

การพัฒนาชุดฝึกพีแอลซีควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับร่วมกับระบบวิชั่น The Development of Training Programmable Logic Controller Control Ac Servo Motor and Vision System

ยันต์ศรี สมสีท่า¹, ทรงศักดิ์ นิลทีณิน¹ ชัยพล จันทรประดิษฐ์¹, ศิริวรรณ พลเศษ^{1*}, กิตติศักดิ์ วาดสันทัต¹, ชุมพล ปทุมมาเกษร¹,
ปรัชญ์ ใจกว้าง¹, ธีรนนท์ ไชยคุณ¹ และ ชัยชโย ช่อตรง¹

Yansri Somsrithum¹, Songsak Ninthithin¹, Chaipol Junpradit¹, Siriwan Polset^{1*}, Kititsak Wadsuntud¹,
Chumpon Patummakason¹, Prach Jaikwang¹, Theeranon Chaiyakun¹ and Chaichayo Suetrong¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และยานยนต์ไฟฟ้า, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม,
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, ปทุมธานี, 13180, ประเทศไทย

¹Mechatronics and Electric Vehicle Engineering Department, Faculty of Industrial Technology,
Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathum Thani, 13180, Thailand

*Corresponding Author E-mail: siriwan@vru.ac.th

รับบทความ (Received) : November 13, 2025 /ปรับปรุงแก้ไข (Revised) : December 22, 2025 /ตอบรับบทความ (Accepted) : December 25, 2025

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาชุดฝึกพีแอลซีควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับร่วมกับระบบวิชั่น เพื่อยกระดับทักษะการบูรณาการควบคุมการเคลื่อนที่กับการรับรู้ภาพในบริบทอุตสาหกรรมยุค 4.0 โดยตั้งเป้าหมายการสร้างเครื่องมือการเรียนรู้ที่ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมพีแอลซีควบคุมเซอร์โวและเรียกใช้วิชั่นเพื่อตัดสินใจคัดแยกชิ้นงานได้จริง วิธีดำเนินการประกอบด้วย (1) ออกแบบสถาปัตยกรรมและลำดับขั้นทำงาน (step diagram) พร้อมผังสายไฟและ I/O mapping (2) พัฒนาโปรแกรมควบคุมด้วย GX Works2 (ladder diagram) เชื่อมกับโปรแกรมภาษา Python บน Raspberry Pi สำหรับการประมวลผลภาพจากเว็บแคม และส่งผลจำแนกรูปทรงวงกลมและสี่เหลี่ยมเพื่อสั่งการเซอร์โวและชุดนิวแมติกส์ไปยังตำแหน่งเป้าหมาย (3) ทดสอบการทำงานทริกเกอร์กล้อง การแลกเปลี่ยนสัญญาณ และวงจรความปลอดภัย โดยมีการประเมินความเหมาะสมเชิงการใช้งานด้วยแบบประเมินมาตรฐาน 5 ระดับ ครอบคลุม 4 มิติ ได้แก่ การติดตั้งอุปกรณ์ การออกแบบระบบควบคุม ความเหมาะสมต่อการฝึกปฏิบัติ และความเหมาะสมต่อการใช้งาน ผลการทดลองพบว่าคะแนนเฉลี่ย 4.14 ระดับดีมาก จุดที่โดดเด่นคือการติดตั้งอุปกรณ์และความมั่นคงแข็งแรง โดยที่ความสะดวกในการใช้งาน ยังอยู่ในระดับปานกลางคือเฉลี่ย 3.35 และจึงถูกระบุเป็นข้อปรับปรุงเพิ่มเติม สรุปได้ว่าชุดฝึกที่พัฒนามีประสิทธิภาพและความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นสื่อการสอนด้านพีแอลซี เซอร์โวมอเตอร์ และแมชชีนวิชั่นช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติได้จริง และพร้อมต่อยอดสู่การเพิ่มความสะดวกใช้งาน การเชื่อมต่อเครือข่ายอุตสาหกรรมและการประเมินสมรรถนะเชิงปริมาณเพิ่มเติมในงานอนาคต

คำสำคัญ : โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์, เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ, ระบบวิชั่น, การควบคุมการเคลื่อนที่, ชุดฝึกปฏิบัติการ

Abstract

This paper presents the design and development of a Programmable Logic Controller (PLC) training kit for AC-servo motion control integrated with a machine-vision subsystem. The kit is designed to enhance learners' ability to integrate high-precision motion control with visual perception for Industry 4.0 applications. The primary objective is to provide a hands-on instructional instrument that allows users to develop PLC programs for commanding servo axes and executing vision-based decisions for real-time automated sorting. The methodology followed a three-phase approach: (1) Architectural design and sequence specification, including comprehensive wiring diagrams and I/O mapping; (2) System implementation, utilizing ladder logic within GX Works2 interfaced with a Python-based Raspberry Pi application for image processing (shape classification of circles and squares) to drive servo and pneumatic actuators; and (3) System verification, encompassing camera triggering, signal handshaking, and safety circuit validation. A usability evaluation was conducted using a five-point Likert scale across four dimensions: hardware installation, control-system design, laboratory suitability, and practical applicability. Results yielded an overall mean score of 4.14 (Very Good). While hardware installation and structural robustness were identified as primary strengths, ease of use received a moderate score (mean 3.35), highlighting an area for iterative improvement. Ultimately, the training kit serves as an effective instructional aid for PLC, AC-servo, and machine-vision integration, successfully bridging the gap between theoretical concepts and industrial practice. Future work will focus on enhancing user interface (UI) accessibility, SCADA connectivity, and expanded quantitative performance metrics.

Keywords : PLC, AC-Servo, Machine Vision, Motion Control, Training Kit

บทนำ

ในยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรม 4.0 ประเทศไทยกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในภาคการผลิตและอุตสาหกรรม โดยเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการทดแทนแรงงานมนุษย์ในกระบวนการผลิตต่างๆ การนำระบบอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้ไม่เพียงแต่ช่วยลดต้นทุนการจ้างแรงงานและต้นทุนการผลิตเท่านั้น แต่ยังสามารถลดอัตราการสูญเสียของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากข้อผิดพลาดของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมทางเทคโนโลยียังได้รับการส่งเสริมให้เติบโตเป็นวิสาหกิจเริ่มต้นทางเทคโนโลยี (Tech Startup) ซึ่งถือเป็นรากฐานสำคัญของเศรษฐกิจใหม่ที่ขับเคลื่อนประเทศในอนาคต อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังคงต้องพึ่งพาการนำเข้าเทคโนโลยีหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติที่มีมูลค่าสูงจากต่างประเทศเป็นหลัก ทำให้เกิดความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสร้างความเข้มแข็งและความพร้อมในการพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวภายในประเทศ [1]

ระบบอัตโนมัติในบริบทของอุตสาหกรรมสมัยใหม่หมายถึงเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ที่ได้รับการออกแบบให้สามารถปฏิบัติงานแทนมนุษย์ในภารกิจต่างๆ [2] ที่มีความซับซ้อนและต้องการความแม่นยำสูง โดยระบบเหล่านี้มีความสามารถในการทำงานด้วยคำสั่งที่กำหนดไว้ล่วงหน้าแบบซ้ำๆ พร้อมทั้งยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงานตามความต้องการ เครื่องจักรและอุปกรณ์อัตโนมัติมีความสามารถในการเคลื่อนไหว การตัดสินใจ และการตอบสนองต่อข้อมูลหรือสัญญาณจากสภาพแวดล้อม โดยสามารถปรับเปลี่ยนโปรแกรมการทำงานเพื่อให้สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้หลากหลายตามลำดับขั้นตอนที่ได้รับการตั้งโปรแกรมไว้ ระบบเหล่านี้จึงมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดข้อผิดพลาดในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรม [3]

การศึกษาและการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเตรียมบุคลากรให้มีความพร้อมสำหรับการปฏิวัติอุตสาหกรรม การพัฒนาชุดฝึกพีแอลซี (Programmable Logic Controller) ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับร่วมกับระบบวิชั่น (Machine Vision) [4][5]จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่มีศักยภาพสูงในการสร้างเครื่องมือการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาและทำความเข้าใจการเขียนโปรแกรมระบบควบคุมอัตโนมัติ ชุดฝึกนี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะในการเขียนโปรแกรม Programmable Logic Controller เพื่อควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์เท่านั้น[6] แต่ยังสามารถประยุกต์ใช้ระบบวิชั่นในการตรวจสอบและจำแนกลักษณะของวัตถุได้อีกด้วย การพัฒนาเครื่องมือการเรียนรู้ดังกล่าวจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จริงและเข้าใจหลักการทำงานของระบบอัตโนมัติที่ใช้ในอุตสาหกรรมสมัยใหม่ ซึ่งจะเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาศักยภาพและความสามารถของบุคลากรทางเทคนิคให้สอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมในอนาคต

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อพัฒนาการใช้ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซอร์โวมอเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับและระบบวิชั่น
- 1.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซอร์โวมอเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับและระบบวิชั่น

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุเมธ เฉลิมพันธ์ (2560) [7] การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกระบบนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์ ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล (PLC) การวิจัยนี้กล่าวถึงการวิจัยเชิงทดลอง(Experimental Research) ประเภท One-Group Pretest-Posttest Design มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์ ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล (PLC) และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยสมมติฐานของการวิจัย คือ ชุดฝึกระบบนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์ ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล (PLC) ที่ผู้วิจัยได้จัดสร้างขึ้น สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนใน วิชานิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์

ศุภเชษฐ์ไชยวุฒิ (2557) [8] การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการตรวจสอบโดยใช้ระบบวิชั่น การวิจัยนี้กล่าวถึง การลดการใช้แรงงานคนและทำการเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของแผนกตรวจสอบคุณภาพของแผ่นซิปสเตอร์ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นการคัดแยกกระหว่างงานดีกับงานเสียและยังใช้แรงงานคนในการตรวจสอบคุณภาพดังกล่าวอยู่ทางแผนกจึงได้นำเสนอที่จะนำเทคโนโลยีระบบวิชั่นเข้ามาใช้เพื่อทำการตรวจสอบและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการตรวจสอบแผ่นซิปสเตอร์ให้ได้จำนวนงานที่เพิ่มขึ้นและได้งานที่มีคุณภาพนอกจากนี้ยังนำเอากระบวนการประมวลผลภาพมาใช้โดยนำเอารูปภาพมาทำการวิเคราะห์รวมถึงใช้โปรแกรมในการควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบวิชั่นผลการศึกษพบว่าหลังจากนำระบบวิชั่นเข้ามาใช้

ธนิศร์ พันธุ์ประยูร (2563) [9] การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ด้วย Programmable Logic Controller การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ด้วย Programmable Logic Controller วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ตามหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ผู้วิจัยได้ออกแบบ และสร้างชุดทดลองให้ตรงตามหลักสูตร จำนวน 9 ใบงาน การทดลองครอบคลุมเนื้อหาการเรียน จำนวน 6 หัวข้อ เรื่อง ประกอบด้วย การสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง การกลับทางหมุนของมอเตอร์ การควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน เรียงกันตามลำดับ การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ท-เดลต้า การควบคุมมอเตอร์สองความเร็ว และการประยุกต์ใช้ เซนเซอร์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 แผนกช่างไฟฟ้า วิทยาลัยการอาชีพเขียงราย ปีการศึกษา 2560 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา

ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม ทำการศึกษาและทดลองโดยใช้ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยพบว่าชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ด้วย Programmable Logic Controller ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.4/85.89 ซึ่งเป็นไปตาม เกณฑ์ที่ตั้งไว้

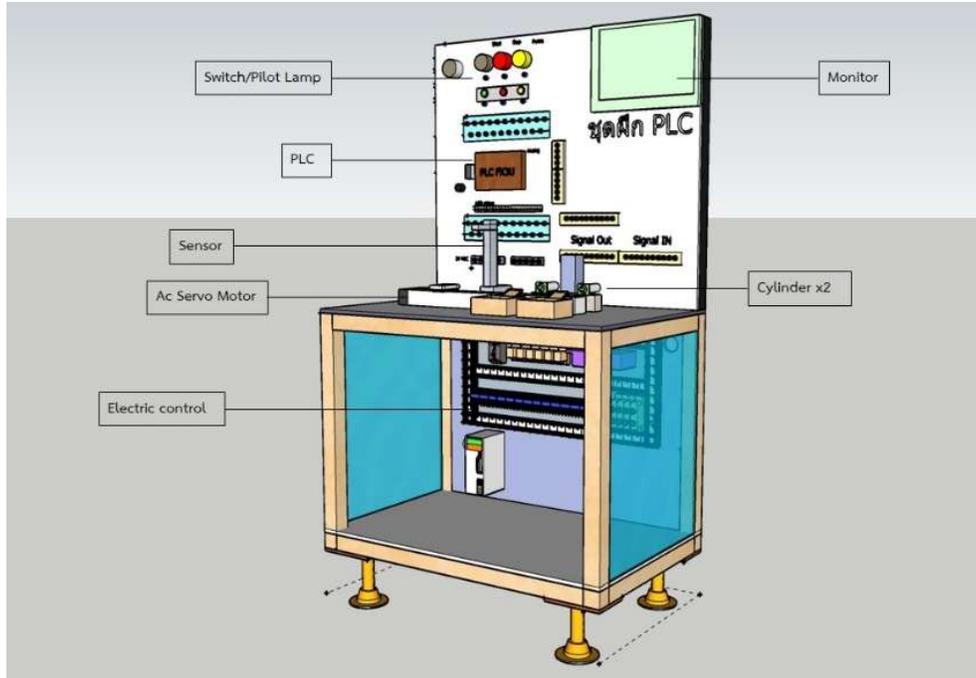
วิโรจน์ บัวงาม และกำพล พูลผล (2558) [10] ตู้เก็บของอัตโนมัติโดยใช้ระบบนิวแมติกส์งานวิจัยนี้แนะนำเสนอการควบคุมการทำงานของระบบจัดเก็บอุปกรณ์เข้าตู้เก็บของโดยระบบอัตโนมัติซึ่งเป็น การจำลองรูปแบบการทำงานของระบบจัดเก็บอุปกรณ์อัตโนมัติที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม เพื่อเป็นการศึกษาและออกแบบ ควบคุมการทำงานของระบบจัดเก็บอุปกรณ์เข้าตู้เก็บของโดยระบบอัตโนมัติประกอบไปด้วย ระบบควบคุมตำแหน่งของ บอลสกรูด้วยเซอร์โวมอเตอร์โดยมีแกนตั้งและแกนนอน และระบบนิวแมติกส์โดยมีลูกสูบหมุนกระบอกลูกสูบสองทางและกระบอกลูกสูบแบบหนีบ ในการควบคุมการจัดเก็บอุปกรณ์มีการเขียนโปรแกรมพีแอลซีเพื่อควบคุมการทำงานให้สามารถควบคุม การทำงานได้ทั้งระบบอัตโนมัติและระบบสั่งงานด้วยมือ นอกจากนั้นยังสามารถแสดงผลและควบคุมการทำงานได้ด้วยระบบจอสัมผัส

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาชุดฝึกพีแอลซีควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับร่วมกับระบบวิชั่น การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์หาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพชุดฝึกพีแอลซีควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ในการตรวจสอบโดยใช้ระบบวิชั่นเพื่อทำการตรวจสอบจำแนกชนิดวัตถุด้วยการนำระบบวิชั่นมาใช้งาน และลำเรียงวัตถุไปตามตำแหน่งที่โปรแกรมไว้ โดยจะอธิบายถึงรายละเอียดและขั้นตอนในการศึกษารวมถึง ในกระบวนการทำงานของชุดฝึกกำหนดขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. ขั้นตอนการการพัฒนาชุดฝึกการเขียนโปรแกรมพีแอลซีควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

ออกแบบกระบวนการทำงานของต้นแบบชุดฝึกโดยครอบคลุมหัวข้อการฝึกได้แก่ ฝึกเขียนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) โปรแกรมพื้นฐาน โปรแกรมประยุกต์ ฝึกต่ออินพุต/เอาต์พุต(Input/Output) โปรแกรมภาษา Python ควบคุมการทำงานของระบบแมคซีวิชั่น จากนั้นทำการออกแบบวงจรเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับระบบดังกล่าวซึ่งได้เป็นกระบวนการของการลำเรียงวัตถุและคัดแยก ออกแบบกระบวนการทำงานเนื่องจากต้นแบบชุดฝึกการเขียนโปรแกรมพีแอลซี ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ มีลักษณะในการทำงานประเภทลำเรียงชิ้นงานตามแนวแกน ทำให้กระบวนการทำงานนั้นจะทำงานซ้ำไปซ้ำมาแบบเดิมๆจึงเขียนเป็น Step Diagram หลังจากได้กระบวนการและวงจรที่สมบูรณ์แล้ว จึงทำการออกแบบโดยโปรแกรมช่วยในการออกแบบและสร้างต้นแบบชุดฝึก ดังนี้รูปที่ 1 รูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 1 การออกแบบโครงสร้าง



(ก)

(ข)

รูปที่ 2 การประกอบติดตั้งโครงสร้าง (ก) การติดตั้งชุดเซอร์โวมอเตอร์และชุดคัตแยก (ข) การติดตั้งชุดเซอร์โวมอเตอร์และชุดกล่องเว็บแคม



รูปที่ 3 ภาพประกอบชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์

จากรูปที่ 1 รูปที่ 2 และรูปที่ 3 นั้นเป็นการพัฒนาชุดฝึกการเขียนโปรแกรมพีแอลซีควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยมีขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ต้นกำลัง โดยมีเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ (V) เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังและมีเซ็นเซอร์ชนิดใช้แสง (photo sensor) ระบุตำแหน่งต่างๆ กล้องส่องชิ้นงาน ควบคุมผ่านบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ (Raspberry Pi) โดยจะจับภาพตรวจสอบลักษณะชิ้นงานจากนั้นให้ทำการส่งสัญญาณไปยังพีแอลซีเพื่อระบุตำแหน่งการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ ครอบคลุมตัวป้อนชิ้นงาน เป็นครอบคลุมสองทางมีช่วงชัก 150 มิลลิเมตร ทำงานร่วมกับโซลินอยด์วาล์วลม วาล์วควบคุมทิศทางลมนิวแมติกส์ประกอบไปด้วยวาล์วนิวแมติกส์แบบ 5/3 จำนวน 2 ตัว และการติดตั้งบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ (Raspberry Pi) เป็นระบบแมชชีนวิชัน (Machine Vision System) โดยทำการเชื่อมต่อกับกล้องเว็บแคม จากนั้นดำเนินการทดลองด้วยการเขียนโปรแกรมผ่านคอมพิวเตอร์

2. วิธีการทดสอบระบบชุดฝึกการเขียนโปรแกรมพีแอลซีควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

ขั้นตอนการทดสอบชุดฝึกการเขียนโปรแกรมพีแอลซีควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ดำเนินการทดลองด้วยการเขียนโปรแกรมผ่านคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบไปด้วย โปรแกรม GX work 2 และ โปรแกรมภาษา Python โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย โปรแกรม GX work 2 และ โปรแกรมภาษาไพธอน โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้ (1) กำหนดอินพุต/เอาต์พุตแล้วเขียนแลตเตอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) ดังตารางที่ 1 (2) เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

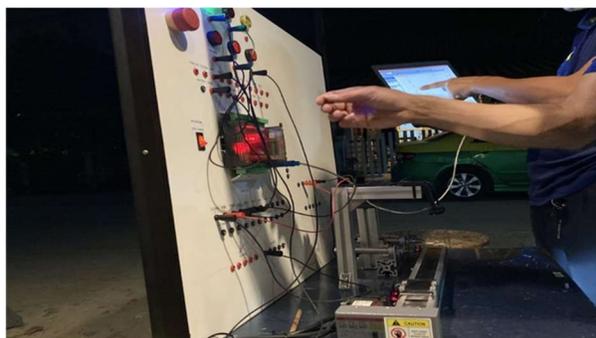
2.1 กำหนดอินพุต/เอาต์พุตแล้วเขียนแลตเตอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram)

การออกแบบและสร้างชุดทดลองพีแอลซีเพื่อใช้เป็นสื่อการสอน ประกอบด้วย แลตเตอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์และสำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ให้ทำงานโดยอัตโนมัติ ดังตารางที่ 1

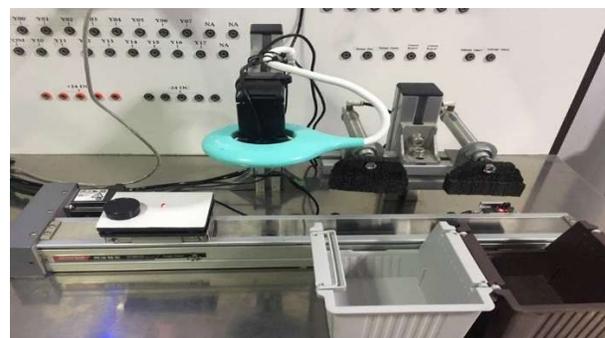
ตารางที่ 1 การกำหนดอินพุต/เอาต์พุตแล้วเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram)

Device Name	Comment
M0	Station
M1	Home
X000	Start
X001	Stop
X002	Station1
X003	Home
X004	Reset System
Y000	PLUSE
Y001	System on
Y002	DIR
Y003	Station Off
Y004	Home
T1	timer1
T2	timer2

2.2 การโปรแกรมควบคุมการทำงานของโปรแกรมพีแอลซีควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับร่วมกับสร้างไฟล์แลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) ลงในโปรแกรม GX Works2 และเขียนโปรแกรมภาษาไพธอนลงในบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ (Raspberry Pi) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบแมชชีนวิชันโดยการดาวน์โหลดโปรแกรมพีแอลซีลงชุดทดลอง และทำการต่อวงจรตามที่ได้กำหนดไว้ ดังรูปที่ 4



(ก)

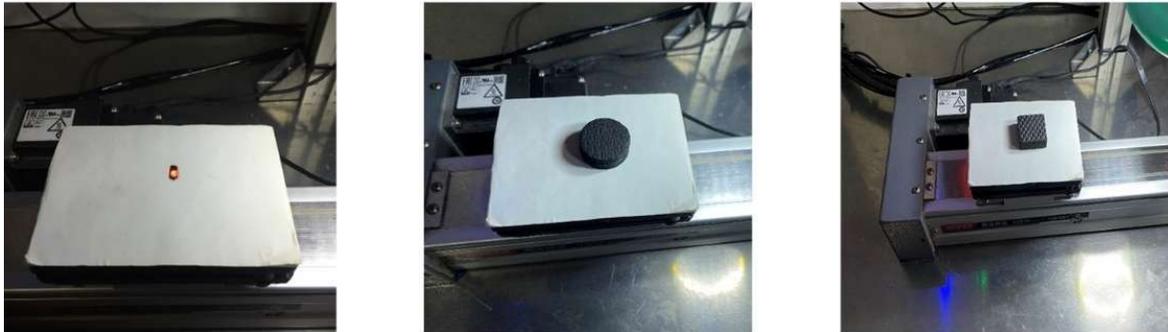


(ข)

รูปที่ 4 การโปรแกรมพีแอลซีลงชุดทดลอง (ก) การทดสอบการทำงานของชุดฝึก (ข) การทดลองระบบวิชัน คัดแยกลักษณะของวัสดุ

จากรูปที่ 4 เป็นการทดสอบโปรแกรมผ่านบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ (Raspberry Pi) ที่ใช้ในการทดสอบระบบแมชชีนวิชัน (Machine Vision System) การมองเห็นของเครื่องจักร การตรวจสอบลักษณะโดยปราศจากการสัมผัสกับชิ้นงานตรวจสอบด้วยการใช้การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) ในการประมวลผลภาพ (Image Processing) จากกล้องถ่ายภาพ

ดิจิทัลหรือกล้องถ่ายภาพดิจิทัลฉลาด (Smart Camera) ที่ส่งไปยังโรงงาน และจะกำหนดลักษณะการวางวัตถุลงบนถาดสำหรับวางชิ้นงาน ดังรูปที่ 5



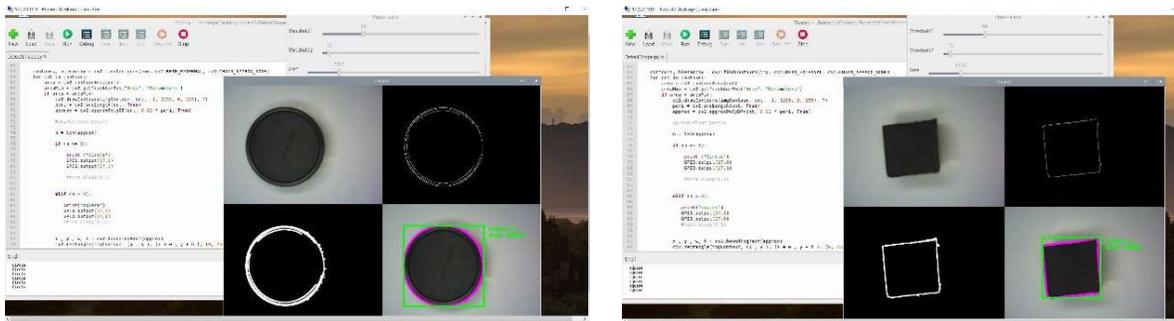
(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 5 การวางวัตถุลงบนถาดสำหรับวางชิ้นงาน (ก) จุดเซนเซอร์จะทำการตรวจจับชิ้นงาน (ข) ทดสอบวางชิ้นงานทรงกลม (ค) ทดสอบวางชิ้นงานทรงสี่เหลี่ยม

จากภาพที่ 5 ขั้นการทดสอบโดยเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมโดยกดปุ่มสวิทช์สตาร์ทระบบจะทำงานอัตโนมัติ เมื่อหยิบชิ้นงานวางลงบนถาดสำหรับวางชิ้นงาน เซนเซอร์จะทำการตรวจจับชิ้นงานเมื่อมีวัตถุเซอร์ไวโมเตอร์จะเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งของกล้อง จากนั้นกล้องเว็บแคมจะทำการถ่ายภาพส่งต่อการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์และตีความหมายของภาพเพื่อตัดสินใจลักษณะรูปภาพการทำงานดังภาพที่ 6 หากวัตถุมีลักษณะเป็นวงกลม เซอร์ไวโมเตอร์จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของกระบอกกลมนิวเมติกส์ตัวที่ 1 หากวัตถุมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม เซอร์ไวโมเตอร์จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของกระบอกกลมนิวเมติกส์ตัวที่ 2 ดังภาพที่ 7



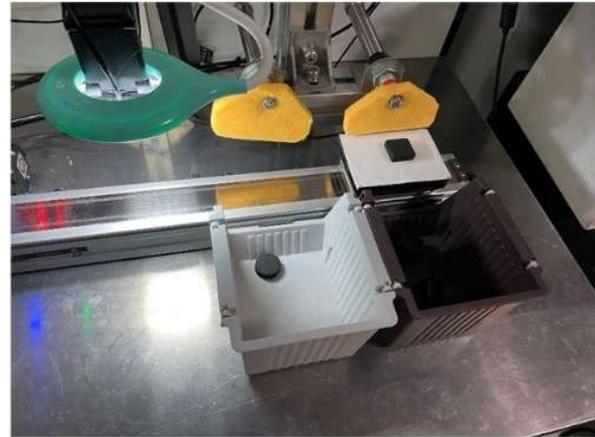
(ก)

(ข)

รูปที่ 6 การทดลองระบบวิชั่น คัดแยกลักษณะของวัสดุ (ก) พบภาพทรงกลม (ข) พบภาพทรงสี่เหลี่ยม



(ก)



(ข)

รูปที่ 7 การที่วัตถุเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของกระบอกลมนิวเมติกส์ (ก) เคลื่อนที่ไปยังจุด 1 (ข) เคลื่อนที่ไปยังจุด 2

จากกระบวนการทำงานดังภาพที่ 4 ถึง ภาพที่ 7 เป็นทดลองการทำงานของชุดฝึกพีแอลซีควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ ตรวจสอบอุปกรณ์แต่ละตัว ทดลองการทำงานเบื้องต้น รวมทั้งต้องวงจรการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ตามที่ออกแบบไว้ ทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์แต่ละตัว นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับชุดทดลองที่มีการใช้งานอยู่ ตรวจสอบและแก้ไขจุดที่บกพร่องจนเกิดความสมบูรณ์แบบ และสามารถนำไปทดลองตามใบงานที่ได้กำหนดไว้ต่อไปได้

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จากการพัฒนาประสิทธิภาพชุดฝึกพีแอลซีควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับร่วมกับระบบวิชั่น เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลและบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ จึงได้จัดทำแบบการประเมินเพื่อใช้ในการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกแอลซีควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับร่วมกับระบบวิชั่น

1. ผลการประเมินความเหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ของชุดฝึก

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ของชุดฝึก

หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับ
	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.	
1. ความเหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ของชุดฝึก			
1.1 การออกแบบกระบวนการทำงาน	4.3	0.73	ดีมาก
1.2 การติดตั้งอุปกรณ์ เช่น เซอร์โวมอเตอร์ กัล้อง กระบอกสูบ เซนเซอร์	4.35	0.67	ดีมาก
1.3 ความเรียบร้อยในการ Wiring ท่อลม สายไฟ	4.25	0.63	ดีมาก
รวมด้านที่ 1	4.3	0.68	ดีมาก

จากตารางที่ 2 ซึ่งเป็นตารางของผลการประเมินความเหมาะสมในการใช้ประกอบการเรียนการสอนฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลและบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ ในหัวข้อการประเมินที่ 1 ด้านความเหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ชุดฝึกผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่ามีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.3

และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) เท่ากับ 0.68 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าอยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุดและมากเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ 1.2 การติดตั้งอุปกรณ์ เช่น มอเตอร์ กล้อง กระจกสบู่ เซนเซอร์ 1.1 การออกแบบกระบวนการทำงาน และ 1.3 ความเรียบร้อยในการต่อท่อลมสายไฟ

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเหมาะสมของการออกแบบระบบควบคุม

หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับ
	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.	
2. ความเหมาะสมของการออกแบบระบบควบคุม			
2.1 สวิตซ์ไฟฟ้า/ไฟแสดงสถานะ	4.5	0.51	ดีมาก
2.2 พีแอลซี	4.1	0.71	ดีมาก
2.3 บอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ (Raspberry Pi)	3.9	0.91	ดีมาก
2.4 ช่องอินพุต/เอาต์พุต	3.7	0.97	ดีมาก
รวมด้านที่ 2	4.05	0.78	ดีมาก

จากตารางที่ 3 ซึ่งเป็นตารางของผลการประเมินความเหมาะสมในการใช้ประกอบการเรียนการสอนฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลและบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ ในหัวข้อการประเมินที่ 2 ความเหมาะสมของการออกแบบกล่องควบคุมผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่ามีค่าความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับความเหมาะสมมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) เท่ากับ 0.78 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าอยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุดข้อเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ 2.1 สวิตซ์ไฟฟ้า/ไฟแสดงสถานะ 2.2 พีแอลซี 2.3 บอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ (Raspberry Pi) 2.4 ช่องอินพุต/เอาต์พุต

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความเหมาะสมในการฝึกปฏิบัติ

หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับ
	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.	
3. ความเหมาะสมในการฝึกปฏิบัติ			
3.1 การฝึกใช้ทักษะ Wiring (การต่อ Input/Output)	4.15	0.67	ดีมาก
3.2 การฝึกใช้คำสั่งพื้นฐาน (LD AND OR OUT SET)	3.9	0.78	ปานกลาง
3.3 การฝึกใช้คำสั่งประยุกต์ (BCD BIN MOVE CMP)	4.5	0.51	ดีมาก
3.4 การฝึกเขียนโปรแกรมแบบ แลตเตอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram)	4.15	0.81	ดีมาก
3.5 การฝึกเขียนโปรแกรม PLC ติดต่อกับบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ (Raspberry Pi)	3.6	0.82	ปานกลาง
รวมด้านที่ 3	4.06	0.72	ดีมาก

จากตารางที่ 5 ซึ่งเป็นตารางของผลการประเมินความเหมาะสมในการใช้ประกอบการเรียนการสอนฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลและบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ ในหัวข้อการประเมินที่ 3 ความเหมาะสมในการฝึกปฏิบัติผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่ามีค่าความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 มีค่าเบี่ยงเบน

มาตรฐาน (Standard Deviation: SD) เท่ากับ 0.72 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าอยู่ในระดับความเหมาะสมมากและมีบางข้ออยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุดเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ 3.3 การฝึกใช้คำสั่งประยุกต์ 3.1 การฝึกใช้ทักษะ Wiring (การต่อ Input/Output) 3.4 การฝึกเขียนโปรแกรมแบบ Ladder Diagram 3.2 การฝึกใช้คำสั่งพื้นฐาน 3.5 การฝึกเขียนโปรแกรม PLC ติดต่อกับบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ (Raspberry Pi)

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความเหมาะสมในการใช้งาน

หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับ
	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.	
4. ความเหมาะสมในการใช้งาน			
4.1 การใช้ประกอบการเรียนการสอน	4.5	0.51	ดีมาก
4.2 ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.15	0.74	ดีมาก
4.3 การเคลื่อนย้าย	4.35	0.58	ดีมาก
4.4 ขนาดของชุดฝึก	4.15	0.81	ดีมาก
4.5 ความมั่นคง/แข็งแรงของชุดฝึก	4.4	0.75	ดีมาก
4.6 ความสะดวกในการใช้งาน	3.35	0.81	ปานกลาง
รวมด้านที่ 4	4.15	0.70	ดีมาก

จากตาราง 5 ซึ่งเป็นตารางของผลการประเมินความเหมาะสมในการใช้ประกอบการเรียนการสอนฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลและบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ ในหัวข้อการประเมินที่ 4 ความเหมาะสมในการใช้งานผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่ามีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับความเหมาะสมมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) เท่ากับ 0.70 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าอยู่ในระดับความเหมาะสมมากทุกข้อเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ 4.1 การใช้ประกอบการเรียนการสอน 4.5 ความมั่นคงแข็งแรงของชุดฝึก 4.3 การเคลื่อนย้าย 4.2 ความปลอดภัยในการใช้งาน 4.4 ขนาดของชุดฝึกและสุดท้าย 4.6 ความสะดวกในการใช้งาน

ตารางที่ 6 ผลรวมการประเมิน

รวมทั้ง 4 ด้าน	ผลการประเมิน		ระดับ
	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.	
		4.14	0.72

จากตารางที่ 6 เมื่อนำค่าเฉลี่ยของผลการประเมินทั้ง 4 ด้านมารวมกันจะได้ค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 4 ด้านซึ่งมาค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.14 อยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุดและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) เท่ากับ 0.72 ซึ่งเป็นค่าความเหมาะสมที่อยู่ในระดับที่ผู้จัดทำตั้งไว้ในวัตถุประสงค์

อภิปรายผล

จากการทดลองใช้งานชุดฝึกในการเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับ ทำการตัดแยกวัตถุ นั้นพบว่าระบบวิชั่นและระบบพีแอลซีสามารถทำงานได้ถูกต้องตามเงื่อนไขที่ได้วางแผนไว้ มีแบบฝึกหัดสำหรับผู้เริ่มใช้งาน เพื่อเป็น

ประโยชน์ในการศึกษา และทำไปประยุกต์ใช้งานหรือปรับปรุงการทำงานของระบบในอนาคตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เมื่อนำพีแอลซีมาใช้ในกระบวนการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับ และระบบวิชั่นมาใช้ในการตรวจสอบแยกวัตถุ ได้ผลอยู่ในระดับดีมากถึง 100% ซึ่งทำให้เข้าใจระบบการทำงานต่างๆได้เป็นอย่างดี ส่งผลดีในเรื่องการศึกษาเรียนรู้ระบบอัตโนมัติและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการผลิต หรือองค์กรอื่น ๆ ที่ต้องการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ ทั้งในด้านการใช้แรงงานคน ลดต้นทุนการผลิตและผลิตประสิทธิภาพในการผลิตมากยิ่งขึ้นด้วย

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ การสร้างและพัฒนาหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบเซอร์โวมอเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับ ร่วมกับระบบวิชั่น ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) และบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ประกอบการเรียนรู้โดยใช้สำหรับเป็นต้นแบบในการหัดเขียนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ สามารถเขียนควบคุมเซอร์โวมอเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับให้เคลื่อนที่ตามแกน และระบบวิชั่นใช้ในการตรวจสอบวัตถุ ผู้จัดทำได้ทำการค้นคว้าศึกษาข้อมูลและระดมสมองกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อหาเครื่องมือที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการสร้างชุดฝึกเป็นการพัฒนาการศึกษาเรียนรู้ เพื่อให้ได้ชุดฝึกที่มีประสิทธิภาพต่อการทำมา เป็นสื่อการสอนให้กับผู้ที่สนใจ เกี่ยวกับการออกแบบโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และระบบวิชั่นในการคัดแยกประเภทวัตถุ ให้ได้สัมผัสนการใช้งานอุปกรณ์จริง ส่งเสริมการศึกษาระบบอัตโนมัติให้ดียิ่งขึ้น จากที่ได้พัฒนาชุดฝึกโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับ ร่วมกับระบบวิชั่น ที่ผู้วิจัยได้จัดสร้างขึ้นนั้น เป็นการพัฒนาชุดฝึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้เป็นสื่อการเรียนรู้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และระบบวิชั่นคัดแยกวัตถุ ผู้ใช้สามารถออกแบบโปรแกรมตามความคิดของผู้ใช้ได้ พร้อมทั้งมีอุปกรณ์ต่างๆ อาทิเช่น สวิตซ์ ไฟแสดงสถานะ กิ่งลองตรวจจับ กระจกอบสูบนิวเมติก เซนเซอร์ เป็นต้น และมีคู่มือแบบฝึกเบื้องต้นสำหรับผู้เริ่มต้นเรียนรู้ระบบโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ อีกทั้งตัวชุดฝึกยังมีระบบเซฟตี้ฉุกเฉินเพื่อป้องกันการเสียหายของตัวระบบเอง สรุปได้ว่าชุดฝึกโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับร่วมกับระบบวิชั่น ทางคณะผู้จัดทำได้สร้างขึ้นมานั้นพบว่าได้ผลเป็นไปตามวัตถุประสงค์ทุกประการสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้งานได้จริงในการเป็นสื่อการสอนได้อย่างเป็นดี

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยการพัฒนาการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับและระบบวิชั่นเพิ่มเติม ด้วย โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้กับนักศึกษาที่เรียนระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ผู้วิจัย มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ในการสร้างการชุดทดลอง จะต้องมีตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชิ้น และตรวจสอบ วงจรไฟฟ้าอย่างละเอียดเพื่อให้เกิดความปลอดภัย
2. การออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลอง ต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหา ที่จะได้รับจากการใช้ชุดทดลองกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรให้มีความสอดคล้องกัน
3. ในการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลองที่มีการใช้งานเกี่ยวกับไฟฟ้ากระแสสลับนี้ ต้องคำนึงถึง ความปลอดภัยของผู้เรียนเป็นสำคัญ
4. ความร่วมมือของกลุ่มตัวอย่าง มีผลอย่างยิ่งต่อการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองผู้วิจัย และครูผู้สอน ต้องร่วมกันใช้เทคนิคและวิธีการสนับสนุนให้กลุ่มตัวอย่างร่วมมือในการทำวิจัยด้วยความเต็มใจ

5. การทดลองโดยใช้ชุดทดลอง 1 ชุด ต่อผู้เรียน 2 คน ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสช่วยกันเสนอความคิดเห็น และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะทำการทดลอง แต่ถ้าผู้เรียนบางคนไม่สนใจอาจไม่ลงมือปฏิบัติ เป็นผลให้การวิจัย ได้ข้อมูลไม่ตรงกับสภาพเป็นจริง ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรควบคุมดูแลผู้เรียนขณะปฏิบัติงานอย่างใกล้ชิด

6. การเลือกใช้วัสดุสำหรับประกอบเป็นชุดทดลอง ควรเลือกวัสดุต่าง ๆ ให้เป็นชนิดที่มีความผิดพลาดต่ำ และสามารถหาซื้อได้ทั่วไปในประเทศ ต่างจังหวัด เพื่อความสะดวกในการบำรุงรักษาชุดทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนิกันต์ มุสิกทอง, (2562), การจัดทำแผนพัฒนาด้านเครื่องจักรและเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสู่ระบบดิจิทัล, Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD). 9683
- [2] ศิริวรรณ พลเศษ. (2568). การเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมโหลดไฟฟ้ากระแสตรงด้วยระบบพีไอดีเชิงพยากรณ์และเทคโนโลยี อาร์เอฟไอดี. สหวิทยาการและความยั่งยืนปริทรรศน์ไทย, 14(1), บทความที่ 20
- [3] ทองพันซัง พงษ์ วารินทร์. (2021). การเพิ่มผลิตภาพสำหรับธุรกิจอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม. วารสารพัฒนาธุรกิจและอุตสาหกรรม, 1(3), 91-97
- [4] ศุภชัย หอวิมานพร. (2025). การพัฒนาชุดการเรียนรู้พีแอลซีสำหรับการควบคุมตำแหน่ง. Journal of Digital Education and Learning Engineering, 1(1), 58-69
- [5] Arisariyawong, T., Khumset, T., & Prommueang, T. (2024). Open-Source Embedded Vision System for Industry 4.0 Applications. Srinakharinwirot University Engineering Journal, 20(1), 14-22
- [6] ยนต์ศรี สมสีท่า, ทรงศักดิ์ นิลทิถิน, และ ชัยพล จันทร์ประดิษฐ์. (2563). การพัฒนาชุดฝึกพีแอลซีควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับร่วมกับระบบวีซี. โครงการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
- [7] สุเมธ เฉลิมพันธ์. (2560). การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกระบบนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์ ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล (รายงานผลการวิจัย). นครสวรรค์ : วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์.
- [8] ศุภเชษฐ์ ไชยวุฒิ (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการตรวจสอบโดยใช้ระบบวีซี (รายงานผลการวิจัย). ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [9] ธนิศร์ พันธุ์ประยูร. (2563). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ด้วย Programmable Logic Controller (รายงานผลการวิจัย). เชียงราย : วิทยาลัยการอาชีพเชียงราย.
- [10] วิโรจน์ บัวงาม และกำพล พูลผล (2558). ตู้เก็บของอัตโนมัติโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ (รายงานผลการวิจัย). นครปฐม : มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม