Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus
Vol.37 No.3 September - December 2026, pp. 289-307

Research Article

The Development of a 3-Phase Electric Motor Control Training Set using Backward Design Teaching Method for Vocational Certificate Students

Chaiyun Haewchin*
M.S.Tech.Ed. (Electrical Engineering), Master student
Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi
*Corresponding author: chaiyun916@gmail.com

Received: May 8, 2026/ **Revised:** August 24, 2026/ **Accepted:** September 15, 2026

Abstract

This research aimed to (1) design and develop a three-phase electric motor control training kit, (2) determine its efficiency, (3) compare students' learning achievement before and after learning, and (4) assess students' practical skills after learning with the training kit. The sample consisted of 22 third-year Electrical Power students at Rayong Technical College. The research instruments included the training kit developed based on the Backward Design approach, lesson plans, experimental worksheets, a learning achievement test, a practical skills assessment, and a satisfaction questionnaire. The research employed a one-group pretest-posttest experimental design. Data were analyzed using percentage, mean, standard deviation, and t-test. The results showed that the training kit was technically accurate and appropriate, with an IOC ranging from 0.80 to 1.00. Its efficiency was E_1/E_2 = 87.95/85.61, exceeding the established criterion of 80/80. Students' post-test scores were significantly higher than their pre-test scores at the .05 level, with a t-value of 28.61. Students also demonstrated improved practical skills in circuit inspection, fault diagnosis, problem solving, and explaining appropriate corrective procedures. Overall, students' satisfaction with the training kit was at a high level, with the highest mean score in attitudes and benefits gained ($\overline{X}$ = 4.61, S.D. = 0.51), while content and learning sequence had the lowest mean score ($\overline{X}$ = 4.35, S.D. = 0.65).

Keywords: Electric motor control training kit, 3-phase electric motor, Backward design teaching method, Training kit effectiveness, Learning outcomes

วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ปีที่ 37 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน - ธันวาคม 2569, หน้า 289-307

บทความวิจัย

การพัฒนาชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ชัยยันต์ แห้วชิน
ค.อ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), นักศึกษามหาบัณฑิต
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
*ผู้ประสานงาน: chaiyun916@gmail.com

วันรับบทความ: 8 พฤษภาคม 2569/ **วันแก้ไขบทความ:** 24 สิงหาคม 2569/ **วันตอบรับบทความ:** 15 กันยายน 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบ และสร้าง 2) เพื่อหาประสิทธิภาพ 3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึก 4. เพื่อศึกษาทักษะเชิงปฏิบัติหลังเรียนด้วยชุดฝึก โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคระยอง จำนวน 22 คน เครื่องมือที่ได้จากการวิจัยนี้ คือ ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบงานการทดลอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบประเมินทักษะปฏิบัติ และแบบสอบถามความพึงพอใจ เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง ขั้นตอนการพัฒนาและสร้างชุดฝึก ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การศึกษาความต้องการของตลาดแรงงานและวิเคราะห์หลักสูตร 2) การออกแบบโครงสร้างชุดฝึกและแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Backward Design 3) การสร้างชุดฝึกปฏิบัติพร้อมใบงาน และ 4) การประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ t-test ชุดฝึกมีความถูกต้องแม่นยำทางเทคนิค และมีใบงานที่สอดคล้องกับหลักการสอนแบบย้อนกลับอย่างเหมาะสม ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนได้จริง ชุดฝึกมีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 87.95/85.61 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า t-test เท่ากับ 28.61 ทักษะเชิงปฏิบัติของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้นจากการสวมบทบาทเป็นผู้ตรวจสอบวงจร ซึ่งสะท้อนผ่านความสามารถในการตรวจเช็คพิจารณาจากการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าเมื่อระบบเกิดสภาวะผิดปกติของวงจรก่อนการจ่ายไฟจริง อธิบายสาเหตุของข้อผิดพลาด แนวทางการแก้ไขได้อย่างมีหลักวิชาการ ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกจากความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้ชุดฝึก พบว่าด้านที่ 4 ด้านเจตคติ และประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\overline{X}$ = 4.61, S.D. = 0.51) ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหา และลำดับการเรียนรู้ ถึงอยู่ในระดับมากแต่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในกลุ่ม ($\overline{X}$ = 4.35, S.D. = 0.65)

คำสำคัญ: ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส วิธีการสอนแบบย้อนกลับ ประสิทธิภาพชุดฝึก ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บทนำ

การจัดการอาชีวศึกษาและอุตสาหกรรม 4.0 เป็นการปรับเปลี่ยนการผลิตกำลังคนให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีดิจิทัล ระบบอัตโนมัติ และปัญญาประดิษฐ์ โดยเน้นการจัดการศึกษาระบบทวิภาคีร่วมกับภาคเอกชน เพื่อพัฒนาทักษะฝีมือแรงงานให้ตรงกับความต้องการจริงของภาคการผลิตสมัยใหม่ ทั้งในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ไปจนถึงนักเทคโนโลยีในระดับปริญญาตรีสายปฏิบัติการ ทั้งในรูปแบบหลักสูตรระยะยาว และการเพิ่มพูนทักษะระยะสั้น (Up-skilling/Re-skilling) โดยเป้าหมายสูงสุดคือการสร้างผู้สำเร็จการศึกษาที่มีคุณภาพ มีทักษะวิชาชีพที่ตรงกับความต้องการของตลาดแรงงานและสถานประกอบการยุคอุตสาหกรรม 4.0 (Pandam, 2021) การจัดการเรียนรู้จึงต้องมุ่งเน้นการปฏิบัติจริง (Practice-based Learning) ควบคู่ไปกับการยกระดับทักษะทางเทคโนโลยี และกระบวนการคิดวิเคราะห์ เพื่อให้ผู้เรียนพร้อมเข้าสู่ระบบการจ้างงาน และสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ ที่สอดรับกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ (National Economic and Social Development Council, 2022).

จากผลการนิเทศติดตามนักศึกษาฝึกงานและเสียงสะท้อนจากสถานประกอบการในโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าทักษะในรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ที่ภาคอุตสาหกรรมต้องการ คือ ความสามารถในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส การอ่านวงจรควบคุมจริง การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าเมื่อเกิดข้อขัดข้อง และความปลอดภัยในการทำงานกับระบบไฟฟ้ากำลัง ส่งผลให้ทักษะความเชี่ยวชาญด้านแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า และการควบคุมวงจรมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส กลายเป็นสมรรถนะพื้นฐาน และเป็นเกณฑ์สำคัญที่สถานประกอบการใช้พิจารณารับบุคคลเข้าทำงาน ดังนั้น การบ่มเพาะนักศึกษาสาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลังให้มีความชำนาญในด้านนี้ จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มโอกาสการมีงานทำของผู้เรียน

จากการศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า พบข้อจำกัดสำคัญ 2 ประการหลัก 1.ข้อจำกัดด้านครุภัณฑ์ จากงานวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการบริหารสถานศึกษาอาชีวศึกษา ประเภทช่างอุตสาหกรรม ภายใต้นโยบายประเทศไทย 4.0 โดย Kojuantiew (2023). ระบุถึงข้อจำกัดในการบริหารจัดการครุภัณฑ์ที่ไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และเสนอให้ใช้วิธีระดมทรัพยากรหรือสร้างพันธมิตรกับภาคเอกชน ปัญหานี้ทำให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการฝึกฝนทักษะอย่างรอบด้าน 2. ข้อจำกัดด้านกระบวนการเรียนรู้ จากการศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนและการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าในปีการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ และทักษะการไล่วงจรแก้ไขปัญหาของผู้เรียนอยู่ในระดับที่ไม่น่าพึงพอใจ สาเหตุสำคัญเกิดจากการจัดการเรียนรู้รูปแบบเดิมที่ใช้อุปกรณ์และชุดฝึกปฏิบัติแบบดั้งเดิม ซึ่งมีข้อจำกัดด้านการจัดวางอุปกรณ์ที่สลับซับซ้อน มุ่งเน้นเพียงให้ผู้เรียนต่อสายตามผังวงจรให้สำเร็จตามใบงาน โดยขาดกระบวนการฝึกทักษะการตรวจสอบความถูกต้อง (Inspection) และการวิเคราะห์จุดเสีย (Troubleshooting) ส่งผลให้เมื่อเกิดสภาวะวงจรผิดปกติ เช่น มอเตอร์ไม่หมุน หรือ อุปกรณ์ป้องกันตัดการทำงาน ผู้เรียนไม่สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุและแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นทักษะทางวิศวกรรมที่ตลาดแรงงานยุคปัจจุบันต้องการ อีกทั้งผู้สอนจำเป็นต้องใช้เวลาในการตรวจสอบความถูกต้องของวงจรอย่างละเอียดเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ และความเสียหายต่ออุปกรณ์ เพราะระบบเหล่านี้มักทำงานกับกระแสไฟฟ้าที่สูง และแรงดันไฟฟ้าที่อันตราย การตรวจสอบเชิงลึกช่วยป้องกันความเสียหายร้ายแรงต่อเครื่องจักร และตัวผู้เรียนนั้นเอง ส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้เกิดคอขวด

เพื่อก้าวข้ามข้อจำกัดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้นำกรอบแนวคิด Understanding by Design (UbD) ซึ่งถูกนำเสนอโดยนักการศึกษาชาวอเมริกันสองคนคือ แกรนท์ วิกกินส์ (Grant Wiggins) และ เจย์ แมคไทจ์ (Jay McTighe) หรือที่เรียกว่าการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design) (Wiggins & McTighe, 2005) มาใช้เป็นกรอบในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเริ่มต้นจากเป้าหมายหรือสมรรถนะที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเป็นตัวตั้ง แล้วจึงพัฒนาแนวทางการวัดประเมินผล และกิจกรรมการเรียนรู้ ควบคู่ไปกับการพัฒนา ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ที่ไม่เพียงแต่เป็นเครื่องมือจำลองสถานการณ์จริง แต่ยังออกแบบให้ผู้เรียนเปลี่ยนบทบาทจากผู้ต่อวงจรตามคำสั่ง มาเป็น ผู้ตรวจสอบวงจร และวิเคราะห์ความปลอดภัยของระบบก่อนที่จะเริ่มทำงาน ร่วมด้วย ซึ่งจะช่วยสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และความคิดเชิงระบบตามมาตรฐานความปลอดภัย ก่อนออกสู่สถานประกอบการจริง

ดังนั้น ด้วยเหตุผล และความจำเป็นข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยใช้วิธีการสอนแบบย้อนกลับ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) เพื่อเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่ช่วยยกระดับการเรียนการสอนด้านอาชีวศึกษาให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ช่วยให้นักศึกษามีทักษะวิชาชีพที่เข้มแข็ง ปฏิบัติงานได้จริงตามมาตรฐานสากล และพร้อมที่จะก้าวสู่ตลาดแรงงานในฐานะกำลังคนที่มีคุณภาพ และเป็นที่ต้องการของสถานประกอบการอย่างแท้จริง

วัตถุประสงค์การวิจัย

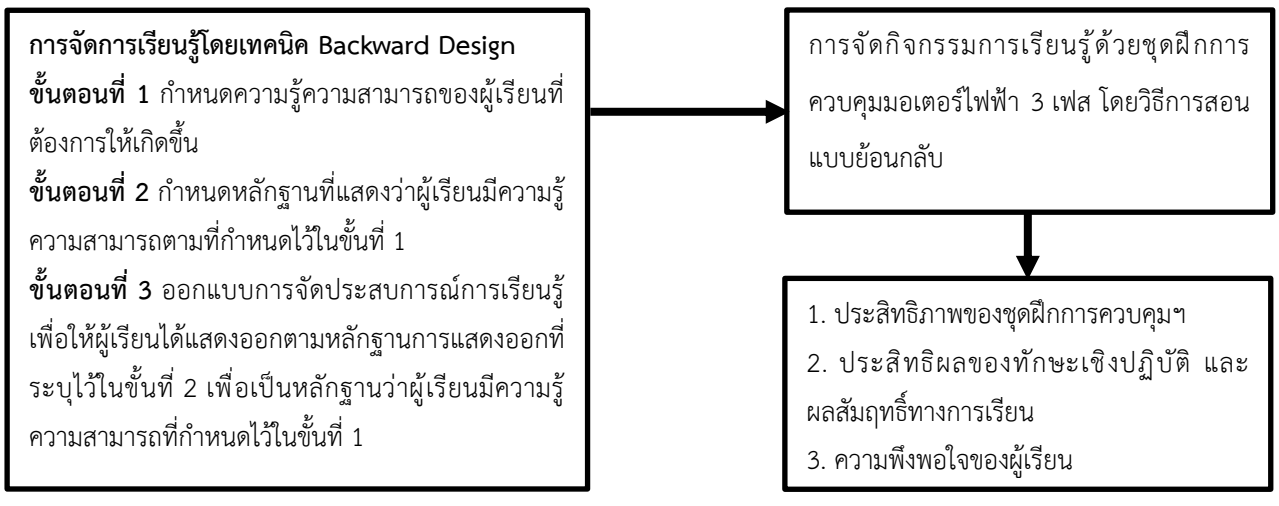
1. เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกที่พัฒนาขึ้น
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึก
4. เพื่อศึกษาทักษะเชิงปฏิบัติของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดฝึก
5. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้ชุดฝึก

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัยครั้งนี้ ดังภาพประกอบ 1

ภาพประกอบ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย



ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้าง และหาประสิทธิภาพของชุดการสอนการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส วิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1. ด้านเนื้อหา เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการวิจัย ใช้เนื้อหาเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส เป็น หัวข้อหนึ่งภายในรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตร วิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2567 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มี ทั้งหมด 4 ใบงาน

2. ด้านกลุ่มเป้าหมาย งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาผลการใช้ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคระยอง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568

3. ด้านเครื่องมือวิจัย แบบสอบถามความพึงพอใจ ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ประกอบไปด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ 2. ใบงานการทดลอง 3. ใบงานผู้ตรวจสอบวงจร 4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 5. ชุดทดลอง 6.แบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน

4. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น (Independent Variable) ได้แก่ กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนโดยใช้ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่ ทักษะทักษะเชิงปฏิบัติของผู้เรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง และการพัฒนา (Research and Development) โดยมีรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบ กลุ่มเดียววัดผลก่อน และหลังการทดลอง (One-Group Pretest–Posttest Design) รูปแบบเชิงทดลองนี้ไม่มีกลุ่มควบคุม จึงอาจมีปัจจัยแทรกซ้อนอื่นที่ส่งผลต่อคะแนนของผู้เรียนได้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา และหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อน และหลังการใช้ชุดฝึก โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design) เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

2. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคระยอง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวนทั้งสิ้น 4 กลุ่ม รวม 78 คน

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคระยอง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 22 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นกลุ่มที่เรียนเนื้อหาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสตามแผนการจัดการเรียนการสอน และเป็นกลุ่มเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบการเรียนการสอนในรายวิชา (Worakham, 2023)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ประกอบด้วยแผงชุดฝึก หนังสือเรียน ใบงานการทดลอง ใบงานผู้ตรวจสอบวงจร และแผนการจัดการเรียนรู้ตามวิธีการสอนแบบย้อนกลับ 3 ขั้นตอนดังนี้ (Khaemmani, 2017)

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดความรู้ความสามารถของผู้เรียนที่ต้องการให้เกิดขึ้น ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ตามแนวคิดการออกแบบย้อนกลับ (Backward Design)

(1) วิเคราะห์ความต้องการอุตสาหกรรม ศึกษาหลักสูตร ปวช. สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลังร่วมกับสมรรถนะที่สถานประกอบการในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ต้องการ เพื่อกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้กำหนดเป้าหมาย และผลลัพธ์การเรียนรู้ออกเป็น 3 ระดับ เพื่อให้ครอบคลุมทั้งด้านพุทธิปัญญา ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ ดังนี้

(2) ความรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนคุ้นเคย (Worth to be familiar with) มุ่งเน้นการสร้างองค์ความรู้พื้นฐาน และเจตคติเชิงความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า โดยผู้เรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้าง และสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส เข้าใจหลักการทำงานพื้นฐานของการควบคุมมอเตอร์ ตลอดจนตระหนัก และปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูงในห้องปฏิบัติการเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ

(3) สิ่งสำคัญที่ผู้เรียนต้องรู้ และปฏิบัติได้ (Important to know and do) มุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะเชิงวิชาชีพด้านทักษะการต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ที่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงในภาคอุตสาหกรรม การเลือกใช้อุปกรณ์ โดยผู้เรียนสามารถต่อวงจรควบคุม และวงจรกำลังสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ในรูปแบบต่างๆ ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น การควบคุมแบบทำงานโดยตรง (Direct On Line: DOL), การควบคุมกลับทางหมุน (Forward/Reverse), การสตาร์ทแบบสตาร์-เดลต้า (Star-Delta Starter) และการสตาร์ทแบบเรียงลำดับ (Sequential Start) สามารถคำนวณ และเลือกขนาดพิกัดอุปกรณ์ควบคุมให้เหมาะสมกับโหลด เช่น Magnetic Contactor, Overload Relay และ Circuit Breaker ตลอดจนวิเคราะห์ และประเมินอันตรายที่อาจเกิดจากการต่อวงจรหรือการควบคุมที่ผิดพลาดได้

(4) ความรู้ที่คงทน และสมรรถนะสำคัญ (Enduring Understanding) มุ่งเน้นความเข้าใจเชิงลึก และทักษะติดตัวที่นำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างยั่งยืน ได้แก่ สมรรถนะในการวิเคราะห์ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ตามโจทย์หรือสถานการณ์ปัญหาเชิงอุตสาหกรรม การตัดสินใจเลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และเป็นไปตามมาตรฐานวิศวกรรม รวมทั้งความตระหนักเชิงวิชาชีพเกี่ยวกับความเสี่ยง และอันตรายจากการทำงานที่ผิดพลาด เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Troubleshooting) และสามารถปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัย

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดหลักฐานที่แสดงว่าผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถตามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 ร่างหลักฐานการเรียนรู้ที่แสดงว่าผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจอย่างแท้จริง และเป็นหลักฐานที่ยอมรับได้ว่าผู้เรียนมีความรู้ ดังนี้

(1) การประเมินทักษะเชิงปฏิบัติ ใบงานผู้ตรวจสอบ (Inspector Sheet) พัฒนาเกณฑ์การตรวจสอบความปลอดภัยก่อนจ่ายไฟจริง ให้ผู้เรียนใช้ตรวจเช็คความแน่นหนา จุดต่อสาย และสภาวะลัดวงจรด้วยตนเอง เพื่อลดภาระการตรวจเชิงลึกของผู้สอน และสร้างความตระหนักด้านความปลอดภัย ใช้เกณฑ์การให้คะแนนของการใช้เครื่องมือ และประเมินทักษะ แบบ Rubric Score

(2) ใบงานที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL (Direct On Line) ผู้เรียนอธิบายหลักการทำงาน และวงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบต่อตรง (DOL) ได้อย่างถูกต้อง, ผู้เรียนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ และต่อวงจรกำลังและวงจรควบคุมได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย, ผู้เรียนสวมบทบาทเป็นผู้ตรวจสอบวงจร (Inspector) เช็คความปลอดภัย และความถูกต้องก่อนจ่ายไฟจริง

(3) ใบงานที่ 2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ผู้เรียนอธิบายหลักการสลับเฟสระบบไฟฟ้า 3 เฟส (สลับสาย 2 ใน 3 สาย) เพื่อเปลี่ยนทิศทางการหมุน, ผู้เรียนสามารถต่อวงจรควบคุมทิศทางหมุนพร้อมระบบ Interlock (ทั้งแบบสวิตช์ และแบบคอนแทกเตอร์) เพื่อป้องกันการลัดวงจรข้ามเฟสได้อย่างปลอดภัย, ผู้เรียนสวมบทบาทเป็นผู้ตรวจสอบวงจร (Inspector) เช็คความปลอดภัย และความถูกต้องก่อนจ่ายไฟจริง

(4) ใบงานที่ 3 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้า (Star-Delta Starter) ผู้เรียนอธิบายเหตุผล และหลักการลดกระแสสตาร์ทด้วยวิธี Star-Delta ได้, ผู้เรียนสามารถอ่าน Nameplate มอเตอร์ และต่อสายออกขั้วมอเตอร์ทั้ง 6 ขั้ว ควบคุมการสตาร์ทด้วยวิธี Star-Delta ได้, ผู้เรียนสวมบทบาทเป็นผู้ตรวจสอบวงจร (Inspector) เช็คความปลอดภัย และความถูกต้องก่อนจ่ายไฟจริง

(5) ใบงานที่ 4 การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ (Sequential Start) ผู้เรียนอธิบายเงื่อนไขความสัมพันธ์การทำงานของมอเตอร์หลายตัวในระบบอุตสาหกรรม, ผู้เรียนสามารถต่อวงจรควบคุมแบบมีเงื่อนไข (Sequential Control) ได้อย่างถูกต้อง, ผู้เรียนสวมบทบาทเป็นผู้ตรวจสอบวงจร (Inspector) เช็คความปลอดภัย และความถูกต้องก่อนจ่ายไฟจริง

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส และการจัดประสบการณ์กิจกรรมการเรียนรู้ โดยดำเนินการสอนให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างดังนี้

(1) การออกแบบโครงสร้างชุดฝึก และวงจรควบคุม (Hardware & Circuit Design)

โครงสร้างแผงชุดฝึก ออกแบบตัวโต๊ะ แผงฝึกปฏิบัติด้วยวัสดุแข็งแรง ทนทาน มีฉนวนป้องกันไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัย (เช่น อะคริลิกหนาพิเศษ หรืออลูมิเนียมพ่นสีฉนวน) จัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ให้อยู่ในระดับสายตา ง่ายต่อการต่อสาย และการสังเกตการณ์

การจัดวางอุปกรณ์มาตรฐานอุตสาหกรรม ติดตั้งอุปกรณ์จริงที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ อุปกรณ์ตัดตอน และป้องกัน Main Circuit Breaker, Fuse, Overload Relay, อุปกรณ์สวิตชิ่งและควบคุม Magnetic Contactor, Auxiliary Contact, Timer Relay, อุปกรณ์สั่งการ และแสดงผล Push Button Switch (NO/NC), Pilot Lamp แสดงสถานะ (Run, Stop, Fault), Selector Switch, โหลดจำลอง มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส (Induction Motor)

ระบบจุดต่อสาย (Terminal Line) และจุดวัดสัญญาณ (Test Points) ออกแบบจุดต่อสายภายนอกด้วย Safety Jack, Banana Plug เพื่อให้ต่อสายได้สะดวกรวดเร็ว ลดการสึกหรอของตัวอุปกรณ์จริง และป้องกันการสัมผัสโดนส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าโดยตรง, ติดตั้งจุดวัดสัญญาณแรงดัน และกระแส (Test Points) เพื่อให้ผู้เรียนใช้มัลติมิเตอร์หรือแคลมป์มิเตอร์วัดค่าขณะปฏิบัติงานได้ปลอดภัย

(2) กิจกรรมที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL (Direct On Line) ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม ครูแนะนำทฤษฎี หลักการ และอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOLให้กับนักเรียน , ครูแสดงขั้นตอนการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL และขั้นตอนการตรวจสอบให้กับนักเรียน, นักเรียนแบ่งกลุ่มทำใบงานการทดลองที่ 1 และอธิบายวงจร, นักเรียนสวมบทบาทเป็นผู้ตรวจความปลอดภัย และเงื่อนไขการทำงานของวงจรให้เป็นไปตามโจทย์ โดยครูคอยประเมินผลการปฏิบัติงาน, นักเรียนสรุป และสะท้อนคิด ร่วมกันสรุปผลการทดลอง อธิบายลำดับการทำงานของวงจร DOL วิเคราะห์สาเหตุของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น และแนวทางการแก้ไขปัญหาร่วมกัน

(3) กิจกรรมที่ 2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส) ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม ครูแนะนำทฤษฎี หลักการ และอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ให้กับนักเรียน, ครูแสดงขั้นตอนการควบคุมควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส และขั้นตอนการตรวจสอบให้กับนักเรียน, นักเรียนแบ่งกลุ่มทำใบงานการทดลองที่ 2 และอธิบายวงจร, นักเรียนสวมบทบาทเป็นผู้ตรวจความปลอดภัย และเงื่อนไขการทำงานของวงจรให้เป็นไปตามโจทย์ โดยครูคอยประเมินผลการปฏิบัติงาน, นักเรียนสรุป และสะท้อนคิด สรุปผลการทดลอง อธิบายเงื่อนไขการกลับทางหมุน สาเหตุ และอันตรายหากระบบ Interlock ไม่ทำงาน พร้อมวิธีแก้ไข

(4) กิจกรรมที่ 3 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ – เดลต้า ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม ครูนำเข้าสู่บทเรียน บรรยายเหตุผลที่ต้องสตาร์ทแบบ Star-Delta (การลดกระแสสตาร์ท) แนะนำอุปกรณ์เพิ่มเติม เช่น Timer (ตัวตั้งเวลา) และการอ่าน Nameplate ของมอเตอร์, ครูสาธิตแสดงขั้นตอนการต่อวงจรกำลัง (สายเข้ามอเตอร์ 6 เส้น) วงจรควบคุมที่ใช้ Timer และขั้นตอนการตั้งเวลา, นักเรียนแบ่งกลุ่มทำใบงานการทดลองที่ 3 และอธิบายวงจร, นักเรียนสวมบทบาทเป็นผู้ตรวจความปลอดภัย และเงื่อนไขการทำงานของวงจรให้เป็นไปตามโจทย์ โดยครูคอยประเมินผลการปฏิบัติงาน, นักเรียนสรุป และสะท้อนคิด สรุปผลการทดลอง อธิบายกลไกการลดกระแสด้วยวิธี Star-Delta วิเคราะห์ปัญหาการตัดต่อของ Timer สาเหตุของข้อผิดพลาด และแนวทางแก้ไข

(5) กิจกรรมที่ 4 การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ ขั้นตอนการดำเนินกิจจกรม ครูนำเข้าสู่บทเรียน บรรยายหลักการและเงื่อนไขการทำงานแบบเรียงลำดับ (เช่น มอเตอร์ตัวที่ 1 ต้องทำงานก่อน ตัวที่ 2 จึงจะทำงานได้) และยกตัวอย่างการใช้งานในระบบสายพานลำเลียง, ครูสาธิต แสดงการต่อวงจรควบคุมแบบมีเงื่อนไขและเทคนิคการไล่วงจรเมื่อมีอุปกรณ์เพิ่มมากขึ้น, นักเรียนแบ่งกลุ่มทำใบงานการทดลองที่ 4 และอธิบายวงจร, นักเรียนสวมบทบาทเป็นผู้ตรวจความปลอดภัย และเงื่อนไขการทำงานของวงจรให้เป็นไปตามโจทย์ โดยครูคอยประเมินผลการปฏิบัติงาน, นักเรียนสรุปและสะท้อนคิด สรุปผลการทดลอง วิเคราะห์ลำดับการทำงาน เงื่อนไขการขัดกันของวงจร (Interlock เงื่อนไข) สาเหตุของข้อผิดพลาด และวิธีแก้ไข

ภาพประกอบ 2

ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ



2) ออกแบบ ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก ใช้วัดความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

3) ออกแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน เป็นแบบสอบถามชนิดมาตรประมาณค่า 5 ระดับ เพื่อประเมินความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึก และการจัดการเรียนการสอน เครื่องมือทุกประเภทได้รับการตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และด้านการสอน ก่อนนำไปใช้ในการวิจัย

4) ออกแบบออกแบบเกณฑ์การประเมินกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ที่มีประสบการณ์ในการสอน การทำวิจัย หรือปฏิบัติงานในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี, เป็นอาจารย์ผู้สอนในระดับอุดมศึกษา/อาชีวศึกษา ที่มีตำแหน่งทางวิชาการ (ผศ., รศ., ศ.) หรือเป็นครู คศ.2 ขึ้นไป หรือเป็นวิศวกร/ผู้เชี่ยวชาญที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม (กว.) เพื่อทำการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสอบถาม ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญจนกว่าจะได้ผลการประเมินผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ได้ผลการประเมินดังนี้

ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ และผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ จากผลการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่าหัวข้อประเมินส่วนใหญ่มีค่า IOC ระหว่าง 0.80 - 1.00 ซึ่งแสดงว่าชุดฝึกมีความถูกต้องแม่นยำทางเทคนิค มีโครงสร้างที่ปลอดภัย และมีใบงานที่สอดคล้องกับหลักการสอนแบบย้อนกลับอย่างเหมาะสม ดังนี้

ด้านที่ 1 ความสอดคล้องกับหลักการสอนแบบย้อนกลับ

ข้อที่ได้ IOC = 1.00 จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ การกำหนดวัตถุประสงค์มุ่งเน้นความเข้าใจที่คงทน, วัตถุประสงค์สอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชา, ใบงาน และกิจกรรมเน้นให้สร้างความเข้าใจจากการลงมือทำ, การประเมินผลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์, และกิจกรรมจัดลำดับตาม Stage 3

ข้อที่ได้ IOC = 0.80 จำนวน 3 ข้อ ได้แก่ การกำหนดผลลัพธ์ที่สะท้อนทักษะวิชาชีพ, การกำหนดสถานการณ์ปัญหาเชิงวิชาชีพในใบงาน, และแบบทดสอบกับใบงานวัดผลตรงตามมาตรฐานสมรรถนะ

ด้านที่ 2 ความถูกต้องของเนื้อหาทางเทคนิค และการควบคุมมอเตอร์

ข้อที่ได้ IOC = 1.00 จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ เนื้อหาหลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส, วงจรควบคุม Start–Stop, วงจรกลับทางหมุนพร้อมระบบ Interlock ป้องกันข้อผิดพลาด, วงจรสตาร์ทแบบ DOL, วงจรสตาร์ทแบบ Star–Delta, และการจัดเนื้อหาในคู่มือครอบคลุมทั้งทฤษฎี และการประยุกต์ใช้

ข้อที่ได้ IOC = 0.80 จำนวน 3 ข้อ ได้แก่ ความถูกต้องของวงจรกำลัง และการต่อสายเข้ามอเตอร์, การออกแบบลำดับทำงานของวงจรเรียงลำดับ (Sequential Start), และการเลือกพิกัดขนาด Magnetic Contactor กับ Overload Relay

ด้านที่ 3 โครงสร้าง และคุณลักษณะของชุดฝึก

ข้อที่ได้ IOC = 1.00 จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ สัญลักษณ์ และป้ายกำกับชัดเจน, จัดวางอุปกรณ์เป็นระเบียบ และเป็นระบบ, มีอุปกรณ์ป้องกันความเสียหาย, มีระบบป้องกันความปลอดภัย (RCD/ELCB), โครงสร้างแข็งแรงทนทาน, และขนาดเหมาะสมเคลื่อนย้ายสะดวก

ข้อที่ได้ IOC = 0.80 จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ ระยะห่างของจุดต่อสาย (Terminal) ไม่แออัดจนเสี่ยงต่อการลัดวงจร และการจัดระเบียบสายไฟภายในแผงวงจร

ด้านที่ 4 ใบงาน การวัดผลปฏิบัติ และแบบประเมินความพึงพอใจ

ข้อที่ได้ IOC = 1.00 จำนวน 10 ข้อ ได้แก่ คำสั่ง และขั้นตอนในใบงานชัดเจนกระชับ, เรียงลำดับขั้นตอนการต่อวงจรเป็นระบบ, กิจกรรมปฏิบัติสอดคล้องกับงานจริง, แบบประเมินทักษะปฏิบัติมี Rubric ชัดเจน, แบบประเมินทักษะสะท้อนสมรรถนะจริง, มีคำถามท้ายใบงานกระตุ้นการคิดวิเคราะห์, แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์สอดคล้องกับเนื้อหา, ภาพประกอบ Wiring Diagram คมชัดตรงกับอุปกรณ์จริง, ใบงาน และแบบประเมินนำไปใช้สอนจริงได้, และแบบประเมินความพึงพอใจแสดงให้เห็นถึงความมั่นใจ และความง่ายในการเรียนรู้ของผู้เรียน

4. หลักการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาการสอนแบบย้อนกลับ การตรวจสอบคุณภาพด้านเนื้อหาและการออกแบบชุดฝึก ดำเนินการโดยใช้ การประเมินความสอดคล้องของเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence: IOC) เพื่อพิจารณาว่าองค์ประกอบของชุดฝึก ได้แก่ เนื้อหา, ใบงาน, แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่

1) หลังผู้วิจัยได้นำชุดฝึก และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ซึ่งมีความรู้ และประสบการณ์ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า และการจัดการเรียนการสอนอาชีวศึกษา ทำการประเมินความสอดคล้องของรายการประเมิน โดยให้ค่าคะแนนตามเกณฑ์ดังนี้ ใช้คะแนน +1 (แน่ใจ), 0 (ไม่แน่ใจ), -1 (ไม่สอดคล้อง) ค่า IOC ที่ยอมรับได้ต้อง $\geq$ 0.50 จากนั้นนำผลการประเมินมาคำนวณหาค่า IOC โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จึงถือว่ามีความเหมาะสม และนำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขชุดฝึกก่อนนำไปทดลองใช้จริง

2) การทดลองใช้และหาคุณภาพแบบทดสอบ (Try-out) ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการตรวจดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคระยอง ที่เคยผ่านการเรียนในรายวิชานี้มาแล้ว และไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อนำผลการสอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบรายข้อ พบว่าแบบทดสอบมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.40–0.70 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.40–0.60 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับด้วยสูตร Kuder-Richardson (KR-20) เท่ากับ 0.87 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางวิชาการและนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริงได้ (Brahmawong, 2013)

3) ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามความพึงพอใจชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 4 ด้าน 15 ข้อ ที่ผ่านการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ค่า IOC ระหว่าง 0.80–1.00) ไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักศึกษาระดับ ปวช. สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อหาค่าความ

เชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ยอมรับทางวิชาการ ($\geq$ 0.70) จึงถือว่าแบบสอบถามมีความคงเส้นคงวาและนำไปใช้เก็บข้อมูลจริงได้ (Brahmawong, 2013)

4) แบบประเมินทักษะการปฏิบัติงานสำหรับใบงานที่ 1–4 คะแนนเต็มใบละ 20 คะแนน และใบงานผู้ตรวจสอบวงจร คะแนนเต็ม 5 คะแนน ใช้เกณฑ์การประเมินแบบ Rubric Score ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80–1.00 ทุกรายการ จากนั้นผู้วิจัยได้นำแบบประเมินทักษะไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักศึกษาระดับ ปวช. สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทักษะทั้งฉบับด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานวิจัย ($\geq$ 0.70) แสดงว่าแบบประเมินทักษะมีความคงเส้นคงวาและวัดผลการปฏิบัติงานของผู้เรียนได้อย่างแม่นยำ

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1) ดำเนินการทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนใช้ชุดฝึก (Pre-test)

2) จัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ด้วยวิธีการสอนแบบย้อนกลับให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในบทเรียนเกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส เป็นระยะเวลา 7 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ใช้เวลาทั้งหมด 9 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 63 ชั่วโมง

3) เก็บข้อมูลผลการปฏิบัติกิจกรรม และใบงานของผู้เรียนระหว่างการเรียน โดยมีการเก็บคะแนนรายบุคคลจากแบบใบงานทดสอบหลังเรียน เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ การประเมินทักษะเชิงปฏิบัติจำแนกตามรายใบงาน และการประเมินทักษะเชิงปฏิบัติจำแนกตามรายด้านสมรรถนะ การประเมินเชิงปฏิบัตินี้ เป็นการประเมินหลังเรียนเท่านั้น เทียบกับเกณฑ์ (Phatthiyathani, 2024)

4) ดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน

5) ให้ผู้เรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้ชุดฝึก

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกโดยใช้เกณฑ์ $\mathrm{E_1/E_2}$ และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ 80/80 (Panya, 2024)

2) วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนโดยคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบผลก่อน และหลังเรียนด้วยการทดสอบค่าที (t-test) (Wongratana, 2021)

3) วิเคราะห์ทักษะเชิงปฏิบัติ และความพึงพอใจของผู้เรียนโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแปลผลตามเกณฑ์ที่กำหนด

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักการทางสถิติ โดยมีประเด็นในการวิเคราะห์ดังนี้

ตาราง 1

แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลวัตถุประสงค์การวิจัย

วัตถุประสงค์การวิจัย	หลักการวิเคราะห์คุณภาพ	เครื่องมือที่ใช้
เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ	หลักการออกแบบการสอนแบบย้อนกลับ และการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ	แบบประเมิน IOC
เพื่อหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดฝึก	หลักการประเมินประสิทธิภาพชุดฝึก	ใบงาน, แบบทดสอบหลังเรียน (E_1/E_2)
เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ ทักษะ	หลักการวัดผลเชิงสมรรถนะ และ Pre–Post Test	แบบทดสอบก่อน–หลังเรียน, แบบประเมินทักษะ
ทักษะเชิงปฏิบัติ	ทักษะของผู้เรียนในการปฏิบัติงาน	scoring rubrics
เพื่อศึกษาความพึงพอใจ	หลักการประเมินทัศนคติของผู้เรียน	แบบสอบถามความพึงพอใจ

ผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ มีค่าเท่ากับ 87.95/85.61 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ ความสอดคล้องของค่า E_1 และ E_2 มีค่าใกล้เคียงกันแสดงถึงความสอดคล้องระหว่างกระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดฝึก (ใบงาน) และการวัดผลความรู้หลังเรียน (ข้อสอบ) สรุปความเหมาะสมชุดฝึกนี้มีประสิทธิภาพเพียงพอตามหลักสถิติทางการศึกษา สามารถนำไปใช้พัฒนาทักษะนักเรียนแผนกช่างไฟฟ้าได้อย่างมั่นใจ ดังตารางที่ 2

ตาราง 2

ประสิทธิภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนการปฏิบัติกิจกรรม และใบงานของผู้เรียนระหว่างเรียน	22	40	35.18	87.95	80
คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียน	22	30	25.68	85.61	80

2. จากตารางผลการประเมินทักษะเชิงปฏิบัติจำแนกตามรายใบงาน มีผลการประเมินทักษะเชิงปฏิบัติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 22 คน พบว่า ผลการประเมินทักษะเชิงปฏิบัติโดยรวมทั้ง 4 ใบงาน มีคะแนนเฉลี่ย $\overline{X}$ = 17.58 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.90 ($S.D.$ = 0.58) ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม ดังนี้

ตาราง 3

ผลการประเมินทักษะเชิงปฏิบัติจำแนกตามรายใบงาน

ใบงานปฏิบัติ	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S. D.	ร้อยละ	ระดับคุณภาพ
ใบงานที่ 1: การควบคุมมอเตอร์แบบ DOL	20	18.45	0.46	92.25	ดีเยี่ยม
ใบงานที่ 2: การควบคุมกลับทางหมุน	20	17.80	0.52	89.00	ดีเยี่ยม
ใบงานที่ 3: การสตาร์ทมอเตอร์แบบ Star-Delta	20	17.20	0.58	86.00	ดีเยี่ยม
ใบงานที่ 4: การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ	20	16.91	0.63	84.55	ดีเยี่ยม
ผลรวม	**80**	**70.36**			**ดีเยี่ยม**
ค่าเฉลี่ย	**20**	**17.59**	**0.55**	**87.95**	**ดีเยี่ยม**

3. ใบผู้ตรวจสอบวงจร พบว่า ด้านทักษะการตรวจสอบความปลอดภัยก่อนจ่ายไฟ ผ่านการใช้ใบงานผู้ตรวจสอบ (Inspector Sheet) มีคะแนนเฉลี่ยสูงเป็นอันดับต้นๆ ($\overline{X}$ = 4.59, S. D. = 0.50) เนื่องจากวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) ได้กำหนดหลักฐานการเรียนรู้และฝึกให้ผู้เรียนสวมบทบาทเป็นผู้ตรวจสอบวงจรด้วยตนเองอย่างเป็นระบบก่อนการจ่ายไฟจริง ขณะที่ ด้านทักษะการวิเคราะห์และแก้ปัญหาข้อผิดพลาด (Troubleshooting) แม้จะมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดในกลุ่ม ($\overline{X}$ = 4.08, S. D. = 0.61) แต่ยังคงอยู่ในระดับคุณภาพดี แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนพัฒนาทักษะจากการต่อวงจรตามผังเพียงอย่างเดียว ไปสู่ความสามารถในการไล่วงจรและวิเคราะห์หาสาเหตุเมื่อระบบเกิดสภาวะผิดปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 4

ตาราง 4

ผลการประเมินทักษะเชิงปฏิบัติจำแนกตามรายด้านสมรรถนะ

ใบงานปฏิบัติ	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
ทักษะการเลือกใช้อุปกรณ์และการเตรียมงาน	5	4.68	0.48	ดีเยี่ยม
ทักษะการต่อวงจรและการจัดสายไฟ	5	4.41	0.54	ดี
ทักษะการตรวจสอบความปลอดภัยก่อนจ่ายไฟ	5	4.62	0.50	ดีเยี่ยม
ทักษะการวิเคราะห์และแก้ปัญหาข้อผิดพลาด	5	3.88	0.61	ดี
ผลรวม	**20**	**17.59**		**ดีเยี่ยม**
ค่าเฉลี่ย	**5**	**4.40**	**0.54**	**ดีเยี่ยม**

4. พบว่าหลังจากผู้เรียนทำการเรียนการสอนผ่านชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า t (t-test) เท่ากับ 28.61 และ $p < .001$ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้นี้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 5

ตาราง 5

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	22	30	11.95	2.64	28.61	$p < .001$
หลังเรียน	22	30	25.68	2.47		

5. จากตารางสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของผู้ใช้ชุดฝึก พบว่าด้านที่ 4 เจตคติ และประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\overline{X}$ = 4.61) แสดงว่าวิธีการสอนแบบย้อนกลับ และชุดฝึกช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดีมาก นักเรียนให้คะแนนเรื่องรู้สึกสนุก และน่าสนใจกว่าการเรียนแบบบรรยาย ($\overline{X}$ = 4.68) ข้อที่ควรพัฒนา ในด้านที่ 1 ด้านเนื้อหา และลำดับการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา แม้จะอยู่ในเกณฑ์มาก แต่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในกลุ่ม ($\overline{X}$ = 4.27) อาจพิจารณาปรับลดเนื้อหาหรือเพิ่มเวลาในอนาคตโดยเฉลี่ยรวมทุกด้าน ค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของระดับความคิดเห็น $\overline{X}$ เท่ากับ 4.51 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็น **S. D.** เท่ากับ 0.57 อยู่ในระดับ มากที่สุด ดังตารางที่ 6 ,7 ,8 และ9

ตาราง 6

ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหา และลำดับการเรียนรู้ (สอดคล้องกับ Backward Design)

หัวข้อประเมิน	$\overline{X}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหาในชุดฝึกมีความเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อนจนเกินไป	4.32	0.65	มาก
2. ลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ทำให้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ได้ชัดเจนตั้งแต่เริ่มต้น	4.45	0.59	มาก
3. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ได้อย่างลึกซึ้ง	4.55	0.60	มากที่สุด
4. ปริมาณเนื้อหาและจำนวนใบงานมีความเหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้ในการเรียน	4.27	0.72	มาก
ค่าเฉลี่ย	**4.40**	**0.65**	**มาก**

ตาราง 7

ด้านที่ 2 ด้านคุณภาพของชุดฝึก และสื่อการสอน (Hardware & Media)

หัวข้อประเมิน	$\overline{X}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
1. อุปกรณ์บนชุดฝึก เช่น Magnetic Contactor, Overload Relay มีความเหมาะสม และใช้งานง่าย	4.50	0.60	มาก
2. สัญลักษณ์ และไดอะแกรมบนชุดฝึกมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และไม่ทำให้สับสน	4.55	0.51	มากที่สุด
3. อุปกรณ์ประกอบ เช่น สายเสียบ ขั้วต่อ มีความแข็งแรง และมั่นคงขณะปฏิบัติงาน	4.41	0.59	มาก
4. คู่มือการใช้งานหรือใบงานมีภาพประกอบที่ชัดเจน และสอดคล้องกับอุปกรณ์จริงบนชุดฝึก	4.50	0.60	มาก
ค่าเฉลี่ย	**4.49**	**0.58**	**มาก**

ตาราง 8

ด้านที่ 3 การฝึกปฏิบัติ และความปลอดภัย (Practice & Safety)

หัวข้อประเมิน	$\overline{X}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
1. ชุดฝึกช่วยให้ฝึกทักษะการต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ได้สะดวก และรวดเร็ว	4.64	0.49	มากที่สุด
2. ระบบป้องกันอันตรายในชุดฝึกทำให้รู้สึกมั่นใจ และปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน	4.59	0.50	มากที่สุด
3. ชุดฝึกส่งเสริมให้เกิดทักษะการแก้ปัญหา เช่น การไล่วงจรเมื่อมอเตอร์ไม่ทำงาน	4.45	0.60	มาก
4. ขนาดของชุดฝึก และการจัดวางอุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการฝึกปฏิบัติ	4.55	0.59	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	**4.56**	**0.54**	**มากที่สุด**

ตาราง 9

ด้าน 4 เจตคติ และประโยชน์ที่ได้รับ (Attitude & Benefits)

หัวข้อประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. การเรียนด้วยชุดฝึกทำให้รู้สึกสนุก และน่าสนใจมากกว่าการเรียนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว	4.68	0.48	มากที่สุด
2. ชุดฝึกช่วยให้มีความมั่นใจในการนำความรู้ไปใช้ปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการ	4.59	0.50	มากที่สุด
3. ต้องการให้มีการนำชุดฝึกในลักษณะนี้ไปใช้กับรายวิชาอื่น ๆ ต่อไป	4.55	0.59	มากที่สุด
โดยรวม	**4.61**	**0.51**	**มากที่สุด**

อภิปรายผล

จากผลการทดลองพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึก ($\mathbf{E_1/E_2}$) ชุดฝึกมีประสิทธิภาพเท่ากับ 87.95/85.61 สูงกว่าเกณฑ์สมมติฐานที่ตั้งไว้ 80/80 เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยไทยที่เกี่ยวข้อง พบว่างานวิจัยของ ธนอัศวพล และประทุมทอง (2568) ที่ได้ใช้สื่อที่จำลองวงจรจริงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ค่าประสิทธิภาพมักอยู่ใกล้เกณฑ์ 80/80 เนื่องมาจากสาเหตุสำคัญมาจากงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้ วิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) ร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติจริงเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Yimsomboon (2021) ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีเป้าหมาย และเข้าใจเชิงลึก สอดคล้องกับแนวคิดของ Wiggins & McTighe (2005) ที่เสนอการออกแบบย้อนกลับ (Backward Design) ซึ่งเน้นการกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ก่อน แล้วจึงออกแบบกิจกรรม และการประเมินให้สอดคล้องกัน ส่งผลให้ชุดฝึกมีโครงสร้างที่เป็นระบบ และมุ่งเน้นความเข้าใจเชิงลึกของผู้เรียนนั้นเอง

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีผลคะแนนสอบเฉลี่ยหลังเรียน ($\overline{X}$ = 25.68) มากกว่าผลคะแนนสอบเฉลี่ยก่อนเรียน ($\overline{X}$ = 11.95), ค่า t (t-test) เท่ากับ 28.61 ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสูงมาก ผลด้านทักษะเชิงปฏิบัติของผู้เรียนมีทักษะปฏิบัติ อยู่ในระดับ ดีเยี่ยม จากผลการวิจัยค่าเฉลี่ยจำแนกตามรายใบงานอยู่ $\overline{X}$ = 17.59, $\mathbf{S.D.}$ = 0.55 อยู่ในระดับ ดีเยี่ยม และค่าเฉลี่ยจำแนกตามรายด้านสมรรถนะ $\overline{X}$ = 4.40, $\mathbf{S.D.}$ = 0.54 อยู่ในระดับ ดีเยี่ยม เช่นกัน สาเหตุมาจากนักเรียนได้ทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียน ได้ลงมือปฏิบัติจริงเป็นทั้งผู้ต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าและผู้ตรวจสอบวงจรหาสาเหตุข้อผิดพลาดของวงจร สอดคล้องกับงานของ Panich (2012) ที่เน้นว่าการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ต้องเน้น Learning by Doing การปรับบทบาทครูจากผู้ถ่ายทอดความรู้เป็นหลัก ไปสู่ผู้ ออกแบบและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ โดยกิจกรรมควรทำให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือเรียนรู้ด้วยตนเอง และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Fhaithong & Kongmanus (2023) พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้านไฟฟ้าจะมุ่งให้ผู้เรียนเกิดทักษะการปฏิบัติ เช่น การต่อวงจรไฟฟ้า แต่ผู้เรียนยังจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการวางแผนการทำงานควบคู่กัน เนื่องจากการปฏิบัติงานทางไฟฟ้าไม่ได้อาศัยเพียงความสามารถในการต่อวงจรเท่านั้น แต่ยังต้องอาศัยความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุปกรณ์และลำดับการทำงานของวงจร งานวิจัยนี้ผู้เรียนไม่เพียงทำได้แต่ยังวิเคราะห์ข้อผิดพลาด และแก้ไขปัญหาได้นั้นเอง

ผลความพึงพอใจของผู้เรียน ชุดสื่อการสอนนี้ผลความพึงพอใจของผู้เรียน ผลการประเมินพบว่า ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51) S.D. เท่ากับ 0.57 ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srisuk et al. (2025) ที่พบว่าการใช้สื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์สามารถสร้างความสนใจและส่งเสริมความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการเรียนรู้ได้ ทั้งนี้เนื่องจากชุดสื่อการสอนที่สร้างขึ้นนี้ได้ถูกออกแบบเพื่อสะดวกในการทดลอง สามารถทำการทดลองได้ง่าย และนักเรียนสามารถค้นคว้าหาความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยที่ครูเป็นเพียงผู้ประเมินกับกำดูแล ซึ่งความรู้ที่ได้จะเป็นความรู้ที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติจริงทำซ้ำๆจนเกิดทักษะ ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ และเข้าใจได้โดยง่าย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bunnuy (2024) พบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละ และมีความพึงพอใจต่อต่อชุดสื่อการสอนในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80) (S.D. เท่ากับ 0.09) ที่ใช้ที่เน้นลงมือปฏิบัติจริง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1. ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า ตลอดจนการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาอื่นๆ ด้านช่างอุตสาหกรรมและวิศวกรรมศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design) ในขั้นตอนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ (Stage 3) มาประยุกต์ใช้ ในการวิจัยต่อยอด ผู้สอนหรือผู้วิจัยควรนำหลักการ การสาธิตและแสดงผลลัพธ์การเรียนรู้ล่วงหน้า มาใช้ โดยการสาธิตสภาวะการทำงานของวงจรไฟฟ้าที่สมบูรณ์ให้ผู้เรียนได้สังเกตและพิจารณาเป้าหมายเชิงสมรรถนะอย่างชัดเจนตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการเรียนรู้ การกำหนดเป้าหมายเชิงรูปธรรมนี้จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างภาพรวมความเข้าใจ ตระหนักถึงวัตถุประสงค์ของแต่ละกิจกรรมปฏิบัติได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะปฏิบัติของผู้เรียนในรายวิชาทางไฟฟ้าอื่นๆ ได้อย่างยั่งยืน

1.2. ผลการวิจัยในประเด็นการยกระดับบทบาทของผู้เรียนให้เป็น ผู้ตรวจสอบวงจร (Inspector) ร่วมกับการฝึกทักษะการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า (Troubleshooting) สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นกรอบในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการวิจัยต่อยอดในรายวิชาปฏิบัติต่างๆ ด้านช่างไฟฟ้าและวิศวกรรมศาสตร์ได้ โดยปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนรู้ดั้งเดิมที่เน้นเพียงการต่อวงจรตามแผนผัง (Wiring Diagram) มาเป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้เชิงวิเคราะห์ผ่านการจำลองสถานการณ์สภาวะผิดปกติของระบบ เช่น สภาวะโอเวอร์โหลดตัดการทำงาน หรือสภาวะวงจรขาดสาย การจัดกิจกรรมในลักษณะนี้จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ ฝึกทักษะการไล่วงจรไฟฟ้า ตลอดจนค้นหาสาเหตุและแก้ไขข้อผิดพลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการส่งเสริมสมรรถนะวิชาชีพด้านการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง

1.3. ความสำเร็จของงานวิจัยครั้งนี้มีปัจจัยสำคัญมาจากการนำความต้องการด้านทักษะและความเชี่ยวชาญจริงในภาคการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม เกี่ยวกับระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ซึ่งเป็นสมรรถนะพื้นฐานและเป็นเกณฑ์สำคัญที่สถานประกอบการใช้ในการพิจารณารับบุคลากรเข้าทำงาน มาเป็นเป้าหมายหลักในการกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียน สำหรับการศึกษาวิจัยต่อยอดในอนาคต ผู้สอนหรือผู้วิจัยควรนำแนวคิดการจัดการศึกษาที่ยึดความต้องการของตลาดแรงงานในสายงานที่เกี่ยวข้องกับรายวิชานั้นๆ มาเป็นเป้าหมายและกรอบในการกำหนดสมรรถนะของผู้เรียน การเชื่อมโยงความต้องการของภาคอุตสาหกรรมเข้ากับการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้จะช่วยให้นวัตกรรมทางการศึกษาที่พัฒนาขึ้น สามารถสร้างผู้เรียนให้มีทักษะวิชาชีพที่ตรงตามความต้องการของตลาดแรงงานและพร้อมปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4. จากผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจด้านเนื้อหาและลำดับการเรียนรู้ ในประเด็น "ปริมาณเนื้อหาและจำนวนใบงานมีความเหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้ในการเรียน" มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับประเด็นอื่น ดังนั้นในการนำชุดฝึกและแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ปฏิบัติจริง ผู้สอนควรมีการบริหารจัดการเวลาให้ยืดหยุ่นมากขึ้น เช่น การจัดสรรเวลาในช่วงการฝึกปฏิบัติต่อวงจรและการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Troubleshooting) ให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม หรืออาจปรับลดความซับซ้อนของการประเมินในบางใบงานลง เพื่อลดความกดดันด้านเวลาและปริมาณเนื้อหา ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถซึมซับทักษะการตรวจสอบความปลอดภัยได้อย่างละเอียดและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1. ควรศึกษาวิจัยและพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการร่วมกับสื่อการสอนที่มีรูปแบบสอดคล้องกันในรายวิชาอื่นๆ ของแผนกวิชาช่างไฟฟ้า เช่น รายวิชาการติดตั้งไฟฟ้าในอาคาร หรือรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เนื่องจากผู้เรียนสะท้อนความต้องการให้มีการใช้นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ในรายวิชาปฏิบัติอื่นๆ เพื่อสร้างความต่อเนื่องในการพัฒนาทักษะวิชาชีพ ไม่เพียงแต่เป็นการสร้างชุดฝึกใหม่ แต่คือการนำกรอบความคิด Backward Design ไปใช้วางแผนการเรียนรู้ทั้งรายวิชา เริ่มจากการกำหนดสมรรถนะย่อยที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน แล้วจึงออกแบบหลักฐานการประเมิน เช่น ใบงานผู้ตรวจสอบร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติ (Kongmeng, 2022)

2.2. ควรศึกษาวิจัยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ร่วมกับชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (Saensurin, 2024) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการควบคุม การสั่งการ และการตรวจติดตามสภาวะการทำงานของระบบผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่หรือระบบเครือข่าย ซึ่งเป็นการยกระดับสมรรถนะวิชาชีพให้สอดรับกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในยุคอุตสาหกรรม 4.0 เป็นการเปลี่ยนผ่านบทบาทช่างไฟฟ้าดั้งเดิม ไปสู่การเป็นช่างเทคนิคเชียลยุคดิจิทัลที่มีความเชี่ยวชาญทั้งงานกำลังและระบบสื่อสารข้อมูล

2.3. การพัฒนาชุดจำลองสภาวะผิดปกติแบบหลากหลายเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาเชิงวิเคราะห์ ควรศึกษาวิจัยและพัฒนาแผงวงจรจำลองสภาวะผิดปกติของระบบ ที่มีความหลากหลายและซับซ้อนยิ่งขึ้น เพื่อมุ่งเน้นการฝึกทักษะการไล่วงจรและการวิเคราะห์แก้ไขปัญหา (Troubleshooting) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเชี่ยวชาญและความพร้อมก่อนการปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการ กำหนดให้ผู้เรียนต้องใช้อุปกรณ์วัด (Multimeter, Clamp Meter) ร่วมกับการอ่านแผนผังวงจร เพื่อไล่ลำดับสัญญาณทางไฟฟ้า และระบุตำแหน่งจุดเสียได้อย่างมีหลักการทางวิศวกรรม แทนการเดาหรือสุ่มเปลี่ยนอุปกรณ์ (Kittiphotiklang, 2023)

เอกสารอ้างอิง

Brahmawong, C. (2013). Testing the efficiency of media or instructional packages. *Silpakorn Educational Research Journal*, *5*(1), 7–20. [in Thai]

Bunnuy, C. (2024). *Development of a teaching materials kit simulating a pneumatic system for use in moving objects using the backward design teaching method of higher vocational certificate students* [Master's thesis, King Mongkut's University of Technology Thonburi]. [in Thai]

Fhaitong, T., & Kongmanus, K. (2023). Developing a flipped classroom learning approach using project-based learning integrated with the every circuit application to enhance electrical circuit analysis skills among vocational certificate students in electronics. *Journal of Industrial Education, 22*(3), 67–79. [in Thai]

Kojuantiew, S. (2023). Development of an educational administration model for industrial vocational education institutions under the Thailand 4.0 policy. *Journal of Educational and Industrial Innovation, 30*(105), 54. [in Thai]

Khaemmani, T. (2017). *Instructional science: Knowledge for effective learning process management* (21st ed.). Chulalongkorn University Press. [in Thai]

Kittiphotiklang, T. (2023). Construction and efficiency evaluation of a pump control system training kit using a programmable logic controller. *Journal of Vocational Education Research and Innovation, 7*(2), 31–40. [in Thai]

Kongmeng, S. (2022). The development of electric motor control skills of vocational certificate year 2 students in the science-based industrial trade department, mechatronics technology program, using a simulator program combined with actual equipment. *Academic Journal Institute of Vocational Education: Eastern Region, 1*(1), 124–134. [in Thai]

National Economic and Social Development Council. (2022). The thirteenth national economic and social development plan (2023–2027).

Pandam, S. (2021). Vocational education management in response to future global changes. *Academic Journal of Innovation and Technology Institute of Vocational Education: Southern Region 1, 6*(1), 12–21. [in Thai]

Panich, W. (2012). The way to create learning for students in the 21st century. *Sodsri-Saritwong Foundation*, 245–391. [in Thai]

Panya, P. (2024). *Statistics for research* (4th ed.). Taksila Printing, 115-204. [in Thai]

Phatthiyathani, S. (2024). *Educational measurement* (14th ed.). Prasan Printing, 195-230. [in Thai]

Saengsurin, K. (2024a). The development and efficiency testing of an instructional package for motor control cabinet installation technicians with programmable controllers using the MAIDE MODEL teaching process. *T-VET Journal Institute of Vocational Education: Northern Region 3, 8*(16), 357–374. [in Thai]

Srisuk, K., Wongdee, P., & Boonlue, S. (2025). The effects of interactive video-based learning media combined with coaching-based learning activities on learning outcomes in the Research for Learning Development course among student teachers. *Journal of Inclusive and Innovative Education, 9*(1), 85–101. [in Thai]

Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by Design* (2nd ed.). Association for Supervision and Curriculum Development.

Wongratana, C. (2021). *Techniques for using statistics for research* (15th ed.). Thepneramit Printing, 60-260. [in Thai]

Worakham, P. (2023). *Educational research* (14th ed.). Taksila Printing, 280-368. [in Thai]

Yimsomboon, P. (2021). Learning achievement and science process skills using the backward design on climate change of secondary education year 1 students. *Journal of Faculty of Humanities and Social Sciences Thepsatri Rajabhat University, 12*(1), 29–40. [in Thai]