

การประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
โดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์
Performance Evaluation of Electric Motor Control Practical Training using
Programmable Logic Controller (PLC)

ธนัท ธนอัสวพล¹ และ ฤทัย ประทุมทอง^{1*}
Tanat Tanausavaphol¹ and Ruthai Prathoomthong^{1*}

(วันรับบทความ : 16 มีนาคม 2568/วันแก้ไขบทความ : 4 เมษายน 2568/วันตอบรับบทความ : 24 มิถุนายน 2568)
(Received Date : March 16, 2025, Revised Date : April 4, 2025, Accepted Date : June 24, 2025)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัย One Shot Case Study โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ (1) พัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (2) หาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (3) หาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 14 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ (1) ชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (2) เอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติ (3) แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติ และ (4) แบบทดสอบปฏิบัติ และแบบประเมินผลสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า (1) ชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ที่พัฒนาขึ้น มีโครงสร้างขนาด 100 ซม. X 174 ซม. มีล้อเลื่อน 4 ล้อ และมีอุปกรณ์ประกอบด้วย เมนบอร์ดคิทเบรกเกอร์ 3 โพล เซอร์คิตเบรกเกอร์ 1 โพล ฟิวส์ สวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย Emergency พร้อมหลอดไฟสัญญาณ รีเลย์หน่วยเวลา หลอดไฟแสดงสถานะ PLC รีเลย์ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ และเทอร์มินอลบล็อก อีกทั้งยังประกอบด้วยเอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติ โดยชุดฝึกปฏิบัติมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ =4.60) (2) ชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพด้านทักษะเท่ากับ 87.43/85.12 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดด้านทักษะเท่ากับ 85/85 (3) ระดับความพึงพอใจของผู้เรียนในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.58) สรุปได้ว่าการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงาน ใบขึ้นตอนการทำงาน ที่มีรายละเอียดขั้นตอนการทำงานครบถ้วน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

คำสำคัญ : ชุดฝึกปฏิบัติ, การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า, โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

1 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

1 Faculty of Industrial Education and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล: ruthai.p@rmutsv.ac.th

* Corresponding author e-mail: ruthai.p@rmutsv.ac.th

Abstract

This research is an experimental study conducted using the One-Shot Case Study design. the objectives of this research are threefold: (1) to develop a practical training set controlling electric motors using a Programmable Logic Controller (PLC), (2) to evaluate the effectiveness of the practical training set controlling electric motors using a Programmable Logic Controller (PLC), (3) to study students' satisfaction with teaching and learning from the use of the practical training set controlling electric motors using a Programmable Logic Controller (PLC). The study targeted 14 third-year undergraduate students enrolled in the Mechatronics Engineering program at the Faculty of Industrial Education and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, these participants were purposively selected from those registered in the Servo Motors and Drive Systems course during the first semester of the academic year 2024. The research employed the following instruments: (1) a practical training set for controlling electric motors using a Programmable Logic Controller (PLC). (2) training manual for the set. (3) a quality assessment form for the practical training set evaluated by experts. (4) a practical test and an evaluation form. Data analysis was conducted using descriptive statistics, including percentage, mean, and standard deviation.

The findings of the study revealed that: (1) The developed practical training set for electric motor control using a PLC featured a structure measuring 100 cm x 174 cm with four caster wheels and included components such as a 3-pole main circuit breaker, 1-pole circuit breaker, fuse, switching power supply, emergency stop with indicator light, time delay relay, pilot lamp, PLC, relay, magnetic contactor, and terminal blocks. It was also accompanied by a detailed manual. Received the highest quality rating, with a mean score of 4.60. (2) The effectiveness of the practical training set, measured at 87.43/85.12, meets the predefined standard criterion of 85/85. (3) The overall student satisfaction was highest, with a mean score of 4.58. In conclusion, the development of the training kit, along with detailed step-by-step procedures, effectively facilitated students' learning and skill development in three-phase AC motor control using PLCs, resulting in behavioral changes that aligned with the intended learning outcomes.

Keywords : Practical training set, Electric motor control, Programmable logic controller (PLC)

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของสังคมในศตวรรษที่ 21 ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลขั้นสูง ทำให้ภาคอุตสาหกรรมจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตไปสู่ระบบอัตโนมัติและระบบควบคุมอัจฉริยะอย่างต่อเนื่อง ความต้องการแรงงานที่มีทักษะทางเทคนิคเฉพาะด้านจึงเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในสาขาเมคคาทรอนิกส์ ซึ่งเป็นศาสตร์บูรณาการระหว่างวิศวกรรมเครื่องกล ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และระบบควบคุมอัตโนมัติ สอดคล้องกับเป้าหมายของ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 – 2570) ที่เน้นการพัฒนากำลังคนให้มีทักษะในโลกยุคใหม่ ทั้งในด้านเทคนิค พหุติกรรม และคุณลักษณะของพลเมืองที่มีคุณภาพ (Office of the National Economic and Social Development Council, 2023)

หนึ่งในหัวใจสำคัญของระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรม คือการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าผ่าน Programmable Logic Controller (PLC) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมลำดับการทำงานของเครื่องจักรกล การใช้ PLC เข้ามาแทนระบบควบคุมแบบรีเลย์แบบเดิม ช่วยเพิ่มความแม่นยำ ความยืดหยุ่น และลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ในสายการผลิต ดังนั้นการฝึกอบรมและพัฒนาทักษะด้านการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วย PLC จึงเป็นสิ่งสำคัญในการผลิตบัณฑิตให้มีสมรรถนะสอดคล้องกับภาคอุตสาหกรรม

แม้ว่าการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาจะมีการจัดการเรียนรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ แต่ปัญหาที่พบคือขาดแคลนสื่อและอุปกรณ์ฝึกปฏิบัติที่มีความทันสมัยและจำลองสถานการณ์ได้อย่างสมจริง ทำให้นักศึกษาไม่มีโอกาส

ได้พัฒนาทักษะที่จำเป็นในสถานการณ์จริง งานวิจัยหลายชิ้นจึงให้ความสำคัญกับการออกแบบและพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมจริงในอุตสาหกรรม เพื่อเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (hands-on learning) และพัฒนาทักษะอย่างเป็นระบบ ตัวอย่างงานวิจัยของ (Wangworawong et al. 2024) ที่ได้พัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรม PLC ควบคุมระบบนิวเมติกส์ พบว่าชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหาและการใช้งาน และช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าชุดฝึกที่มีขั้นตอนชัดเจนและเชื่อมโยงกับงานจริงในอุตสาหกรรม จะช่วยเสริมสร้างทักษะของผู้เรียนให้ตรงตามความต้องการของภาคการผลิตได้อย่างแท้จริง นอกจากนี้งานวิจัยของ (Angsopa et al. 2024) ได้พัฒนาชุดฝึกพื้นฐานสำหรับการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ และควบคุมหุ่นยนต์ พบว่าชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเกินเกณฑ์ที่กำหนด (86.70/88.40) และมีระดับความพึงพอใจของผู้เรียนอยู่ในระดับสูงมาก แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาเครื่องมือการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียนและสถานการณ์จริง สามารถกระตุ้นความสนใจและส่งเสริมผลลัพธ์การเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทำนองเดียวกัน (Promseenong et al. 2024) ได้สร้างและประเมินประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติระบบทำความเย็นแบบแยกส่วนตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ผลการประเมินพบว่าชุดฝึกมีคุณภาพในระดับดีมาก โดยเฉพาะด้านการออกแบบและความเหมาะสมกับการใช้งาน ทำให้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการฝึกฝนทักษะของผู้เรียนให้เกิดผลลัพธ์ที่ตรงตามมาตรฐานวิชาชีพ

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยในฐานะผู้รับผิดชอบหลักสูตรด้านวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ จึงเห็นความสำคัญของการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้ PLC เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกฝนทักษะภายใต้สภาพแวดล้อมที่เสมือนจริง และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เชิงทฤษฎีกับสถานการณ์การทำงานในอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่การออกแบบและสร้างชุดฝึกปฏิบัติ พร้อมทั้งประเมินคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้เรียนเพื่อนำไปใช้เป็นต้นแบบในการจัดการเรียนการสอน และส่งเสริมการพัฒนาทักษะวิชาชีพในระดับอุดมศึกษาอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์
3. เพื่อหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2567 จำนวน 14 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1 ชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์
- 2.2 แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์
- 2.3 เอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติ ประกอบด้วย รายละเอียดชุดฝึกปฏิบัติ ใบขั้นตอนการทำงาน ใบสั่งงาน และใบประเมินผล
- 2.4 แบบทดสอบปฏิบัติ และแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
- 2.5 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัย One Shot Case Study ซึ่งมีรูปแบบการวิจัย ดังนี้

การใช้ชุดฝึกปฏิบัติ	วัดหลังเรียน
X	O

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการวิจัย

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกปฏิบัติปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

○ หมายถึง การทดสอบปฏิบัติหลังการจัดการเรียนรู้

2. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

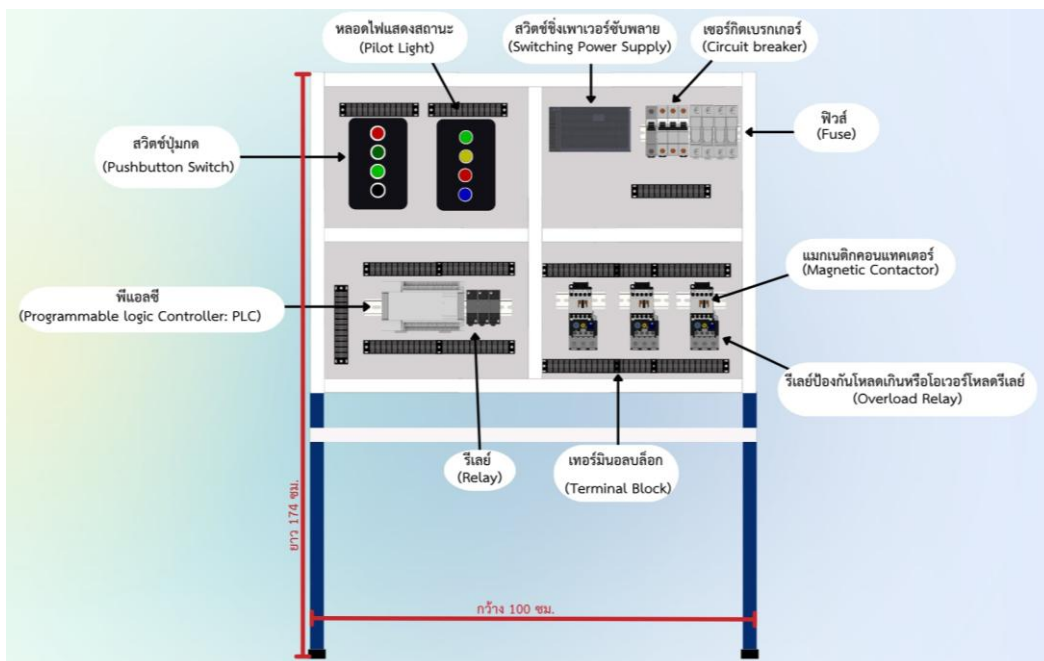
2.1 การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติ เพื่อออกแบบชุดฝึกปฏิบัติ และออกแบบเอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติ
- 2) วิเคราะห์หัวข้องาน นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์กำหนดขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการสร้างชุดฝึกปฏิบัติ
- 3) วิเคราะห์ความสามารถจากหัวข้องานเพื่อกำหนดขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการสร้างเอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติ ตัวอย่างการวิเคราะห์ความสามารถ ดังรูปที่ 1

[illegible]

รูปที่ 1 ตัวอย่างการวิเคราะห์ความสามารถของงาน

- 4) ออกแบบชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดฝึกปฏิบัติ ประกอบด้วย (1) เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ 3 โพล จำนวน 3 ตัว (2) เซอร์กิตเบรกเกอร์ 1 โพล จำนวน 1 ตัว (3) สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย จำนวน 1 ตัว (4) Emergency พร้อมหลอดไฟสัญญาณ จำนวน 1 ชุด (5) สวิตช์ปุ่มกด จำนวน 4 ตัว (6) หลอดไฟแสดงสถานะ จำนวน 4 หลอด (7) รีเลย์หน่วงเวลา จำนวน 2 ตัว (8) PLC จำนวน 1 ตัว (9) รีเลย์ จำนวน 3 ตัว (10) แมกเนติกคอนแทคเตอร์ จำนวน 3 ตัว (11) โอเวอร์โวลตรีเลย์ จำนวน 3 ตัว (12) เทอร์มินอลบล็อก



รูปที่ 2 แบบร่างชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

5) สร้างชุดฝึกปฏิบัติ ประกอบด้วย (1) ชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยทำการสร้างโครงสำหรับยึดอุปกรณ์ทั้งหมด ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ ติดตั้งสวิตช์ปุ่มกด หลอดไฟสัญญาณ และรีเลย์หน่วงเวลา ติดตั้งส่วนควบคุมด้วย PLC และรีเลย์ ติดตั้งแมกเนติกคอนแทคเตอร์ และโอเวอร์โหลดรีเลย์ (2) จัดทำเอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติ ซึ่งประกอบด้วย (2.1) รายละเอียดของชุดฝึกปฏิบัติ (2.2) ใบขั้นตอนการทำงาน (Operation Sheet) (2.3) ใบสั่งงาน (Job Sheet) และ (2.4) ใบประเมินผล (Evaluation Sheet) จำนวน 5 งาน ได้แก่ (1) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง (2) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าตามลำดับแบบควบคุมด้วยมือ (3) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าตามลำดับแบบอัตโนมัติ (4) งานควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบ Reversing after stop และ (5) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ท-เคลด้า

6) จัดทำแบบทดสอบปฏิบัติ และแบบประเมินผล จำนวน 4 งาน คือ (1) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง (2) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าตามลำดับแบบควบคุมด้วยมือ (3) งานควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบ Reversing after stop และ (4) งานเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ท-เคลด้า

7) สร้างเครื่องมือสำหรับประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ได้แก่ แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติ ซึ่งเป็นแบบมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติ ด้านเอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติ และด้านการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติ โดยเครื่องมือดังกล่าวได้ผ่านตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดทำเอกสารประกอบชุดฝึก จำนวน 1 ท่าน และความเชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนเรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า และโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จำนวน 2 ท่าน

8) ประสานผู้เชี่ยวชาญที่มีคุณวุฒิทางการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาตรี หรือเป็นครู อาจารย์ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จำนวน 5 ท่าน เพื่อนัดวัดเวลา และสถานที่ในการประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติ โดยใช้เครื่องมือสำหรับประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติ

9) ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จำนวน 5 ท่าน มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และนำเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญไปปรับปรุงแก้ไขชุดฝึกปฏิบัติให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

10) ได้ชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และเอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติที่สมบูรณ์ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มเป้าหมายเพื่อหาประสิทธิภาพต่อไป

2.2 การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

1) ผู้วิจัยได้แนะนำเกี่ยวกับการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติที่จัดทำขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติ

2) ดำเนินการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

2.1) แบ่งผู้เรียนออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คน จำนวน 4 กลุ่ม และกลุ่มละ 2 คนจำนวน 1 กลุ่ม

2.2) ผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบสาธิตเพื่อสาธิตการต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ด้วยชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และสาธิตการเขียนแลตเตอร์ไคอะแกรมจำลองการทำงานของโปรแกรมก่อนอัปโหลดแลตเตอร์ไคอะแกรมลงใน PLC เพื่อรันมอเตอร์ไฟฟ้าให้ทำงาน

2.3) ผู้สอนแจกใบขั้นตอนการทำงานและใบสั่งงานให้แก่กลุ่ม โดยกำหนดให้แต่ละกลุ่มเขียนแลตเตอร์ไคอะแกรมลงในโปรแกรมจำลองเพื่อทดสอบการทำงาน กลุ่มที่จำลองการทำงานแล้วถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนดตามใบสั่งงาน ก็จะได้ไปต่อวงจรอินพุต วงจรเอาต์พุต และวงจรกำลัง ของชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยกำหนดเวลาที่ใช้ในการต่อวงจรกลุ่มละไม่เกิน 15 นาที เมื่อผู้สอนตรวจสอบความถูกต้องก็ให้ผู้เรียนอัปโหลดโปรแกรมลงใน PLC เพื่อใช้งานจริงในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

2.4) ดำเนินการตามข้อ 3) จนครบทั้ง 5 งาน ประกอบด้วย (1) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง (2) งานเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าตามลำดับขั้นแบบควบคุมด้วยมือ (3) งานเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าตามลำดับขั้นแบบอัตโนมัติ (4) งานควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบ Reversing after stop และ (5) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ท-เดลต้า

2.5) ผู้สอนใช้ใบประเมินผลในการตรวจใบสั่งงานแต่ละใบสั่งงานจนครบทั้ง 5 งาน ในแต่ละใบสั่งงานจะทำการประเมินผลทั้งหมด 5 ข้อ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล (E1)

2.6) ทดสอบปฏิบัติหลังเรียน เมื่อผู้เรียนได้ผ่านการฝึกปฏิบัติครบทุกหัวข้องานแล้วจึงทำการทดสอบปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จำนวน 4 งาน คือ (1) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง (2) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าตามลำดับขั้นแบบควบคุมด้วยมือ (3) งานควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบ Reversing after stop และ (4) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ท-เดลต้า ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากใบประเมินผลการทดสอบปฏิบัติ (E2)

2.7) นำผลที่ได้จากการฝึกปฏิบัติ และแบบทดสอบปฏิบัติมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 วิเคราะห์คุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยการเทียบค่าเฉลี่ยกับชั้นระดับคุณภาพ ดังนี้

ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่ 4.50-5.00 หมายถึง ดีมาก

ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่ 3.50-4.49 หมายถึง ดี

ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่ 2.50-3.49 หมายถึง พอใช้

ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่ 1.50-2.49 หมายถึง ปานกลาง

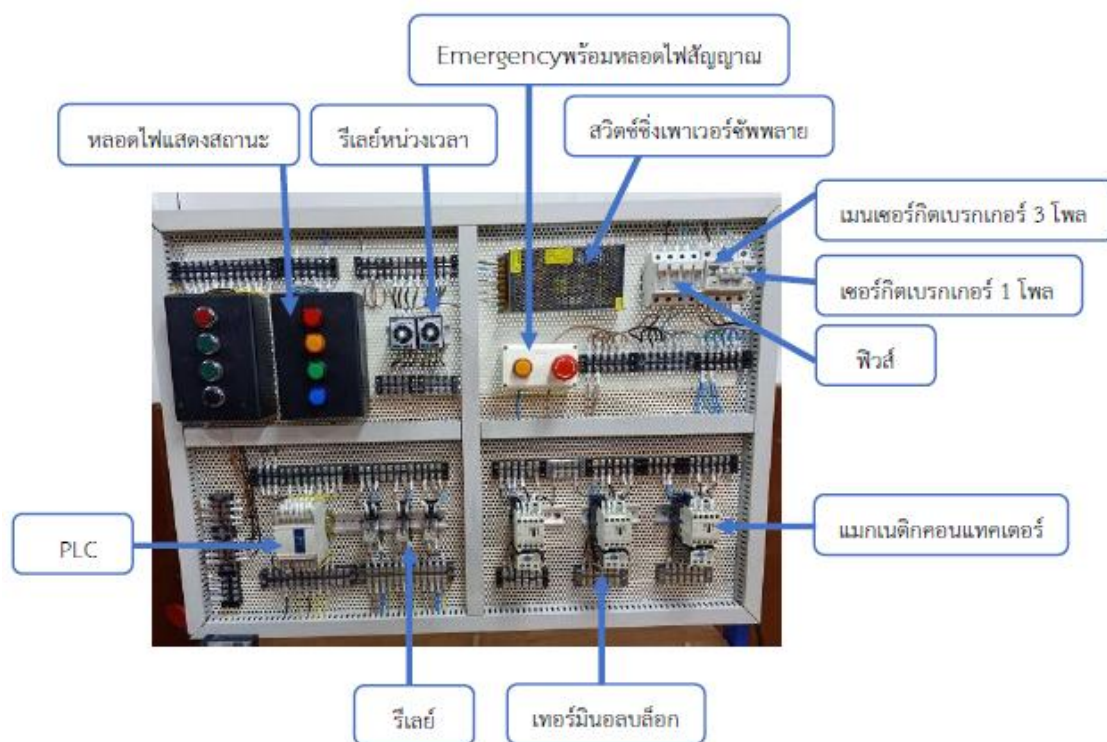
ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่ 1.00-1.49 หมายถึง ควรปรับปรุง

3.2 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยใช้สูตรการหาประสิทธิภาพของ (Promwong 2013) E_1 เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ (การฝึกปฏิบัติระหว่างเรียน) และ E_2 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้ในการทดสอบปฏิบัติ นำมาคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ โดยกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ด้านทักษะเท่ากับ 85/85

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย

1.1 ชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มีโครงสร้าง กว้าง 100 เซนติเมตร สูง 174 เซนติเมตร มีล้อเลื่อน 4 ล้อ และมีอุปกรณ์ประกอบ ดังแสดงในรูปที่ 3



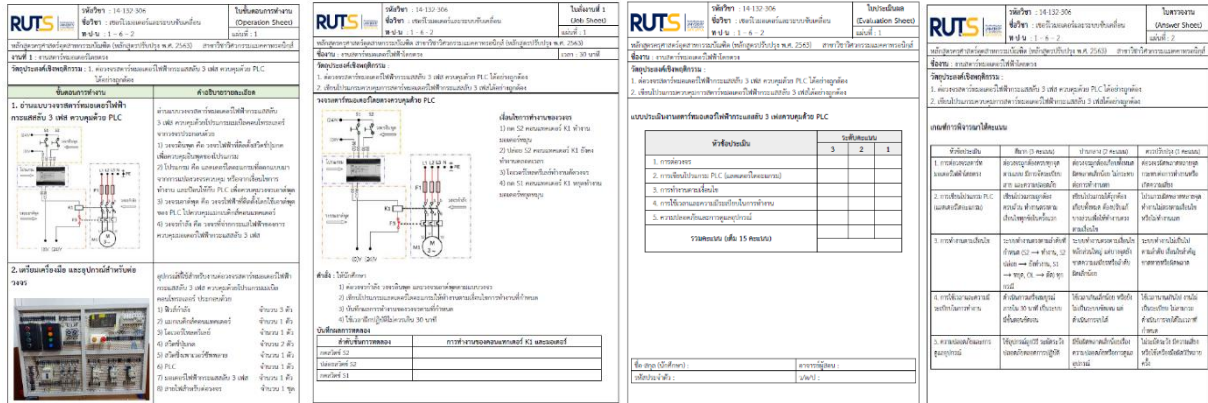
รูปที่ 3 ชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

1.2 เอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1) ส่วนที่ 1 รายละเอียดของชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จะประกอบด้วย (1) อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับชุดฝึกปฏิบัติ (2) สัญลักษณ์ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (3) การใช้งานชุดฝึกปฏิบัติ

2) ส่วนที่ 2 ใบขั้นตอนการทำงาน ให้ผู้เรียนใช้เป็นแนวทางในการฝึกปฏิบัติอย่างเป็นขั้นเป็นตอนไม่ให้เกิดความเสียหายทั้งแก่บุคคลและเครื่องมืออุปกรณ์ โดยรายละเอียดของใบขั้นตอนการทำงานแต่ละงานจะประกอบด้วย ขั้นตอนสำคัญในการปฏิบัติงานนั้น ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นงานโดยมีการเขียนคำอธิบายพร้อมภาพประกอบ การปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจนและกระชับ จำนวน 5 ใบขั้นตอนการทำงาน ได้แก่ (1) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง (2) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานตามลำดับแบบควบคุมด้วยมือ (3) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานตามลำดับแบบอัตโนมัติ (4) งานควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบ Reversing after stop และ (5) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ท-เดลต้า

3) ส่วนที่ 3 ใบสั่งงาน และใบประเมินผล โดยใบสั่งงานจะใช้เพื่อฝึกผู้เรียนให้มีสมรรถนะตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งรายละเอียดของใบสั่งงานจะมี แบบงาน คำสั่ง และเงื่อนไขต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานอย่างชัดเจน ส่วนใบประเมินผลจะต้องระบุเกณฑ์ให้ชัดเจนว่าสิ่งที่ผู้เรียนฝึกใช้ได้หรือไม่ได้อย่างไร จำนวน 5 ใบสั่งงาน และ 5 ใบประเมินผลตามหัวข้องานของใบขั้นตอนการทำงาน



รูปที่ 4 ตัวอย่างใบขั้นตอนการทำงาน ใบสั่งงาน และใบประเมินผล

1.3 คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ผลการประเมินคุณภาพตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน โดยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติ (n=5)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
ด้านการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติ			
1. ขนาดรูปร่างของชุดฝึกเหมาะสมกับการใช้งาน	4.60	0.55	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมในการเลือกใช้อุปกรณ์	4.80	0.45	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งอุปกรณ์	4.40	0.55	มาก
4. ความประณีตสวยงาม	4.20	0.84	มาก
5. ความเหมาะสมของชุดฝึกปฏิบัติโดยรวม	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมด้านการออกแบบ	4.52	0.59	มากที่สุด
ด้านเอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติ			
1. จำนวนใบขั้นตอนการทำงานครอบคลุมเนื้อหาชุดฝึกปฏิบัติ	4.80	0.45	มากที่สุด
2. ใบขั้นตอนการทำงานมีเนื้อหาถูกต้อง	4.80	0.45	มากที่สุด
3. ใบขั้นตอนการทำงานมีความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นตอนการทำงาน	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ความเหมาะสมของใบสั่งงานกับเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานชุดฝึกปฏิบัติ	4.40	0.55	มาก
5. รูปแบบและรายละเอียดของใบสั่งงานครบถ้วนสมบูรณ์	4.60	0.55	มากที่สุด
6. ความเหมาะสมโดยรวมของเอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติ	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมด้านเอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติ	4.63	0.51	มากที่สุด
ด้านการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติ			
1. มีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน	4.80	0.45	มากที่สุด
2. ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์	4.80	0.45	มากที่สุด
3. ความสะดวกในการใช้งาน	4.60	0.89	มากที่สุด
4. ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4.40	0.55	มาก
เฉลี่ยรวมด้านการใช้งาน	4.65	0.58	มากที่สุด
ภาพรวมคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติ	4.60	0.55	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$) เมื่อพิจารณาารายด้านพบว่า ทั้ง 3 ด้านมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยมากไปน้อย ดังนี้ ด้านการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติ ($\bar{X} = 4.65$) ด้านเอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติ ($\bar{X} = 4.63$) และด้านการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติ ($\bar{X} = 4.52$)

2. ผลการหาประสิทธิภาพการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

เมื่อนำชุดฝึกปฏิบัติไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยการฝึกปฏิบัติงานระหว่างเรียนตามใบสั่งงานแล้วเก็บคะแนนตามใบประเมินผลระหว่างเรียนแต่ละหัวข้องาน และการทดสอบปฏิบัติ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพด้านทักษะ รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลคะแนนฝึกปฏิบัติระหว่างเรียนและทดสอบปฏิบัติ (n = 14)

รายการ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์มาตรฐาน
คะแนนฝึกปฏิบัติระหว่างเรียน (E_1)	75	65.57	87.43	85
คะแนนทดสอบปฏิบัติ (E_2)	60	51.07	85.12	85

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินตามสภาพจริงคะแนนฝึกปฏิบัติระหว่างเรียนที่ทำการประเมินผลจากการปฏิบัติตามใบสั่งงาน (E_1) ของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 14 คน ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 65.57 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.43 ส่วนคะแนนจากการประเมินผลหลังเรียนด้วยการทดสอบปฏิบัติ (E_2) ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 51.07 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.12

นอกจากนี้ผลการประเมินตามสภาพจริง พบว่า ใบสั่งงานที่ 1 งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง เป็นงานที่นักศึกษาทุกคนทำได้ เนื่องจากวงจรไม่ซับซ้อน และอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อวงจรมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับวงจรอื่น ๆ ส่วนใบสั่งงานที่ 5 งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ท-เดลต้า เป็นงานที่นักศึกษาทำแล้วเกิดข้อผิดพลาดมากที่สุด เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อวงจรมีจำนวนเยอะกว่าทุกวงจร เมื่อเทียบกับเวลาที่กำหนดให้นักศึกษาฝึกปฏิบัติ จึงทำปรับปรุงโดยกำหนดเวลาที่ใช้สำหรับการฝึกปฏิบัติระหว่างเรียนและการสอบปฏิบัติในงานนี้ให้เพิ่มขึ้น

3. ผลการหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน (n=14)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ใบขั้นตอนการทำงานใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและชัดเจน	4.50	0.50	มากที่สุด
2. ใบขั้นตอนการทำงานมีรูปภาพสอดคล้องกับคำอธิบาย	4.43	0.49	มาก
3. ใบขั้นตอนการทำงานเรียงลำดับจากง่ายไปยาก	4.43	0.41	มาก
4. ใบสั่งงานใช้คำสั่งที่เข้าใจง่ายและชัดเจน	4.79	0.49	มากที่สุด
5. ใบสั่งงานกำหนดเวลาเหมาะสมกับการฝึกปฏิบัติ	4.43	0.41	มาก
6. ความรู้และทักษะนำไปประยุกต์ใช้ในงานอาชีพได้	4.79	0.41	มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน	4.79	0.41	มากที่สุด
8. กิจกรรมการฝึกปฏิบัติมีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม	4.50	0.50	มากที่สุด
9. ชุดฝึกปฏิบัติช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาในด้านทักษะ	4.64	0.48	มากที่สุด
10. ชุดฝึกปฏิบัติมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	4.50	0.50	มากที่สุด
ภาพรวม	4.58	0.49	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.58$) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ หัวข้อใบสั่งงานใช้คำสั่งที่เข้าใจง่ายและชัดเจน หัวข้อความรู้และทักษะนำไปประยุกต์ใช้ในงานอาชีพได้ และหัวข้อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.79$) และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเรียงลำดับเป็นรายข้อได้ดังนี้ ชุดฝึกปฏิบัติช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านทักษะ ($\bar{X} = 4.64$) ชุดฝึกปฏิบัติมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ($\bar{X} = 4.50$) ใบขั้นตอนการทำงานใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและชัดเจน ($\bar{X} = 4.50$) กิจกรรมการฝึกปฏิบัติมีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม ($\bar{X} = 4.50$) ใบขั้นตอนการทำงานมีรูปภาพสอดคล้องกับคำอธิบาย ($\bar{X} = 4.43$) ใบขั้นตอนการทำงานเรียงลำดับจากง่ายไปยาก ($\bar{X} = 4.43$) และใบสั่งงานกำหนดเวลาเหมาะสมกับการฝึกปฏิบัติ ($\bar{X} = 4.43$) ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์สามารถสรุปและอภิปรายผลในประเด็นที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ผลการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างชุดฝึกปฏิบัติ โดยชุดฝึกปฏิบัติที่ได้สร้างขึ้นประกอบด้วย (1) ชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และ (2) เอกสารประกอบการชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 รายละเอียดของชุดฝึกปฏิบัติงาน จะประกอบด้วย (1) อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับชุดฝึกปฏิบัติ (2) สัญลักษณ์ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า และ (3) การใช้งานชุดฝึกปฏิบัติ ส่วนที่ 2 ใบขั้นตอนการทำงาน จำนวน 5 ใบขั้นตอนการทำงาน ได้แก่ (1) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง (2) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานตามลำดับแบบควบคุมด้วยมือ (3) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานตามลำดับแบบอัตโนมัติ (4) งานควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบ Reversing after stop และ (5) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ท-เดลต้า และส่วนที่ 3 ใบสั่งงาน และใบประเมินผล โดยใบสั่งงานจะใช้เพื่อฝึกผู้เรียนให้มีสมรรถนะตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ ซึ่งรายละเอียดของใบสั่งงานจะมี แบบงาน คำสั่ง และเงื่อนไขต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานอย่างชัดเจน ส่วนใบประเมินผลจะต้องระบุเกณฑ์ให้ชัดเจนว่าสิ่งที่ผู้เรียนฝึกใช้ได้หรือไม่ได้อย่างไร จำนวน 5 ใบสั่งงาน และ 5 ใบประเมินผลตามหัวข้องานของใบขั้นตอนการทำงาน อีกทั้งผู้วิจัยได้จัดทำแบบทดสอบปฏิบัติ และใบประเมินผล จำนวน 4 งาน คือ (1) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง (2) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าตามลำดับแบบควบคุมด้วยมือ (3) งานควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบ Reversing after stop และ (4) งานสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ท-เดลต้า ที่ผ่านการศึกษาและวิเคราะห์อย่างเป็นขั้นตอน จึงทำให้ชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์มีผลการประเมินคุณภาพตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ด้านมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยมากไปน้อย ดังนี้ ด้านการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติ ($\bar{X} = 4.65$) ด้านเอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติ ($\bar{X} = 4.63$) และด้านการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติ ($\bar{X} = 4.52$) ทั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ (Phanprayoon 2020) ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วย Programmable Logic Controller สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีที่ 2 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพเขียงราย พบว่า ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วย Programmable Logic Controller ที่สร้างขึ้น จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เพราะในการจัดทำได้มีการวางแผนการปฏิบัติงานเป็นขั้นตอนชัดเจน ตั้งแต่การออกแบบโครงสร้าง การเลือกใช้วัสดุที่คำนึงถึงความคงทน และแข็งแรง หาซื้อง่าย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (Wangworawong et al., 2024) ที่ได้ทำการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมพีแอลซีควบคุมระบบนิวเมติกส์ โดยผลการประเมินชุดฝึกปฏิบัติ และเอกสารประกอบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (Promseenong et al., 2024) ที่ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติระบบทำความเย็นและปรับอากาศแบบแยกส่วนตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ มีผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.59$)

2. ผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์พบว่า ผู้เรียน จำนวน 14 คน มีคะแนนเฉลี่ยจากปฏิบัติระหว่างเรียนโดยการทำให้สัญญาณ 65.57 คะแนน จากคะแนนเต็ม 75 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.43 และมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบปฏิบัติ 51.07 คะแนน จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.12 แสดงว่าชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพด้านทักษะเท่ากับ 87.43/85.12 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดด้านทักษะเท่ากับ 85/85 แสดงให้เห็นว่าชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์เป็นไปตามเกณฑ์ด้านทักษะ เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์งานแล้วนำหัวข้องานแต่ละหัวข้อมาวิเคราะห์ความสามารถเพื่อจัดทำใบขั้นตอนการทำงานที่ให้ผู้เรียนใช้ในการฝึกปฏิบัติอย่างเป็นขั้นเป็นตอน พร้อมมีรูปภาพประกอบแต่ละขั้นตอนการจัดเรียงหัวข้องานจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกปฏิบัติจากงานที่ง่ายไปสู่งานที่ยาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (Angsopa et al., 2024) ที่ได้ทำการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนในโครงการความร่วมมือทางวิชาการ พบว่า ประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติการเท่ากับ 86.70/88.40 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดมากกว่าหรือเท่ากับ 85/85 อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Wangworawong et al., 2024) ที่ได้ทำการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมพีแอลซีควบคุมระบบนิวเมติกส์พบว่า การเรียนการสอนปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมพีแอลซีควบคุมระบบนิวเมติกส์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.96/82.40 เพราะว่าชุดฝึกปฏิบัติได้มีการวิเคราะห์งาน (job analysis) โดยแบ่งเป็นรายการย่อย ๆ จำนวน 4 งาน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกปฏิบัติทักษะงานเขียนโปรแกรมโดยเริ่มจากงานที่ง่ายไปสู่งานที่ยาก และผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติเป็นลำดับขั้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Srithongboriboon 2020) ผลการวิจัยพบว่าค่าประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะปฏิบัติมีค่าเท่ากับ 81.02/80.08 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 80/80 เนื่องจากชุดฝึกทักษะปฏิบัติได้สร้างตามขั้นตอนของนักการศึกษาอย่างเป็นระบบมีการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทุกขั้นตอน สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Keawasa et al., 2024) ได้ทำการพัฒนาเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการทดลองผ่านระบบอินเทอร์เน็ต วิชาเครื่องมือและการวัดไฟฟ้าหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร พบว่า ผลคะแนนของนักศึกษาที่วัดได้จากการปฏิบัติในระหว่างเรียน (E1) และผลที่ได้หลังจากเรียน (E2) ผ่านเกณฑ์ 80/80 ของจำนวนนักศึกษาทั้งหมดที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Na Ranong et al., 2021) ได้สร้างชุดฝึกปฏิบัติระบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ พบว่า ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติระบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติแสดงค่าผลลัพธ์จากการทดสอบประสิทธิภาพ โดยกำหนดตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพอยู่ที่ 80/80 พบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ E1 เท่ากับ 70.49 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ E2 เท่ากับ 81.86 นอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบว่า ชุดฝึกปฏิบัติงานที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน และผู้เรียนมีส่วนร่วมในการฝึกปฏิบัติ อีกทั้งชุดฝึกปฏิบัติงานใบขั้นตอนการทำงาน ใบสั่งงาน มีความสอดคล้องกับลักษณะงานจริง ทำให้กระตุ้นความสนใจและสร้างแรงจูงใจในการฝึกทักษะของผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และมีทักษะในการเขียนแลดเดอร์โคเดแกรมของ PLC ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส มากยิ่งขึ้นแต่อย่างไรก็ตาม ในการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติจำเป็นต้องมีชุดฝึกปฏิบัติที่เพียงพอสำหรับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา จากการลงมือปฏิบัติ เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ และทักษะอาชีพ

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ หัวข้อใบสั่งงานใช้คำสั่งที่เข้าใจง่ายและชัดเจน หัวข้อความรู้และทักษะนำไปประยุกต์ใช้ในงานอาชีพได้ และหัวข้อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเรียงลำดับเป็นรายข้อได้ดังนี้ ชุดฝึกปฏิบัติช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านทักษะชุดฝึกปฏิบัติมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ใบขั้นตอนการทำงานใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและชัดเจน กิจกรรมการฝึกปฏิบัติมีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม ใบขั้นตอนการทำงานมีรูปภาพสอดคล้องกับคำอธิบาย ใบขั้นตอนการทำงานเรียงลำดับจากง่ายไปยาก และใบสั่งงานกำหนดเวลาเหมาะสมกับการฝึกปฏิบัติ ตามลำดับ สามารถอธิบายได้ว่าการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานใบขั้นตอนการทำงาน ที่มีรายละเอียดขั้นตอนการทำงานครบถ้วน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะการควบคุม

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส โดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Angsopa et al., 2024) กล่าวว่า ความพึงพอใจของผู้เรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นภาพรวมอยู่ในระดับมาก เหมาะสมกับระดับและความสามารถของผู้เรียน และสามารถอธิบายได้ว่าการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานโดยผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Promseenong et al., 2024) กล่าวว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนการสอนจากการใช้ชุดฝึกปฏิบัติระบบทำความเย็นและปรับอากาศแบบแยกส่วนตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ อยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากชุดฝึกปฏิบัติผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและด้านการใช้งาน อยู่ในระดับดีมาก

ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาเอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติให้ครอบคลุมประเภทของมอเตอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมจริงให้ครบทุกชนิด
2. พัฒนาชุดฝึกปฏิบัติที่ผู้เรียนสามารถฝึกสมรรถนะในงานติดตั้งและประกอบอุปกรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้งานจริงในงานอุตสาหกรรมให้ครบทุกชนิด

เอกสารอ้างอิง

- Angsopa, S., Juikumjorn, K., Pikooltong, T., & Vigromsakulwong, W. (2024). The development of laboratory exercises for the fundamentals of microcontroller programming and basic robotics control for students in academic collaboration program. *Journal of Technical and Engineering Education*, 15(3), 58-69. <https://so10.tci-thaijo.org/index.php/FTEJournal/article/view/1209/783> [in Thai]
- Keawasa, S., Jongruthum, P., Wongsuriya, P., Chara, P., Suntonkanokpong, W., & Pomsuwancharoen, N. (2024). Experimental laboratory set via internet system on electrical instrument and measurement course of higher vocational certificate program of Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus. *Journal of Industrial Education*. 23(2), 88-99. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JIE/article/view/254259/172729> [in Thai]
- Na Ranong, C., Botmatra, C., & Faichokchai, K. (2021). Training set for automatic conveyor belt system. *Institute of Vocational Education Southern Region 3 Journal*. 1(2), 109-116. <https://so08.tci-thaijo.org/index.php/KRIS/article/view/3207/2323> [in Thai]
- Phanprayoon, T. (2020). Construction and efficiency verification of the experimental set for electric motor controller with programmable logic controller for the second years students in higher vocational certificate level, electric power division, Chiangrai industrial and community education college. *Journal of Teacher Professional Development*, 1 (1), 75-85. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/withayajamjournal/article/view/240042/163812> [in Thai]
- Promseenong, P., Sema, P., & Chuenchomnakjad, S. (2024). Creation and efficiency determination of a modular refrigeration and air conditioning practice set according to the national skilled labor standards. *Journal of Technical and Engineering Education*, 15(1), 29-39. <https://so10.tci-thaijo.org/index.php/FTEJournal/article/view/887/696> [in Thai]
- Promwong, C. (2013). Developmental testing of media and instructional package. *Silpakorn Education Research Journal*, 5(1), 7-20. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/suedureasearchjournal/article/view/28419> [in Thai]
- Srithongboriboon, C., (2020). The development of the basic mechanical tool skill practical set in cutting, grinding, and drilling with the MIAP model teaching procedure for the vocational certificate students. *Silpakorn Education Research Journal*, 12(1), 281-296. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/suedureasearchjournal/article/view/238672/167569> [in Thai]

การอ้างอิงบทความนี้

- APA Tanausavaphol, T. & Prathoomthong, R. (2025). Performance Evaluation of Electric Motor Control Practical Training using Programmable Logic Controller (PLC) *Journal of Technical and Engineering Education*, 16(3), 12-24 Thaijo. <https://doi.org/10.14416/j.ftee.2025.12.02>
- MLA Tanausavaphol, Tanat & Prathoomthong, Ruthai “Performance Evaluation of Electric Motor Control Practical Training using Programmable Logic Controller (PLC)” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 16, no. 3, Dec. 2025, pp. 12-24, <https://doi.org/10.14416/j.ftee.2025.12.02>. Thaijo.
- ISO690 T. Tanausavaphol, & R. Prathoomthong “Performance Evaluation of Electric Motor Control Practical Training using Programmable Logic Controller (PLC)” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 16, no. 3, pp. 12-24, Dec. 2025, doi: <https://doi.org/10.14416/j.ftee.2025.12.02>.