกรมออกแบบวงจร FluidSIM 4 และการใช้โปรแกรม PLC CX-Program ในการสร้างชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ใช้การประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านระบบไฮดรอลิกส์ เป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับงานด้านการควบคุมระบบไฮดรอลิกส์ด้วยไฟฟ้าและ PLC อีกทั้งเป็นอาจารย์ที่สอนในรายวิชาไฮดรอลิกส์ PLC ระบบอัตโนมัติอุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จำนวน 7 ท่าน ซึ่งมีประสบการณ์ในการสอนมาแล้วไม่ต่ำกว่า 10 ปี การเชิญผู้เชี่ยวชาญมาประเมินใช้วิธีชี้แจงรายละเอียดต่าง ๆ แล้วทำการสาธิตการทำงานของชุดฝึก ไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์และในการหาประสิทธิภาพชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ประชากรเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ชั้นปี 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์ โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง

ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับการใช้งาน การควบคุมระบบไฮดรอลิกส์ด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ในปีการศึกษา 1/2565 จำนวน 22 คน

สมมติฐานการวิจัยชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นมีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับดีขึ้นไป มีค่าเฉลี่ย 3.51 และชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ (E1/E2) ไม่ต่ำกว่า 80/80

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การสร้างชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับชุดฝึกในรูปแบบต่าง ๆ พร้อมสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ และเอกสารที่เกี่ยวข้อง ในเรื่องของการควบคุมไฮดรอลิกส์ด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยการออกแบบได้คำนึงถึงเรื่องการฝึกทักษะในการต่อวงจรควบคุมระบบไฮดรอลิกส์ด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ การจัดเก็บอุปกรณ์ที่จำเป็นในการใช้งาน ความสะดวกในการใช้งานของชุดฝึกและการเคลื่อนย้ายชุดฝึก

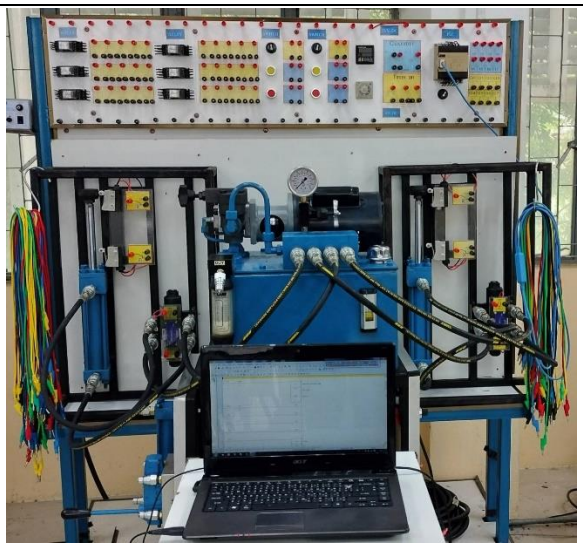
2. ทำการออกแบบโครงสร้างและการจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ของชุดฝึก โดยได้ออกแบบนำชุดต้นกำลังระบบไฮดรอลิกส์และอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มาติดตั้งบนฐานที่มีล้อเลื่อนสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกและกระบอกสูบไฮดรอลิกส์และโซลีนอยด์วาล์วติดตั้งบนฐานเหล็กสามารถยกเคลื่อนย้ายได้สะดวก

3. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

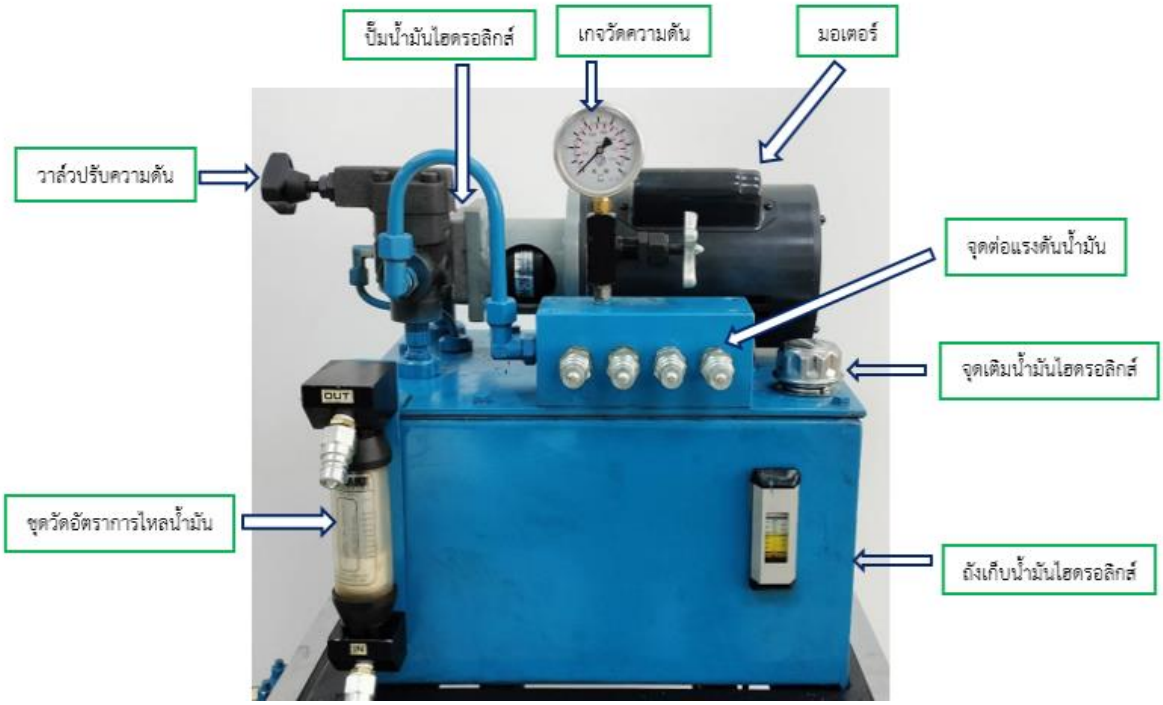
4. ดำเนินการสร้างชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ พร้อมจัดทำคู่มือการใช้งานและใบงานการทดลอง

5. ทดสอบการทำงานของชุดฝึกและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของชุดฝึก

ชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ที่สร้างขึ้นเป็นชุดฝึกที่ใช้ประกอบการเรียนการสอน นักศึกษาที่ทำการทดลองต้องศึกษาส่วนประกอบและการทำงานของอุปกรณ์ภายในชุดฝึก แล้วนำใบงานทดลองมาทำการออกแบบวงจรในโปรแกรมออกแบบวงจร FluidSIM 4 ตามเงื่อนไขต่าง ๆ ของใบงานทดลองเพื่อจำลองการทำงานของอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์ก่อน ทั้งในส่วนของการควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าและการควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ เมื่อออกแบบวงจรได้ตามใบงานทดลองแล้วก็ทำการต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมระบบไฮดรอลิกส์ให้ทำงานได้ตามเงื่อนไขของใบงานทดลองของแต่ละใบงาน ซึ่งจะเริ่มต้นด้วยระบบไฟฟ้าควบคุมระบบไฮดรอลิกส์และต่อด้วยระบบ PLC ควบคุมระบบไฮดรอลิกส์ ซึ่งก็จะมีการทำงานของกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ ตั้งแต่หนึ่งกระบอกสูบไปจนถึงสองกระบอกสูบ มีเงื่อนไขการทำงานแบบต่าง ๆ ไปจนถึงมีการตั้งเวลาการทำงาน การนับจำนวนครั้งการทำงานของกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ และเขียนโปรแกรมควบคุมใน PLC CX-Program แล้วทำการป้อนโปรแกรมไปใน PLC แล้วทำการต่อสายเข้ากับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในชุดฝึกและทำการทดลองชุดฝึกให้ทำงานได้ตามใบงานทดลองที่กำหนดไว้ 12 ใบงาน ซึ่งชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นตามรูปที่ 1 จะประกอบไปด้วยชุดต้นกำลังระบบไฮดรอลิกส์ ชุดกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ ชุดโซลีนอยด์วาล์วและชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนทรลเลอร์ ซึ่งชุดต้นกำลังระบบไฮดรอลิกส์จะมีปั๊มไฮดรอลิกส์ มอเตอร์ไฟฟ้า ถังเก็บน้ำไฮดรอลิกส์ วาล์วปรับความดัน ชุดวัดอัตราการไหลของน้ำไฮดรอลิกส์ และเกจวัดความดันตามรูปที่ 2 และชุดกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ โซลีนอยด์วาล์วและลิมิตสวิตช์ ตามรูปที่ 3 ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนทรลเลอร์ จะประกอบไปด้วยรีเลย์ สวิตช์ควบคุม อุปกรณ์นับจำนวนครั้ง ตัวตั้งเวลาและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ตามรูปที่ 4 และชุดสายไฮดรอลิกส์พร้อมข้อต่อแบบสวมเร็ว ตามรูปที่ 5

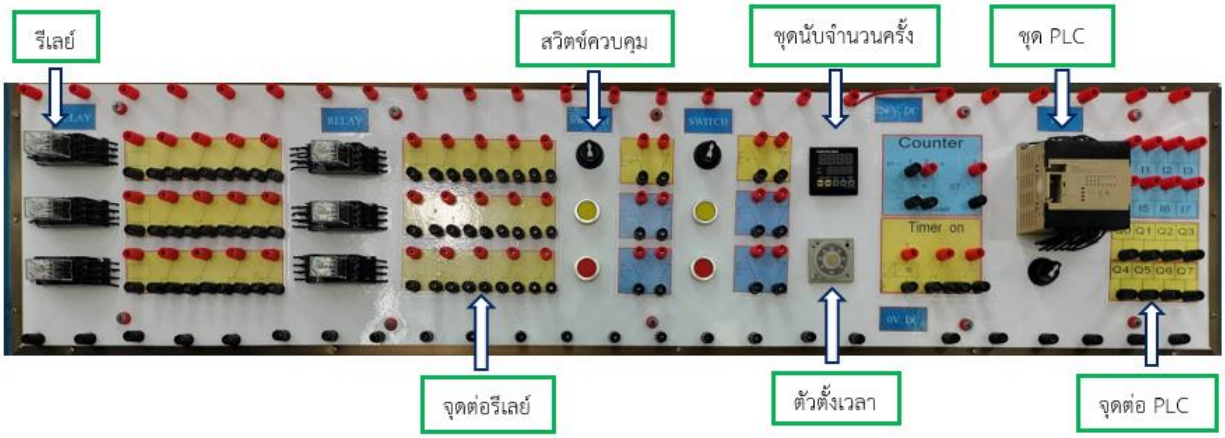


รูปที่ 1 ชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2 ชุดต้นกำลังระบบไฮดรอลิกส์

รูปที่ 3 ชุดกระบอกสูบไฮดรอลิกส์และโซลีนอยด์วาล์ว



รูปที่ 4 ชุดอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าและ PLC

รูปที่ 5 ชุดสายไฮดรอลิกส์พร้อมข้อต่อแบบสวมเร็ว

3.2 การสร้างใบงานทดลอง มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับคำอธิบายรายวิชาและจุดประสงค์รายวิชา
2. ออกแบบใบงานทดลองโดยวิเคราะห์เนื้อหาภาคปฏิบัติให้ครอบคลุมชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์
3. สร้างต้นแบบใบงานทดลอง จำนวน 12 ใบงาน

3.3 การประเมินคุณภาพชุดฝึกและใบงานทดลอง มีขั้นตอนในการประเมินดังนี้

1. ทำหนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญเพื่อนัด วัน เวลา สถานที่ ในการประเมินคุณภาพของชุดฝึก
2. ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดของการประเมินคุณภาพพร้อมแจกแบบประเมิน
3. ทำการสาธิตการทำงานของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ตามใบงานทดลอง
4. นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพของชุดฝึกและใบงานทดลอง

3.4 การหาประสิทธิภาพชุดฝึกและใบงานทดลอง มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัยจากนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียน
2. อธิบายชี้แจงให้กับนักศึกษาเกี่ยวกับขอบเขตเนื้อหาการปฏิบัติงานตามใบงานทดลอง
3. สอนการปฏิบัติงานตามใบงานทดลองครั้งละ 1 ใบงานพร้อมทั้งสาธิตการใช้งานชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและ PLC แล้วให้นักศึกษาฝึกทำการปฏิบัติตามใบงานทดลองจนครบ 12 ใบงานตามแผนการเรียนการสอนที่ได้กำหนดไว้
4. เก็บข้อมูลการวิจัยโดยทดสอบให้นักศึกษาทำการปฏิบัติงานตามใบงานทดลองระหว่างเรียน ครั้งละ 1 ใบงานจนครบทั้งหมด 12 ใบงาน
5. ให้นักศึกษาทำการปฏิบัติใบงานทดลองรวมที่ใช้ควบคุมชุดฝึกไฮดรอลิกส์ด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ให้ทำงานได้โดยใช้อุปกรณ์รวมทั้งหมด ตามใบงานรวมที่ต้องการแล้วเก็บผลการทดสอบ
6. นำผลคะแนนที่ได้จากการปฏิบัติตามใบงานทดลองมาวิเคราะห์ผลตามหลักการทางสถิติเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึก

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักการทางสถิติ โดยมีประเด็นในการวิเคราะห์ดังนี้

1. วิเคราะห์หาคุณภาพของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

วิเคราะห์หาคุณภาพของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Phophrueksanan, 2008, pp. 229-233) การวิเคราะห์ข้อมูลได้นำผลจากการประเมินคุณภาพแสดงความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ซึ่งมีสูตรดังนี้ ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้สำหรับหาค่ากึ่งกลางของข้อมูลแบบต่อเนื่องหรือข้อมูลที่มีค่าเป็นเลขทศนิยม สูตรที่ใช้คือ

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ย $\sum X$ คือผลรวมของคะแนน N คือจำนวนประชากรทั้งหมด

ค่า $\overline{x}$ ที่ได้จากการประเมินจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.00-5.00 ซึ่งมีความหมายต่าง ๆ ดังนี้

ค่าอยู่ระหว่าง 4.51 ถึง 5.00 หมายถึง ดีมาก
ค่าอยู่ระหว่าง 3.51 ถึง 4.50 หมายถึง ดี
ค่าอยู่ระหว่าง 2.51 ถึง 3.50 หมายถึง พอใช้
ค่าอยู่ระหว่าง 1.51 ถึง 2.50 หมายถึง ปรับปรุง
ค่าอยู่ระหว่าง 1.00 ถึง 1.50 หมายถึง ควรปรับปรุงอย่างมาก

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation; SD) เป็นค่าสถิติที่ใช้วัดการกระจายของคะแนนในกลุ่มเพื่อบอกให้ทราบว่าคะแนนในกลุ่มแตกต่างกันมากน้อยแค่ไหน ถ้าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูง แสดงว่าคะแนนของกลุ่มนั้นกระจายกว้างห่างกันมากซึ่งก็หมายความว่าคะแนนในกลุ่มนั้นมีสภาพต่างกันมาก และถ้าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าต่ำ แสดงว่าคะแนนของกลุ่มนั้นกระจายกว้างห่างกันน้อย ซึ่งก็หมายความว่าคะแนนในกลุ่มนั้นมีสภาพต่างกันน้อย โดยใช้สูตรดังนี้

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N-1}}$$

เมื่อ SD คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน X คือข้อมูลแต่ละจำนวน

$\bar{x}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละจำนวน N คือจำนวนประชากรทั้งหมด

2. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

ในการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกโดยใช้เกณฑ์ E1/E2 เป็นวิธีการที่สามารถชี้วัดประสิทธิภาพของชุดฝึกในการเรียนการสอนได้ทั้งภาพรวมในลักษณะกว้างและวัดส่วนย่อยเป็นรายจุดประสงค์ทำให้ได้ผลการวัดที่ชัดเจนนำข้อมูลที่ได้มาเป็นเครื่องตัดสินใจได้ เกณฑ์ที่ใช้คือ E1/E2 อาจเท่ากับ 80/80 หรือ 90/90 หรืออื่น ๆ อีกก็ได้แต่ถ้ากำหนดเกณฑ์ไว้ต่ำเกินไปอาจทำให้ผู้ใช้ชุดฝึกไม่เชื่อถือคุณภาพของบทเรียนการหาค่า E1 และ E2 มีวิธีการคำนวณหาค่าร้อยละโดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$E1 = \left(\frac{\sum X / N}{A}\right) \times 100$$

โดยที่

E1 คือประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดฝึกคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบใบงานระหว่างเรียน

$\sum X$ คือคะแนนจากการทำแบบทดสอบแต่ละใบงานทดลองระหว่างเรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบใบงานทดลอง

N คือ จำนวนผู้เรียน

$$E2 = \left(\frac{\sum F / N}{B}\right) \times 100$$

โดยที่

E2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (พฤติกรรมที่เปลี่ยนในตัวผู้เรียนหลังการเรียนด้วยชุดฝึกในการเรียนการสอน) คิดเป็นอัตราส่วนจากการทำแบบทดสอบรวมหลังเรียน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบรวมหลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการทดสอบรวมหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินคุณภาพของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน โดยประเมินคุณภาพด้านกายภาพชุดฝึก ตามตารางที่ 1 พบว่าการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชุดฝึกมีความเหมาะสม ขนาดรูปร่างของชุดฝึกเหมาะสมกับการใช้งาน การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ชุดฝึกมีความเหมาะสมและความแข็งแรงของโครงสร้างของชุดฝึก มีผลการประเมินอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43, 4.29, 4.14 และ 4.00 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลการประเมินด้านชุดฝึกโดยรวมแล้วอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพในด้านกายภาพชุดฝึกของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. ความแข็งแรงของโครงสร้างของชุดฝึก	4.00	0.57	ดี
2. ขนาดรูปร่างของชุดฝึกเหมาะสมกับการใช้งาน	4.29	0.48	ดี
3. การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชุดฝึกมีความเหมาะสม	4.43	0.53	ดี
4. การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ชุดฝึกมีความเหมาะสม	4.14	0.37	ดี
โดยรวม	**4.21**	**0.18**	**ดี**

ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและ PLC ด้านการใช้งานของชุดฝึก ตามตารางที่ 2 พบว่าประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานด้านการเรียนการสอน ความสะดวกในการเก็บและบำรุงรักษาและความชัดเจนของสัญลักษณ์อุปกรณ์ต่าง ๆ มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71, 4.71, 4.57 ตามลำดับ ส่วนด้านความสะดวกในการ

ปฏิบัติงานต่อวงจรควบคุมไฮดรอลิกส์และความสะดวกในการเคลื่อนย้ายชุดฝึก มีผลการประเมินอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 และ 4.29 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลการประเมินด้านการนำไปใช้งานโดยรวมแล้วอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพในด้านการใช้งานของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

รายการประเมิน	$\overline{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายชุดฝึก	4.29	0.48	ดี
2. ความชัดเจนของสัญลักษณ์อุปกรณ์ต่าง ๆ	4.57	0.53	ดีมาก
3. ความสะดวกในการปฏิบัติงานต่อวงจรควบคุมไฮดรอลิกส์	4.43	0.53	ดี
4. ความสะดวกในการเก็บและบำรุงรักษา	4.71	0.48	ดีมาก
5. ประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานด้านการเรียนการสอน	4.71	0.48	ดีมาก
โดยรวม	**4.54**	**0.18**	**ดีมาก**

ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกไฮดรอลิกส์กส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ด้านใบงานทดลองตามตารางที่ 3 พบว่าความถูกต้องของจุดประสงค์การสอนและใบงานเน้นทักษะการออกแบบและต่อวงจร มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 ส่วนความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับผู้เรียน รูปแบบและรายละเอียดของใบงาน รูปภาพในใบงานมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย จำนวนใบงานครอบคลุมเนื้อหาชุดฝึก เนื้อหาใบงานกับเวลาที่ใช้ปฏิบัติงานชุดฝึกและความเหมาะสมโดยรวมของใบงาน มีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43, 4.29, 4.29, 4.14, 4.14 และ 4.00 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลการประเมินด้านใบงานทดลองโดยรวมแล้วอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพในด้านใบงานทดลองของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

รายการประเมิน	$\overline{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. รูปแบบและรายละเอียดของใบงาน	4.29	0.48	ดี
2. จำนวนใบงานครอบคลุมเนื้อหาชุดฝึก	4.14	0.69	ดี
3. ความถูกต้องของจุดประสงค์การสอน	4.57	0.53	ดีมาก
4. รูปภาพในใบงานมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.29	0.48	ดี
5. เนื้อหาของใบงานกับเวลาที่ใช้ปฏิบัติงานชุดฝึก	4.14	0.69	ดี
6. ใบงานเน้นทักษะการออกแบบและต่อวงจร	4.57	0.53	ดีมาก
7. ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับผู้เรียน	4.43	0.53	ดี
8. ความเหมาะสมโดยรวมของใบงาน	4.00	0.57	ดี
โดยรวม	**4.30**	**0.24**	**ดี**

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึก

ผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและ PLC ตามตารางที่ 4 พบว่าคะแนนการปฏิบัติใบงานทดลองระหว่างเรียนแต่ละใบงาน (E1) คะแนนที่ได้มีค่าเฉลี่ย 85.39 คะแนน การปฏิบัติใบงานทดลองรวม (E2) คะแนนที่ได้มีค่าเฉลี่ย 86.26 คะแนน ซึ่งผลที่ได้คือ 85.39/86.26 เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดคือไม่ต่ำกว่า 80/80 ดังนั้นชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและ PLC ที่สร้างขึ้นจึงมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการประกอบการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 22 คน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	คิดเป็นร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
1. คะแนนการปฏิบัติ ใบงานระหว่างเรียน	22	100	82.40	82.40	80
2. คะแนนการปฏิบัติใบงานรวมหลังเรียน	22	50	41.62	83.24	80

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะได้ชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ที่มีคุณภาพของชุดฝึกจัดอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.35, SD = 0.17) และมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.40/83.24 ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผลการวิเคราะห์ด้านคุณภาพของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จากผู้เชี่ยวชาญ 7 ท่าน มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับที่ดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.17 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phromdirat and Kenpankho (2017, pp. 59-65) การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์กับกลุ่มตัวอย่าง 22 คน ปรากฏว่าผลจากการเรียนรู้ระหว่างทำการทดลองและผลทดสอบใบงานทดลองระหว่างเรียนและทำการวัดผลทดสอบใบงานทดลองรวม หลังจากทดลองครบ 12 ใบงานแล้ว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 82.40/83.24 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Saengpho et al. (2016, pp. 126-130)

ทั้งนี้เพราะว่าชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ที่สร้างขึ้นเป็นชุดฝึกที่มีการจัดสร้างอย่างเป็นระบบตามแนวทางการออกแบบชุดสื่อการเรียนการสอนและได้ผ่านการตรวจสอบ และคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยจึงพบว่าชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้เชี่ยวชาญ โดยสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างได้มีการเรียนรู้ทฤษฎีพร้อมกับปฏิบัติทดลองตามลำดับขั้นตอนในใบงานทดลองที่มีการออกแบบและครอบคลุมเนื้อหาตามจุดประสงค์ทำให้ง่ายต่อการเข้าใจและผู้ที่สนใจสามารถนำชุดฝึกนี้ไปสร้างและพัฒนาเพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการเรียนการสอนต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

ควรให้นักศึกษาทำความเข้าใจเงื่อนไขการทำงานของกระบอกสูบในแต่ละใบงานก่อนแล้วทำการศึกษาการใช้โปรแกรมออกแบบวงจรไฮดรอลิกส์ FluidSIM 4 ให้เข้าใจก่อนแล้วออกแบบวงจรและต่อวงจรตามใบงานทดลอง โดยผู้สอนต้องคอยควบคุมให้นักศึกษาปฏิบัติตามขั้นตอนและปฏิบัติตามใบงานอย่างครบถ้วนรวมไปจนถึงการศึกษาการใช้โปรแกรมสำหรับเขียน PLC CX_Program เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอนและใช้ในการเรียนการสอนเพื่อให้นักศึกษามีความรู้เกี่ยวกับการควบคุมไฮดรอลิกส์ด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำไปใช้ในสถานประกอบการต่อไปและผู้สนใจสามารถนำชุดฝึกไปพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นต่อไป ในการพัฒนาชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ครั้งต่อไป ควรมีการติดตั้งกระบอกสูบให้มีลักษณะของการจำลองการทำงานของกระบอกสูบให้ใช้งานได้จริงในเครื่องจักร เช่น ระบบแมคคาทรอนิกส์เบื้องต้นที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ทำงานในลักษณะต่าง ๆ

กิตติกรรมประกาศ

การจัดสร้างชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ครั้งนี้ ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ นายนภัทร บุตรสามาลี นายรัชพล ฉิมทอง นายวิศิษฎ์ ปัญญามูล และนายฤทธินันท์ วงษ์จันป๊อก ที่คอยช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและคณะผู้เชี่ยวชาญที่มาแสดงความคิดเห็นในการประเมินคุณภาพของชุดฝึกไฮดรอลิกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้า และโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ตลอดจนถึงนักศึกษาที่ลงทะเบียน เพื่อเก็บผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึก ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

Saengpho, C., Sunthonkanokpong, W., & Supphawarasuwat, W. (2016). Laboratory set of microcontroller for controlling robot. *Journal of Industrial Education, 15*(2), 126-130. (in Thai)

Phophrueksanan, N. (2008). *Research methodology***.** Expoenet. (in Thai)

Phongkittikhun, P. (2012). *Pneumatics and hydraulics*. SE-ED. (in Thai)

Phromdirat, A., & Kenpankho, P. (2017). The development of closed circuit television laboratory. *Journal of Industrial Education, 16*(3), 59-65. (in Thai)

Rajamangala University of Technology Lanna Tak. (2022). *Bachelor of Technical Education Program in Mechanical Engineering*. Rajamangala University of Technology Lanna Tak. (in Thai)

Wongsuriya, W., Sinpaitoon, P., & Chanhom, P. (2020). The development of electrical circuit training package of split type air conditioning on refrigeration and air conditioning. *Journal of Industrial Education, 19*(1), 68-74. (in Thai)

Sisaad, B. (2011). *Basic research* (9th ed.). Suwiriyasan. (in Thai)

Songkhram, N. (2011). *Design and development multimedia learning.* Chulalongkon University. (in Thai)