



วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/edkkuj>

ดำเนินการวารสารโดย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้ MIAP ร่วมกับชุดสาธิตและการจำลองการทำงานเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้รายวิชา การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว

The Effect of using MIAP Learning Model with Demonstration Set and Simulation to Promote Learning on Electric Drive and Servo System Subject.

สันติ หุตะมาน

Santi Hutamarn

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Department of Technical Education in Mechanical Engineering, Faculty of Technical Education, KMUTNB, Thailand

Received: September 28, 2021 Revised: March 29, 2022 Accepted: March 29, 2022

บทคัดย่อ

การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ามีความสำคัญต่องานอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก เพราะเป็นการควบคุมเครื่องต้นกำลังสำหรับการหมุนที่ใช้ไฟฟ้าในการทำงาน การศึกษาด้านการควบคุมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ามักจะใช้สมการทางคณิตศาสตร์ที่สลับซับซ้อนในการอธิบายปรากฏการณ์ของการควบคุม ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการนำรูปแบบการเรียนรู้ MIAP มาใช้ร่วมกับชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และการจำลองการทำงานประกอบกับการจัดการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยคือ 1). เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้ MIAP ควบคู่กับชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และการจำลองการควบคุม กับผู้เรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบ บรรยายประกอบเพาเวอร์พอยต์ควบคู่กับใบเนื้อหา และ 2). เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้ MIAP ควบคู่กับชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และการจำลองการควบคุม การดำเนินการวิจัย เริ่มจากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้วิชา การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว จากนั้นจึงทำการออกแบบและสร้างชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แล้วจึงออกแบบและจัดทำใบเนื้อหา เพาเวอร์พอยต์ ใบงานประกอบการจำลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จำนวน 20 ข้อ และแบบประเมินความพึงพอใจโดยผู้เรียน เนื้อหาแบ่งออกเป็น 4 หน่วยการเรียนรู้ ครอบคลุมเกี่ยวกับ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง การควบคุมแบบพี การควบคุมแบบพีไอ และการควบคุมแบบพีไอดี จากนั้นนำชุดสาธิต ใบเนื้อหา และเพาเวอร์พอยต์ และใบงาน ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้พบว่าอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย 4.17 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.963) พร้อมทั้งประเมินดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบอยู่ในช่วง 0.4 – 1.0 แล้วจึงนำไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว จำนวน 37 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 18 คนใช้รูปแบบการเรียนรู้ MIAP ควบคู่กับชุดสาธิต ใบเนื้อหา เพาเวอร์พอยต์ และใบงานประกอบการจำลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า และกลุ่มควบคุมจำนวน 19 คน ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบเพาเวอร์พอยต์ควบคู่กับใบเนื้อหา ผลการทดสอบทางสถิติทดสอบ

ที่พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า รูปแบบการเรียนรู้ MIAP ร่วมกับชุดสาธิตและใบงานประกอบการจำลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ช่วยให้ผู้เรียน เรียนรู้ได้ดีขึ้นกว่าวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้ MIAP ควบคู่กับชุดสาธิตและใบงานการจำลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า อยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.728 ตามมาตราวัดประเมินค่าของลิเคิร์ต)

คำสำคัญ: การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ระบบเซอร์โว MIAP ชุดสาธิต

Abstract

The electric drive is exactly essential to the industry, because it is the control of the motor used for rotation power machine work. The study on the control of the electric drive is always employed the complexed equation to describe the control work. The researcher studies the model of MIAP integration with the DC motor control and the simulating work-integrated-learning. The purposes of this research aim to 1) compare the learners' learning achievements by using the model of MIAP integration with the DC motor control and the simulation control with the learners' learnings by using power point presentations and handouts, and 2) study the satisfaction of learners through the model of MIAP integration with the DC motor control and the simulation control. The research is conducted by studying the problems of the electric drives and the servo system courses. The researcher designs and develops the motor simulation control, handouts, power points, and worksheets for the motor simulation control, a 20-item achievement test, and a questionnaire to measure learner's satisfaction. The contents are divided into 4 learning units, which covers Mathematical models of the DC motor control, P controller, PI controller, and PID controller. The motor control simulation, power points and handouts are presented to 5 experts to evaluate the appropriateness of applying them in the instructions found that it is at a high level (mean 4.17 and S.D. 0.963), including IOC of the achievement test shown that the IOC is congruent to the purposes of the achievement test at 0.4 – 1.0. In addition, the achievement test is taken to test with 37 learners who enroll in the electric drives and the servo system courses. The 18-learner experimental group who applied with the model of MIAP integration with the DC motor control and the simulating work-integrated-learning, handouts, power point presentations, and worksheets for the motor simulation control with 19-learner control group who applied with the power point presentations and the handouts. The t-test shown that mean of achievement test score of the experimental group is significantly higher than the control group at .05. It means that the model of MIAP integration with the DC motor control and the simulating work-integrated-learning, including worksheets of the motor simulation control helps learners' learnings more effective than normal model learnings. Moreover, the satisfaction results of learners toward the model of MIAP integration with the simulation set and the worksheets of the motor simulation control is at a high level (mean 4.31 and S.D. 0.728 based on Likert rating scales.)

Keywords: Electric Drive, Servo System, MIAP Learning Model, Demonstration Set

บทนำ

ในปัจจุบัน การปฏิวัติดิจิทัล ส่งผลให้ประเทศไทยเกิดการเปลี่ยนแปลงไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 และปรับเปลี่ยนเป็นประเทศไทย 4.0 การพัฒนากำลังคนในระดับอาชีวศึกษาหรือมัธยมศึกษา และระดับอุดมศึกษาที่ผ่านมายังมีความรู้และทักษะที่ไม่ตรงกับความต้องการของตลาดแรงงาน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) ทำให้มีความจำเป็นต้องปรับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีทักษะและสมรรถนะตรงตามความต้องการของตลาดแรงงาน โดยเฉพาะงานด้านอุตสาหกรรมที่เป็นส่วนขับเคลื่อนให้ประเทศไทยสามารถก้าวไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 ได้อย่างสมบูรณ์

งานด้านอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นหลักในการขับเคลื่อนระบบ อาทิเช่น อุตสาหกรรมรีดแผ่นเหล็ก ระบบปรับอากาศ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม เป็นต้น ล้วนแต่อาศัยมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นหลักในการขับเคลื่อน โดยมอเตอร์ไฟฟ้าที่นำมาใช้ มีทั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขณะที่การควบคุมมอเตอร์นั้นมีการควบคุมความเร็วรอบและการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเพลาลูกเบี้ยวขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ขับเคลื่อน ลักษณะของการควบคุมหากต้องการให้มีความแม่นยำ ความผิดพลาดน้อยที่สุด มักจะเลือกใช้การควบคุมแบบลูปปิด ผู้ใช้งานสามารถเลือกปรับค่าพารามิเตอร์จากตัวควบคุมแบบพีโอดี (M. A. Taut, G. Chindris, and D. Pitica, 2018) เพื่อให้มีผลตอบสนองที่เหมาะสมกับงานประเภทนั้นๆ ได้อย่างเหมาะสม

เนื่องจากการออกแบบตัวควบคุมเพื่อควบคุมความเร็วรอบหรือตำแหน่งการเคลื่อนที่ ที่เพลาลูกเบี้ยวของมอเตอร์ไฟฟ้า ต้องใช้สมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสลับซับซ้อนในระดับหนึ่ง ทำให้ผู้เรียนที่มีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำต้องใช้ความพยายามอย่างมากในการทำโจทย์ โจทย์ให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายเนื่องจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์และมองไม่เห็นพฤติกรรมของสมการคณิตศาสตร์เหล่านั้น วิธีการแก้ปัญหาวิธีหนึ่งคือการสร้างเป็นแบบจำลอง โดยนำแบบจำลองมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ (ลภภา, 2562) ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจสมการทางคณิตศาสตร์มากขึ้น มีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ที่มีความสัมพันธ์กันและอธิบายปรากฏการณ์จากแบบจำลองได้เป็นอย่างดี (ชนาธิป สุริยพร และวันดี, 2562) และเมื่อนำแบบจำลองที่เป็นส่วนประกอบจากสมการทางคณิตศาสตร์ นำไปจำลองแบบโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาช่วยจำลองการทำงาน ผู้เรียนสามารถดูกราฟผลตอบสนองที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองโดยผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ทันที เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น ขณะเดียวกันก็สามารถหาคำตอบได้จากกราฟทันที (วันชลมา อภิสิทธิ์ และรักพร, 2562) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า หากมีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของตัวมอเตอร์ไฟฟ้านำมาจำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจสมการทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น ซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นิยมนำมาใช้จำลองการทำงานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีหลากหลายโปรแกรม อาทิเช่น LabVIEW และ MATLAB เป็นต้น การใช้โปรแกรม LabVIEW มักจะใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงต้องมีชุดเชื่อมโยง อาทิเช่น NI-MyRIO 1900 (Gabriela Ciprian and Mihai, 2019) เพื่อเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์เข้ากับอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ทำให้ผู้เรียนสามารถเห็นภาพทำงานของการควบคุมมอเตอร์ได้เป็นอย่างดี แต่มีข้อด้อยคือชุดอุปกรณ์เชื่อมโยงมักจะมีราคาที่สูง หากผู้เรียนไม่ระมัดระวังในการออกแบบและทดสอบอาจทำให้ชุดเชื่อมโยงเสียหายได้ ทำให้เป็นอุปสรรคสำคัญในการจำลองการทำงานของระบบ จากข้อด้อยดังกล่าวสามารถทดแทนด้วยโปรแกรม MATLAB ที่สามารถจำลองการทำงานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ง่ายและสะดวก ผู้เรียนสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์และสามารถจำลองการทำงานได้จากโปรแกรมได้ทันที หรืออาจจะเขียนเป็นโปรแกรมที่โต้ตอบกับผู้เรียนได้หรือที่เรียกว่า GUI (Graphical User Interface) ซึ่งจะช่วยลดความผิดพลาดจากการคำนวณได้อีกทางหนึ่ง (Prashant Prateek and Bhavnes, 2017) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าหากเลือกการจำลองการทำงานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อดูกราฟผลตอบสนองจากสมการทางคณิตศาสตร์เสียก่อน จากนั้นจึงนำไปเขียนโปรแกรม LabVIEW เพื่อทดสอบกับระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าจริง ก็จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจการทำงานได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสายช่างอุตสาหกรรมที่เน้นหนักทางด้านปฏิบัติที่สอดคล้องกันกับด้านทฤษฎี รูปแบบการจัดการเรียนรู้ MIAP เป็นรูปแบบหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดเป็นและทำได้ด้วยตนเอง ซึ่งเหมาะสมกับผู้เรียนสายช่างอุตสาหกรรม (ณัฐพล และ ณมน, 2561) โดยมีรูปแบบและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนประกอบไปด้วยขั้นที่ 1 สนใจปัญหา (Motivation) เป็นขั้นตอนการเริ่มต้น ที่กระทำเพื่อสร้างความสนใจ สร้างปัญหา สร้างแรงจูงใจให้แก่ผู้เรียน ขั้นที่ 2 บอกกล่าว (Information) เป็นขั้นตอนที่เน้นปัจจัย 3 ประการคือ จะทำอะไร, ทำอย่างไร และทำไมจึงทำเช่นนั้น โดยผู้สอนจะต้องช่วยชี้แนะรายละเอียดในการปฏิบัติควบคู่กับการสาธิตของผู้สอนหน้าชั้น ขั้นที่ 3 พยายาม (Application) ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการและทดลองจริงเรียงลำดับเป็นขั้นตอนตามหลักการของทฤษฎี ผู้สอนจะต้องใช้การควบคุมอย่างใกล้ชิดเพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการลงมือปฏิบัติรวมถึงการเสริมกำลังใจให้แก่ผู้เรียนอีกด้วย ขั้นที่ 4 สำเร็จผล (Progress) เป็นขั้นตอนของการตรวจประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้เรียน และแลกเปลี่ยนความรู้-ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างผู้เรียน การตรวจประเมินจะดำเนินการทั้งขณะที่ผู้เรียนกำลังลงมือปฏิบัติ และตรวจประเมินหลังผู้เรียนลงมือปฏิบัติเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ผู้ตรวจประเมินอาจจะใช้การชี้แนะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนได้ด้วย (สุชาติ, 2526)

จากความเป็นมาและรายงานการวิจัยที่ผ่านมาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ MIAP มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ร่วมกับชุดสาธิตการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ควบคู่กับการจำลองการทำงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB

■ คำถามการวิจัย

- 1) ผู้เรียนที่ผ่านการเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ควบคู่กับชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและการจำลองการควบคุม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย หรือไม่
- 2) ผู้เรียนที่ผ่านการเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ควบคู่กับชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและการจำลองการควบคุม มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ในระดับใด

■ จุดประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ควบคู่กับชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และการจำลองการควบคุม กับผู้เรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย
- 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ควบคู่กับชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และการจำลองการควบคุม

■ วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research Methodology) โดยที่แบบแผนการวิจัยเป็นแบบกึ่งการทดลอง (Quasi-Experimental Design) ในลักษณะแผนงานวิจัยแบบสองกลุ่มที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (Non-Randomized Control-Group Pretest-Posttest design) แสดงดังตารางที่ 1

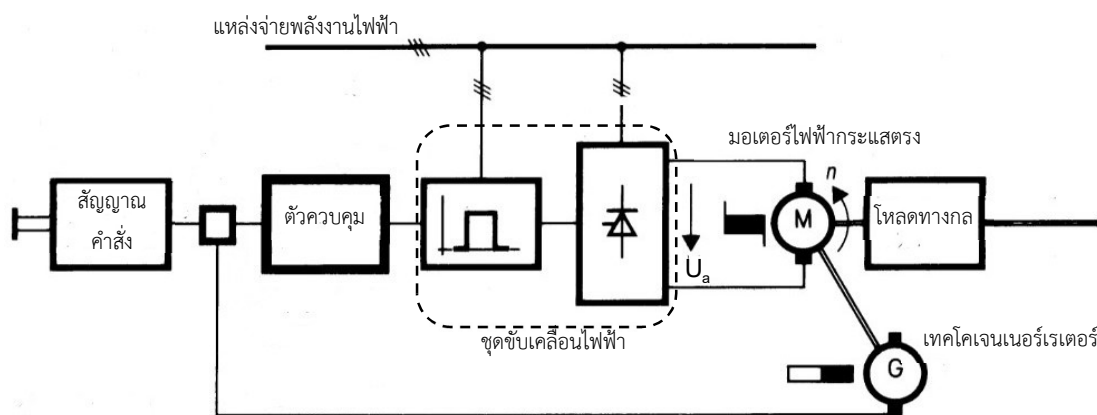
ตารางที่ 1

แบบแผนการทดลองที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่ม	สอบก่อน	ตัวแปรอิสระ	สอบหลัง
E	Y_1	X	Y_2
C	Y_1	-	Y_2

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มผู้เรียนที่เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้เรียนระดับปริญญาตรี ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 37 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 19 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ MIAP 4 หน่วยการเรียนรู้ประกอบไปด้วย หน่วยที่ 1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หน่วยที่ 2 การควบคุมแบบพี หน่วยที่ 3 การควบคุมแบบพีไอ และหน่วยที่ 4 การควบคุมแบบพีไอดี พร้อมทั้งใบเนื้อหา, เพาเวอร์พอยต์ และใบงานประกอบการจำลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สอดคล้องกับหัวข้อการเรียนรู้ทั้ง 4 หน่วยการเรียนรู้, ชุดสาธิตการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จำนวน 20 ข้อ และแบบประเมินความพึงพอใจโดยผู้เรียน



ภาพที่ 1. แสดงแผนภาพกรอบการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

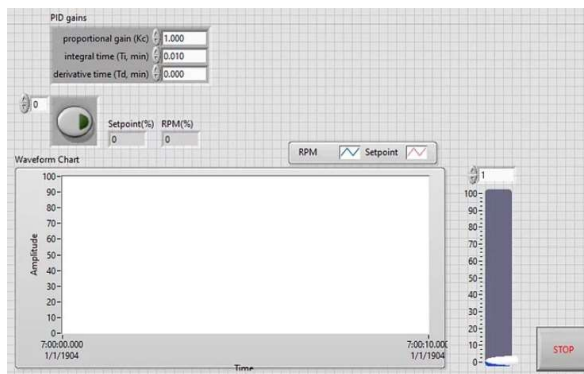
ชุดสาธิตประกอบการเรียนรู้

ชุดสาธิตการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้นมีแผนภาพกรอบ (Block Diagram) แสดงดังภาพที่ 1 ประกอบไปด้วย ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้อิเล็กทรอนิกส์กำลัง รับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0-10 โวลต์ จากตัวควบคุม และต่อเข้ากับชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 220 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับชุดลดความเร็วรอบ

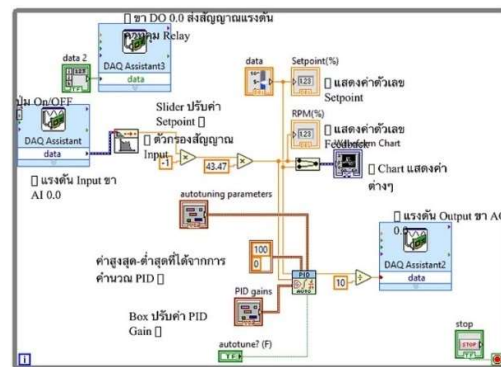
(Field Coil) ของมอเตอร์ไฟฟ้า เอาต์พุตของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าต่อเข้ากับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ปลายเพลาลูกของมอเตอร์ไฟฟ้าจะต่อเข้ากับโพลิต่างกล ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้ชุดมอเตอร์-เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Motor-Generator Set) แสดงดังภาพที่ 2 เนื่องจากสะดวกในการบ่อนโพลิต่างกลด้วยการจ่ายโพลิต (โหลดไฟแบบใส่) ผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การบ่อนกลับจะใช้เทคโนโลยีจเนอเรเตอร์ (Techo Generator) ขนาดพิกัด ± 10 โวลต์ บ่อนกลับแบบลบ โดยที่สัญญาณจากเทคโนโลยีจเนอเรเตอร์นี้จะนำไปประมวลผลในโปรแกรมแลปวิว (LabVIEW Program) แสดงดังภาพที่ 3 โดยผ่านกล่อง DAQ Card และส่งผลการประมวลผลออกไปยังกล่องชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ แสดงดังภาพที่ 4 ต่อไป



ภาพที่ 2. แสดงชุดมอเตอร์-เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อใช้สาธิตการควบคุม



(ก)

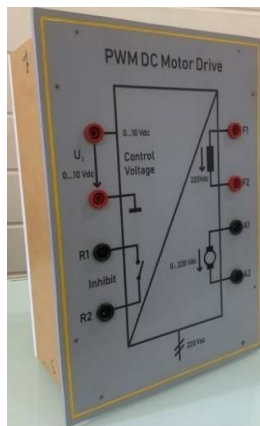


(ข)

ภาพที่ 3. แสดงโปรแกรมแลปวิวที่ใช้ร่วมกับชุดสาธิต: (ก) Front Panel และ(ข) โปรแกรมการทำงาน



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4. แสดงกล่องของชุดสาธิต: (ก) DAQ Card (ข) ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า และ(ค) โหลดของมอเตอร์ไฟฟ้า

การหาความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในการนำไปใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการโดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นผู้ที่มีประสบการณ์สอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการขับเคลื่อนไฟฟ้า จำนวน 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบ MIAP จำนวน 4 หน่วยการเรียนรู้, ใบเนื้อหาและเพอร์เวอร์พอยต์ประกอบการเรียนรู้, ชุดสาคิตการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, ใบงานประกอบการจำลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย 4.17 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.963) จากนั้นดำเนินการประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์กับวัตถุประสงค์ (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.4 – 1.0 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ จากนั้นจึงนำแบบทดสอบชุดดังกล่าวไปให้ผู้เรียนที่เคยผ่านการเรียนวิชาการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว จำนวน 5 คน ทดลองทำแบบทดสอบ(Try out) จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาความยากง่าย ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 โดยมีความเชื่อมั่นจากสูตรของคูเดอร์ริชาร์ดสัน KR₂₀ เท่ากับ 0.613 สรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการทดลองกับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยก่อนที่จะเริ่มดำเนินกิจกรรมตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้ผู้เรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทั้ง 37 คนทำแบบทดสอบก่อนเรียนซึ่งเป็นแบบทดสอบที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 หน่วยการเรียนรู้จำนวน 20 ข้อ จากนั้นจึงดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ให้กับกลุ่มทดลองจำนวน 18 คน โดยมีขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นตอนนำเข้าสู่บทเรียนจำนวน (Motivation) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนโดยใช้คำถามสั้นๆ ควบคู่กับการใช้การสาธิตหน้าชั้นเรียนจากชุดสาคิตการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 20-30 นาที

2) ขั้นตอนการให้เนื้อหา (Information) หลังจากกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาจากการเห็นการสาธิตจากอุปกรณ์จริงหน้าชั้นเรียนแล้ว ผู้สอนจึงให้เนื้อหาในแต่ละหน่วยแก่ผู้เรียนโดยใช้สื่อประกอบการสอนเพอร์เวอร์พอยต์ ร่วมกับการใช้คำถามกับผู้เรียน จากนั้นจึงให้ผู้เรียนเป็นผู้สรุปเนื้อหาพร้อมกันทั้งห้อง โดยมีผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะขั้นตอนการสรุปหลักการทางทฤษฎีหน้าชั้นเรียน

3) ขั้นตอนการทดสอบความเข้าใจในเนื้อหาของผู้เรียน(Application) หลังจากที่ผู้เรียนช่วยกันสรุปเป็นหลักการทางทฤษฎีซึ่งอาจจะเป็นสูตร, กฎ หรือนิยาม หน้าชั้นเรียนร่วมกันแล้ว จึงทำการทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนด้วยการให้ผู้เรียนทำการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมเมทแลบตามใบงานที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้ให้ ผู้สอนจะทำการชี้แนะขั้นตอนการดำเนินการ และข้อที่ควรระวังในการดำเนินการทดลอง ทั้งนี้ผู้เรียนจะต้องนำเนื้อหาทฤษฎีที่ได้จากการสรุปหน้าชั้นเรียนมาประยุกต์ใช้ด้วยการปฏิบัติการทำงานจำลองการทำงานตามลำดับขั้นตอนของใบงานในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ผู้เรียนจะต้องสรุปปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วบันทึกผลลงในใบงาน การทดลองของผู้เรียนเพื่อนำเนื้อหาที่เป็นทฤษฎีมาประยุกต์สู่การปฏิบัตินี้แสดงดังภาพที่ 5

4) ขั้นตอนการตรวจปรับความเข้าใจในเนื้อหา (Progress) เมื่อผู้เรียนทำใบงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนจะตรวจสอบความเข้าใจกับผู้เรียนหน้าชั้นเรียนอีกครั้งหนึ่งจากการสรุปสิ่งที่ผู้เรียนได้ทดลองตามใบงาน หากมีผู้เรียนคนใดประสบปัญหาในการเรียนรู้ ผู้สอนจะต้องทำการตรวจปรับความเข้าใจด้วยการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อผู้เรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ทดลองตามใบงานแล้ว ผู้สอนจึงเริ่มกิจกรรมรูปแบบ MIAP ในหัวข้อย่อยถัดไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นในแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะมีการใช้การจัดกิจกรรมรูปแบบ MIAP หลายครั้ง

5) หลังจากจบบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้แล้ว ผู้สอนจึงแจกใบเนื้อหาที่เป็นข้อสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อให้ผู้เรียนกลับไปทบทวนด้วยตนเองหลังจากเลิกเรียนแล้ว เมื่อเรียนรู้ครบ 4 หน่วยการเรียนรู้แล้วจึงให้ผู้เรียนกรอกแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้ MIAP ควบคู่กับชุดสถิติการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และการจำลองการควบคุม



ภาพที่ 5. แสดง ผู้เรียนกลุ่มทดลอง เรียนรู้เนื้อหาหน่วยที่ 1: ทดลองหาผลตอบสนองของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

สำหรับกลุ่มควบคุมจำนวน 19 คนใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายควบคู่กับสื่อประกอบการสอนเพาเวอร์พอยต์โดยเนื้อหาจะเป็นทฤษฎี เมื่อจบบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้แล้วผู้สอนแจกใบเนื้อหาพร้อมกับแบบฝึกหัด เพื่อให้ผู้เรียนกลับไปทบทวนด้วยตนเองหลังจากเลิกเรียนแล้ว รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายควบคู่กับสื่อประกอบการสอนเพาเวอร์พอยต์นี้ มีจำนวน 4 หน่วยการเรียนรู้ ใช้เวลา 4 ครั้ง ๆ ละ 1 สัปดาห์

หลังจากทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเรียนรู้ครบ 4 หน่วยการเรียนรู้แล้วจึงทดสอบผู้เรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 หน่วยการเรียนรู้จำนวน 20 ข้อ ให้ผู้เรียนทำข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในช่วงวันเวลาพร้อม ๆ กัน จากนั้นจึงนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์นำไปวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที แบบเป็นอิสระต่อกัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ผู้เรียนกลุ่มทดลองเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ MIAP ครบทั้ง 4 หน่วยการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยจึงให้ผู้เรียนกลุ่มทดลองทั้ง 18 คนทำการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ MIAP ควบคู่กับชุดสถิติการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและการจำลองการควบคุม แบบประเมินความพึงพอใจใช้มาตรวัดประเมินค่า 5 ระดับของลิเคิร์ต การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินความพึงพอใจใช้สถิติ ร้อยละ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วจึงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจำนวน 37 คนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จำนวน 20 ข้อ พร้อมกัน การวิเคราะห์ข้อมูลจากคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ใช้การเปรียบเทียบข้อมูลด้วยสถิติทดสอบที แบบเป็นอิสระต่อกัน (Independent Sample t-test) และไม่ทราบค่าความแปรปรวน (s^2)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ก่อนที่จะดำเนินกิจกรรมผู้วิจัยให้กลุ่มผู้เรียนที่เข้าร่วมการวิจัย 37 คน ทำแบบทดสอบก่อนเรียนจำนวน 20 ข้อและทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนของกลุ่มผู้เรียนที่เข้าร่วมการวิจัยด้วยสถิติทดสอบที ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2

ผลการเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบก่อนเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

คะแนน	คะแนนเต็ม	n	$\bar{x}$	S.D.	df	t	p
กลุ่มทดลอง	20	18	5.89	1.28	35	0.63	.530*
กลุ่มควบคุม	20	19	6.16	1.30			

* $p > .05$ และ $s_1^2 = s_2^2$

หลังจากที่ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยตามแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ควบคู่กับชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และการจำลองการควบคุม ให้แก่กลุ่มทดลอง โดยที่กลุ่มควบคุมดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบที่ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3

ผลการเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

คะแนน	คะแนนเต็ม	n	$\bar{x}$	S.D.	df	t	p
กลุ่มทดลอง	20	18	13.06	3.51	35	1.71	.048*
กลุ่มควบคุม	20	19	11.21	3.05			

* $p/2 < .05$ และ $s_1^2 = s_2^2$

ผลการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มทดลองจำนวน 18 คน ที่มีต่อรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ MIAP ควบคู่กับชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และการจำลองการควบคุม แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4

ผลของระดับความพึงพอใจที่มีต่อสื่อประกอบการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ของกลุ่มทดลอง

ลำดับ	ด้านที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
		ค่าเฉลี่ยเลขคณิต	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1	ความเหมาะสมของชุดสาธิต	4.48	0.60	พอใจมาก
2	ความเหมาะสมของโปรแกรมประกอบชุดสาธิตและโปรแกรมจำลองการทำงาน	4.30	0.72	พอใจมาก
3	ความเหมาะสมของเพาเวอร์พอยต์, ใบเนื้อหา และใบงาน	4.18	0.81	พอใจมาก
4	ภาพรวม	4.31	0.73	พอใจมาก

อภิปรายผล

ผลจากการทดสอบความแตกต่างของค่าคะแนนเฉลี่ยคะแนนจากแบบทดสอบก่อนเรียนที่ได้จากกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตามตารางที่ 2 ค่า $p > .05$ แปลผลได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน แสดงว่าผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีพื้นฐานความรู้เดิม (Prior Knowledge) เฉลี่ยเท่าๆ กัน และหลังจากดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เสร็จสิ้นแล้ว ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ

คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ดังตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่ามีผลจากการทดสอบสถิติทดสอบที่ $p/2 < .05$ ในขณะที่ค่าของความแปรปรวนมีค่าเท่ากัน $s_1^2 = s_2^2$ แปลผลได้ว่าค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบที่ได้จากกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มทดลอง แสดงว่าผู้เรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจในเนื้อหา มากกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้หากพิจารณาจากความพึงพอใจของ ผู้เรียน กลุ่มทดลองก็มีความพึงพอใจกับสื่อประกอบการเรียนรู้ในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับพอใจมาก หรืออาจกล่าวได้ว่ากลุ่มทดลองสนใจที่จะเรียนรู้เนื้อหาเนื่องจากสื่อประกอบการเรียนรู้ที่นำมาใช้ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ MIAP ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาได้ดีขึ้นนั่นเอง

■ บทสรุปจากการวิจัย

ผลจากการนำแผนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ร่วมกับสื่อประกอบการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย ชุดสาธิต, เพาเวอร์พอยต์, ใบเนื้อหา, ใบงาน สำหรับรายวิชา การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว ซึ่งผู้เรียนเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สรุปผลได้ดังนี้

1) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ควบคู่กับชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและการจำลองการควบคุม มีคะแนนหลังเรียน สูงกว่าผู้เรียนที่ใช้การจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบบรรยาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

2) ผู้เรียนที่ผ่านการเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ควบคู่กับชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและการจำลองการควบคุม มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ในระดับพอใจมาก

จากผลการวิจัยครั้งนี้ นำเสนอการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ซึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับครูช่างอุตสาหกรรม เพราะเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียน เรียนรู้ทั้งในส่วนของเนื้อหาที่เป็นทฤษฎีและปฏิบัติที่ผู้สอนออกแบบให้สามารถผสมผสานความรู้ทั้งสองส่วนเข้าไว้ด้วยกันได้อย่างเหมาะสมจากใบงาน ขณะเดียวกันการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนกล้าแสดงความคิดเห็นร่วมกันออกมา โดยอาศัยสิ่งที่ปรากฏการณ์จากการทดลองด้วยชุดสาธิต แล้วสรุปเป็นเนื้อหาที่สอดคล้องกับทฤษฎี ทำให้ผู้เรียนมองเห็นภาพปรากฏการณ์ได้ชัดเจนมากกว่าการใช้คณิตศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ ซึ่งในอนาคตหลังจากผู้เรียนจบการศึกษาแล้ว เส้นทางการประกอบอาชีพมักจะอยู่ในแวดวงการศึกษา และการฝึกอบรมด้านช่างอุตสาหกรรม ที่นอกจากจะต้องมีความรู้ด้านทฤษฎีเสียแล้ว ยังจะต้องมีความรู้ด้านทักษะสำหรับงานปฏิบัติ และสามารถเชื่อมโยงหลักทฤษฎีเข้ากับเทคนิคการปฏิบัติเข้าไว้ด้วยกันอีกด้วย หลังจากที้นำรูปแบบการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ MIAP ร่วมกับสื่อประกอบการเรียนรู้มาทดลองใช้แล้ว พบว่าผู้เรียนนอกจากจะมีความรู้เพิ่มมากขึ้นแล้ว ยังช่วยให้เกิดทักษะในการจำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แทนแลจากใบงาน กระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนหันมาสนใจทฤษฎีที่เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น โดยที่โปรแกรมแทนแลนั้น สามารถนำสมการคณิตศาสตร์มาเขียนเป็นแผนภาพบล็อกที่ต่อเนื่องกันตามสมการทางคณิตศาสตร์ทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้และทำความเข้าใจ ช่วยให้ผู้เรียนที่มีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ไม่ถนัดมองเห็นพฤติกรรมของระบบจากกราฟผลตอบแทนที่ได้จากแผนภาพบล็อกนั้น โดยไม่ต้องกังวลว่าสมการนั้นจะมีความซับซ้อนเพียงใด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วันชลมาและคณะ (วันชลมาและคณะ, 2562) การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสมการทางคณิตศาสตร์ให้เห็นเป็นภาพกราฟบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ บางครั้งผู้เรียนอาจจะประสบปัญหาในการจำลองการทำงานหากไม่มีพื้นฐานทางทฤษฎีประกอบ ผู้สอนอาจจะต้องใช้การตรวจปรับ (Progress) ด้วยการชี้แนะ จนกระทั่งเห็นว่าผู้เรียนสามารถทำได้ด้วยตนเองแล้ว จึงค่อย ๆ ลดการชี้แนะก็จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหา และส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี (พงศกรและคณะ, 2563) นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ยังช่วยให้ผู้เรียนสายช่างอุตสาหกรรมที่เน้นสมรรถนะด้านปฏิบัติ มีสมรรถนะเพิ่มสูงขึ้น (ศิริพลและกฤษ, 2560) เนื่องจากสื่อประกอบการเรียนรู้ที่

เน้นหนักให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติได้ด้วยตนเอง สื่อประกอบการเรียนรู้ดังกล่าวมีหลากหลายรูปแบบ เช่น ใบงาน ใบสั่งงาน ชุดสาธิต เป็นต้น ผู้เรียนจะต้องลงมือปฏิบัติควบคู่กับการศึกษาทฤษฎีตามใบเนื้อหา และเพอร์เวอร์พอยต์ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ด้านทฤษฎีเข้ากับการปฏิบัติได้เป็นอย่างดี (ชนิดาภาและกฤษ, 2563) ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่เป็นการวัดความรู้ด้านทฤษฎีของผู้เรียนกลุ่มทดลองจึงมีคะแนนสูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม จึงสรุปได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ MIAP มีความเหมาะสมกับรายวิชาที่เน้นสมรรถนะของผู้เรียนด้านทฤษฎีควบคู่ปฏิบัติดังเช่นรายวิชาที่ปรากฏในหลักสูตรของช่างอุตสาหกรรมโดยทั่วไป

■ ข้อจำกัดหรือข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อจำกัด

1) การนำรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ MIAP สิ่งที่สำคัญคือการสาธิตการทำงานของการทำงานของระบบการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า ดังนั้นออกแบบและการสร้างชุดสาธิต จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้งานจริง เพราะหากเลือกอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากชุดสาธิต ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาด้านทฤษฎีที่ควรจะเป็น ทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย ทำให้ไม่สามารถประยุกต์ใช้เนื้อหาทฤษฎีไปสู่การปฏิบัติได้

2) การใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนเกิดความสนใจ เป็นศาสตร์และศิลป์ ผู้สอนจะต้องมีความเชี่ยวชาญในการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นออกมา ไม่ควรใช้คำถามด้านลบที่ทำให้ผู้เรียนไม่กล้าแสดงออก

3) เนื่องจากเนื้อหาของรายวิชา การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าและระบบเซอร์โว ผู้เรียนจะต้องเรียนผ่านรายวิชา การควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control) มาก่อน ดังนั้นขั้นตอนการเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยต้องคำนึงถึงพื้นฐานเดิมของผู้เรียนด้วย

2. ข้อเสนอแนะ

1) ควรดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ในรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องกับช่างอุตสาหกรรมที่ต้องใช้การเรียนรู้ด้านทฤษฎีควบคู่กับการปฏิบัติ

2) ควรดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ควบคู่กับหลักการจัดกิจกรรมเรียนรู้ในรูปแบบอื่น เช่น แนวคิดห้องเรียนกลับด้าน, การใช้ปัญหาเป็นฐาน และการใช้โครงงานเป็นฐาน

3) ควรมีการพัฒนาใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยจัดการในการนำเสนอผลงานด้านปฏิบัติของผู้เรียน เช่น Google Site, Google Classroom หรือ Youtube เพื่อช่วยให้ผู้สอนสามารถตรวจปรับความเข้าใจของผู้เรียนได้ หลังจากจบบทเรียนแล้ว

■ กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจาก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประจำปี พ.ศ.2564 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

References

- ชนาธิป โหตรภวานนท์ สุรีย์พร สว่างเมฆ และวันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ. (2562). การพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 21(2), 64-79.
- ชนิดาภา บุญประสม และกฤษฎิ์ สินธนะกุล. (2563). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเว็บแบบผสมผสานตามฐานสมรรถนะโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบ MIAP ในรายวิชาขั้นตอนวิธีและโครงสร้างข้อมูล. *วารสารวิชาการครูศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 11(1), 12-20.
- ณัฐพล ธนเชวงสกุล และณมน จีรังสุวรรณ. (2561). การออกแบบรูปแบบการเรียนการสอนด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบ MIAP บนเทคโนโลยีการประมวลผลแบบคลาวด์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 20(4), 58-69.
- พงศกร วังศิลา วรินทร์ สุภาพ และจักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม. (2563). การศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 22(3), 150-163.
- ลฎาภา อดาชาติ. (2562). การส่งเสริมความเข้าใจและการใช้แบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์: กรณีศึกษากับครูวิทยาศาสตร์ประจำการ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 21(2), 271-284.
- วันชลมา ปานากาแข็ง อภิสิทธิ์ ฤคพงศ์พันธุ์ และรักพร ดอกจันทร์. (2562). กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เรื่อง กำหนดการเชิงเส้นโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 21(1), 271-284.
- ศิริพล แสนบุญส่ง และกฤษฎิ์ สินธนะกุล. (2560). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานตามฐานสมรรถนะด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบ MIAP ระดับปริญญาบัณฑิต. *วารสารวิชาการครูศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 8(2), 37-46.
- สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์. (2526). การสอนทักษะปฏิบัติ. ไม่ปรากฏที่พิมพ์. หน้า 39-41.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๖๐-๒๕๗๙. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- Gabriela Rata, Ciprian Bejenar and Mihai Rata. (2019). A Solution for Studying the D.C. Motor Control Using NI myRIO-1900. In *Proceeding of 8th International Conference on Modern Power Systems (MPS)*, May 21-23, 2019, Cluj-Napoca, Cluj, Romania.
- M. A. Taut, G. Chindris, and D. Pitica. (2018). PID Algorithm used for DC Motor Control. In *Proceedings of 2018 IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, October 25-28, 2018, Iasi, Romania.
- Prashant Verma, Prateek Gupta and Bhavnes Kumar. (2019). Graphical User Interface (GUI) to study DC motor dynamic characteristics. In *Proceedings of 2017 International Conference of Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA 2017)*, April 20-22, 2017, Coimbatore, India.