

การพัฒนาชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ในหลอดไฟฟ้า
พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อสังคมสีเขียวสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า
THE DEVELOPMENT OF A BATTERY CHARGE CONTROL CIRCUIT SET IN SOLAR
CELL LAMP FOR A GREEN SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING STUDENTS

สัจพันธ์ จริงมาก
Satjaphan Jingmark

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยพิชญบัณฑิต จังหวัดหนองบัวลำภู
Electrical Engineer division, Faculty of Engineering, Pitchayabundit College,
Nong Bua Lam Phu.

Received: 11 October 2022

Accepted: 25 December 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่เปิดและปิดหลอดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อหาประสิทธิภาพและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษามีต่อชุดทดลอง ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาคณะวิศวกรรมไฟฟ้าปีที่ 1 วิทยาลัยพิชญบัณฑิต หนองบัวลำภู ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 30 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ชุดทดลองใบเนื้อหา แบบฝึกหัด ใบงาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และหาค่าประสิทธิภาพของชุดทดลองตามเกณฑ์มาตรฐาน E_1/E_2 เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) การวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนใช้สถิติค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.69/83.47 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักศึกษามีความพึงพอใจต่อชุดทดลองอยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อสรุป: การใช้สื่อการสอนที่พัฒนาขึ้น ช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ และทักษะการปฏิบัติให้ดีขึ้น

คำสำคัญ : ชุดทดลอง, หลอดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, วิศวกรรมไฟฟ้า

Abstract

This research aimed to develop the experiment battery charge control circuit kit in solar cell lamp, to assess students' learning efficacy and achievement, and to evaluate the students' satisfaction towards the developed experiment kit. The sample comprised 30 participants from the population of students enrolled in the first-year diploma program in the Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Pitchayabundit College, Nong Bua Lam Phu Province, in the second semester of the academic year 2019. The sample was selected using purposive sampling and separated into 15 participants in the experimental group and 15 in the control group. The research instruments consisted of an experiment kit, handout, exercise, worksheet, achievement test, and questionnaire for evaluating satisfaction. The data were analyzed using mean, percentage and standard deviation, and the efficiency of the experiment kit was analyzed based on E1/E2 criteria to compare the pre-posttest means of the experimental group using a T-test. The result of evaluating students' satisfaction towards the developed experiment kit by employing descriptive statistics (i.e., mean and standard deviation) revealed that the efficiency of the developed experiment kit was 85.69/83.47, above the specified threshold of 80/80, which was based on the hypothesis. The student achievement in the experiment group was higher than the control group, with statistical significance at .01. In addition, there was the highest level of student satisfaction towards the experiment.

Conclusion: Using an experiment kit to promote students' learning efficacy and achievement as well as operational skills.

Keywords: Experiment Kit, Solar Cell Lamp, Electrical Engineering

บทนำ

แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) เป็นแผนแม่บทในการพัฒนาการศึกษาของประเทศ ซึ่งหลักการสำคัญก็คือ ยึดคนเป็นศูนย์กลางของการพัฒนาที่มุ่งสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีสำหรับคนไทย พัฒนาคนให้มีความเป็นคนที่สมบูรณ์มีวินัย ใฝ่รู้ มีความรู้ มีทักษะ มีความคิดสร้างสรรค์ มีทัศนคติที่ดี รับผิดชอบต่อสังคม และมีคุณธรรมและจริยธรรม ซึ่งยุทธศาสตร์ที่ 1 ยุทธศาสตร์พัฒนาหลักสูตร กระบวนการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล ที่มุ่งหวังให้คนไทย มีคุณธรรมจริยธรรม และการพัฒนาประเทศในอนาคต ซึ่งตอบสนองการพัฒนาในด้านคุณภาพ (สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, 2559) ในการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นความสามารถของผู้เรียนให้เกิดความรู้ความสามารถในการปฏิบัติงานได้ตามลักษณะสาขางานต่าง ๆ ซึ่งสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง เป็นสาขาหนึ่งที่ต้องพัฒนาผู้เรียนในสมรรถนะทางวิชาชีพ หลักสูตรจึงได้กำหนดสมรรถนะรายวิชาในทุกรายวิชา เพื่อมุ่งให้ผู้เรียนได้มีสมรรถนะทางวิชาชีพที่จะนำไปปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์หลักสูตรคณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้กำหนดคำอธิบายมาตรฐานรายวิชา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะวิชาชีพในด้านความรู้โครงสร้างหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่าง ๆ ความรู้เรื่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การทดสอบและการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสำคัญและจำเป็นสำหรับการปฏิบัติงาน และการเรียนรู้หลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จึงถูกกำหนดไว้ในหลักสูตร ซึ่งผู้เรียนจะต้องเข้าใจถึงหลักการและหน้าที่การทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งเรียนรู้ชุดวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

ในปีการศึกษา 2562 ที่ผ่านมาผู้วิจัยพบว่านักศึกษาคณะวิศวกรรมไฟฟ้า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งด้านพุทธิพิสัยและทักษะพิสัยต่ำกว่าเกณฑ์ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 42.06 ของผู้เรียนทั้งหมด เนื่องจากปัญหาจากการสอนแบบเดิมที่ใช้สื่อการสอนเป็นชุดวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่แบบ Micro ship ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถใช้สื่อการสอนดังกล่าวได้อย่างสะดวก จึงขาดแรงจูงใจในการเรียน อีกทั้งชิ้นส่วนอุปกรณ์มีขนาดเล็กจึงทำให้การเปลี่ยนอุปกรณ์การซ่อมวงจรทำได้ยาก และในตัวอุปกรณ์ไม่มีตัวอักษรบอกรหัสวงจร ไม่มีแถบสี จึงทำให้อ่านค่าตัวต้านทานและค่าคาปาซิเตอร์ได้ยาก ตัวอุปกรณ์มีขนาดเล็ก ต้องใช้แว่นขยายอ่าน รวมทั้งยังไม่สามารถใช้หัวแร้งในการบัดกรีเพื่อต่อวงจรได้ ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการบัดกรี และหาซื้ออุปกรณ์อะไหล่ในท้องถิ่นได้ยาก ต้องสั่งซื้อจากกรุงเทพมหานคร ดังนั้นการใช้สื่อการสอนชุดทดลองวงจรแบบ Micro-ship จึงเป็นอุปสรรคต่อการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้ของผู้เรียน ผลที่เกิดขึ้น คือ นักศึกษาไม่เข้าใจโครงสร้างวงจรภายในของชุดวงจรควบคุมการชาร์จ

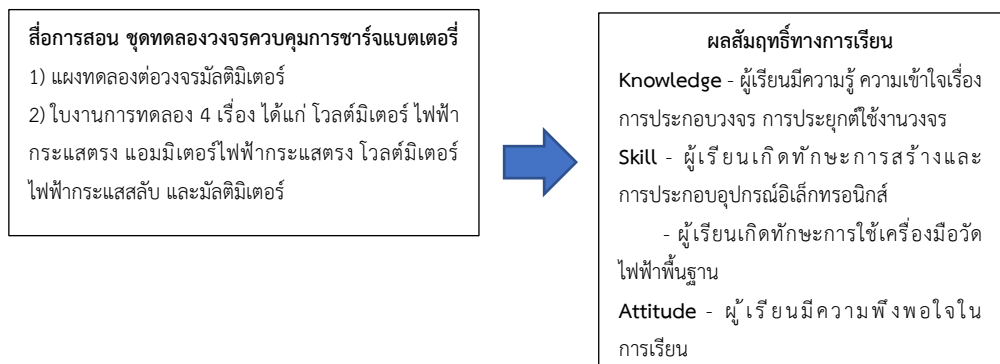
แบตเตอรี่ ไม่มีแรงจูงใจในการเรียนรู้ และไม่สามารถฝึกทักษะในการประกอบอุปกรณ์ และฝึกทักษะการบัดกรี ทักษะการประกอบวงจรได้ และไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนดีขึ้น โดยพัฒนาสื่อการสอนที่เป็นชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งมีอุปกรณ์ชิ้นใหญ่กว่า มองเห็นและจับต้องได้ง่าย หาอะไหล่ตามท้องตลาดได้ง่าย และบัดกร้ง่าย ซ่อมง่าย ตรวจสอบเช็คอุปกรณ์ได้ง่าย ผู้เรียนจึงเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น และยังมีความคงทนกว่าแบบ Micro-ship และมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า มาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนภาคปฏิบัติที่เกี่ยวกับการต่อวงจรภายในชุดวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ เพิ่มทักษะการขยายงานการวัดเครื่องวัดไฟฟ้าพื้นฐานของผู้เรียนให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรฯ และสามารถใช้เป็นแนวทางการพัฒนาการเรียนการสอนภาคปฏิบัติในรายวิชาอื่น ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักศึกษาที่ใช้ชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่กับนักศึกษาที่เรียนแบบปกติ
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการใช้ชุดทดลองชุดวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

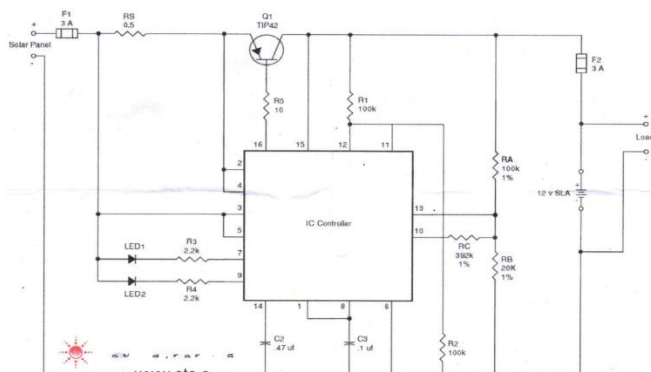
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาคณะวิศวกรรมไฟฟ้าปีที่ 1 ที่เรียนในรายวิชา เครื่องมือวัดไฟฟ้า วิทยาลัยพณิชยบัณฑิต ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

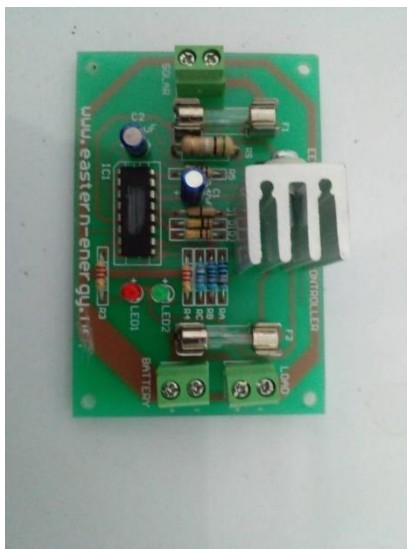
1. ชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 1) แผงทดลองต่อวงจรมัลติมิเตอร์ 2) ใบงานการทดลอง 4 เรื่อง ได้แก่ โวลต์มิเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง แอมมิเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ และโอห์มมิเตอร์ พร้อมแบบประเมินทักษะพิสัย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความถูกต้อง ความรวดเร็ว ความแม่นยำ รวมทั้งจัดทำคู่มือการใช้ชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

การหาคุณภาพของชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ผ่านการทดลองโดยนำไปใช้กับนักศึกษา ตามขั้นตอนดังนี้

ทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Testing) ซึ่งเป็นการทดลองครั้งที่ 1 โดยนำไปสอนกับนักศึกษาที่กำลังเรียนวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลัง จำนวน 3 คน เพื่อหาประสิทธิภาพเป็นรายกลุ่มเดียว โดยคัดเลือกนักศึกษาที่เก่ง ปานกลาง และอ่อน อย่างละ 1 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้เก็บข้อมูลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของขั้นตอนในการเรียน ความยากง่ายในการปฏิบัติ และความเหมาะสมของเวลาต่อกิจกรรมในแต่ละใบงาน โดยการสังเกตพฤติกรรมอย่างใกล้ชิดและการสัมภาษณ์ ผลจากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ได้ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 65.83/62.40 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ จากนั้นผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดลองไปปรับปรุงแก้ไข



ภาพที่ 2 แผงวงจร EES Solar Charge Controller



ภาพที่ 3 ชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

ทดลองแบบกลุ่มเล็ก (Small Group Testing) โดยนำชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขจากการทดลองครั้งที่ 1 แล้ว ไปสอนนักศึกษา จำนวน 9 คน โดยการเลือกนักศึกษาที่มีระดับผลการเรียนสูง จำนวน 3 คน ซึ่งไม่ซ้ำกับนักศึกษาที่ผ่านการทดลองในครั้งที่ 1 สังเกตพฤติกรรมและสัมภาษณ์ผู้เรียน จากนั้นนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง ผลจากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างได้ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 82.87/82.22 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ แสดงว่าชุดทดลองสามารถนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างได้

ทดลองแบบภาคสนาม (Field of Testing) โดยการนำชุดทดลองที่ได้ปรับปรุงแก้ไขหลังการทดลองใช้แบบกลุ่มเล็กแล้ว มาทดลองใช้กับนักศึกษา จำนวน 28 คน โดยคัดเลือกนักศึกษาที่เรียน เก่ง ปานกลาง อ่อน คละกัน (ซึ่งไม่ซ้ำกับนักเรียนที่ผ่านการทดลอง ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2) สังเกตพฤติกรรม นำข้อบกพร่องทั้งหมดมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง ผลจากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างได้ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 83.69/82.87 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ แสดงว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างได้

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ หาคุณภาพโดยนำแบบทดสอบไปหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบ (พงค์เทพ จิระโร, 2559)

ซึ่งได้ค่า IOC 0.67 แล้วนำแบบทดสอบที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญแล้วมาคัดเลือก และนำไปทดสอบกับผู้เรียนที่เคยเรียนรายวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้ามาแล้ว จำนวน 28 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่ม 50% คือ กลุ่มสูง 8 คน และกลุ่มต่ำ 8 คน นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) อำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น เพื่อเป็นการคัดเลือกแบบทดสอบที่เหมาะสมอีกครั้งก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งผลการวิเคราะห์และคัดเลือกแบบทดสอบ จำนวน 40 ข้อ มีค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.32–0.78 ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.26–0.67 และค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.89

3. แบบประเมินความพึงพอใจของนักศึกษา ลักษณะเป็นแบบประเมินชนิดมาตราประมาณค่า (Rating Scales) ของลิเคิร์ท (Likert Scales) โดยแบ่งระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ กำหนดเกณฑ์แปลผลระดับความพึงพอใจ ดังนี้

- 4.50 – 5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
- 3.50 – 4.49 หมายถึง พึงพอใจมาก
- 2.50 – 3.49 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
- 1.50 – 2.49 หมายถึง พึงพอใจน้อย
- 1.00 – 1.49 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์การยอมรับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการใช้ชุดทดลอง ต้องมีคะแนนเฉลี่ยของการประเมินทั้งฉบับ 3.50 ขึ้นไปจึงแสดงว่านักศึกษามีความพึงพอใจมีต่อการใช้ชุดทดลอง มีคุณภาพระดับมากขึ้นไป ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความพึงพอใจโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของบรอนบาค (Cranach's alpha coefficient) พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91

การเก็บรวบรวมข้อมูล

รูปแบบการวิจัย การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยใช้แผนการทดลองแบบมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ไม่มีการสุ่ม โดยมีการวัดผลเฉพาะหลังให้สิ่งทดลองหรือวัดหลัง (Non-randomized control group posttest design) มีแบบแผนการทดลอง ดังนี้

กลุ่มทดลอง	สิ่งทดลอง	การวัดผลหลังทดลอง
E	X	T ₂
C	-	T ₂

เมื่อ X หมายถึง การเรียนโดยใช้ชุดทดลอง

T_2 หมายถึง การวัดผลหลังเรียน

C หมายถึง การเรียนแบบปกติ

ขั้นตอนในการเก็บข้อมูล โดยการทดลอง 4 สัปดาห์ มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่ม ซึ่งเป็นนักศึกษาคณะวิศวกรรมไฟฟ้า ปีที่ 1 ที่เรียนวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า ภาคเรียน ที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 30 คน คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่เรียนรู้โดยใช้ชุดทดลองเป็นกลุ่มทดลอง (Experimental Group) จำนวน 15 คน และ กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่เรียนรู้แบบปกติ เป็นกลุ่มควบคุม (Control Group) จำนวน 15 คน

ขั้นที่ 2 การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม

ขั้นที่ 3 ดำเนินการทดลอง คือ ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ชุดทดลองกับกลุ่มทดลอง ทั้งหมด 4 หัวข้อ ส่วนกลุ่มควบคุม ได้รับการเรียนตามปกติ โดยใช้สื่อการสอนชุดทดลองวงจรแบบเดิม

ขั้นที่ 4 ทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) และประเมินความพึงพอใจกับกลุ่มทดลอง

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบวัดผลหลังเรียน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบวัดผลหลังเรียนของ 2 กลุ่ม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาประสิทธิภาพของชุดทดลองจากการรวบรวมข้อมูลคะแนนจากการปฏิบัติใบงาน ทั้ง 4 เรื่อง ใช้เป็นคะแนนระหว่างเรียน (E_1) และ เก็บรวบรวมคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาในกลุ่มทดลอง เป็นคะแนนการวัดผลหลังเรียน (E_2) และหาประสิทธิภาพของนวัตกรรม (E_1/E_2) (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556) โดยใช้สถิติร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$E_1 = \frac{(\Sigma X/N) \times 100}{A}$$

โดย E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดการสอนคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบฝึกหัดและหรือประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียน (ใบงานการทดลอง 4 เรื่อง)

ΣX คือ คะแนนจากการทำใบงานการทดลอง ระหว่างเรียน

A คือ คะแนนเต็มของใบงาน

N คือ จำนวนผู้เรียน

$$E_2 = \frac{(\Sigma F/N) \times 100}{B}$$

โดย E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (พฤติกรรมที่เปลี่ยนในตัวผู้เรียนหลังการเรียนรู้ด้วยชุดการเรียนการสอน) คิดเป็นอัตราส่วนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนและหรือประกอบกิจกรรมหลังเรียน

ΣF คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนวัดผลหลังเรียนของทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังจัดการเรียนรู้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ t-test (Independent Sample)

3. วิเคราะห์ระดับความพึงใจของนักศึกษาในกลุ่มทดลอง โดยวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาและหาค่าประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ ผู้วิจัยนำชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นและจัดการเรียนการสอนตามกำหนดการของการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอน แล้วรวบรวมคะแนนจากใบงาน กิจกรรมระหว่างเรียน และคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน มาวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ (n=15)

การประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ประสิทธิภาพ	เกณฑ์
คะแนนระหว่างเรียน (E_1)	30	32.10	83.20	80
คะแนนหลังเรียน (E_2)	30	33.25	84.33	80

จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพของชุดทดลอง วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.33/ 83.20 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่ม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักศึกษาในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มนักศึกษา	n	$\bar{X}$	SD	Leven's Test		t	Sig
กลุ่มทดลอง	15	30.53	1.46	F	Sig		
กลุ่มควบคุม	15	26.45	2.38	3.7	0.05	4.88	0.00

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนตามที่กำหนดไว้แล้ว ผู้วิจัยประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลอง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ (n = 15)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการใช้งาน	4.54	0.62	มากที่สุด
ด้านเนื้อหา	4.46	0.64	มาก
ด้านประโยชน์	4.51	0.66	มากที่สุด
ภาพรวม	4.51	0.63	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่า นักศึกษามีความความพึงพอใจต่อชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่านักศึกษามีความพึงพอใจในด้านการใช้งานและด้านประโยชน์อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาเป็นด้านเนื้อหา อยู่ในระดับมาก

การอภิปรายผลการวิจัย

1. ชุดทดลองวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เนื่องจากชุดทดลองนี้ได้รับพัฒนาขึ้น โดยผ่านกระบวนการสำรวจ และวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนการสอน โดยการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ผลการเรียน การตรวจสอบสื่อการสอน สังเกตพฤติกรรมผู้เรียนขณะเรียน การรวบรวมความคิดเห็นของครูผู้สอน และนำมาวินิจฉัยปัญหาจึงทราบว่าเกิดจากการใช้อุปกรณ์การสอน จากนั้นจึงพัฒนาสื่อการสอนที่เข้าใจง่าย และใช้งานง่าย คือ ชุดทดลองวงจร แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจ ประเมินคุณภาพ แล้วนำไปทดลองใช้ โดยทดลองสอนกับผู้เรียนกลุ่มเดียว กลุ่มเล็ก และแบบภาคสนาม เพื่อหาประสิทธิภาพในแต่ละสถานการณ์ที่แตกต่างกัน และนำมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นในการใช้สอนครั้งถัดมาตามหลักการมาตรฐานของการพัฒนาสื่อการสอน จึงทำให้ชุดทดลองวงจรที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นไปตามหลักการพัฒนาสื่อการสอนที่มีมาตรฐาน ดังที่ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวว่า สื่อการสอนที่พัฒนาตามหลักการและผ่านการตรวจสอบประสิทธิภาพตามขั้นตอนนั้น จะทำให้สื่อการสอนมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น ได้ช่วยให้นักศึกษาได้รับการเรียนรู้ในด้านปฏิบัติมากขึ้น ช่วยให้เข้าใจหลักการประกอบวงจรการประยุกต์ใช้งานวงจร ซึ่งถือว่าเป็นสมรรถนะที่ผู้เรียนได้นำไปใช้ในการต่อยอดความรู้ ทักษะของนักศึกษาในการออกแบบ และสร้างวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของอภิวัฒน์ พรหมดีราช, & ประเสริฐ เคนพันค้อ (2560), ณัฐกฤต เอี่ยมเต็ง (2560), กิตติศักดิ์ อังคนาวิน (2561), ฤกษ์ชัย ศรีสมบัติ (2563), ชิชณพงศ์ ศรีวิบูลย์กุล และคณะ (2565) พบว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้เช่นกัน แสดงว่าชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นถือว่าเป็นวิธีการที่ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้แก่นักศึกษาได้อย่างดี

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดทดลองสูงกว่านักศึกษาที่เรียนแบบปกติ ทั้งนี้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดทดลองนี้ เกิดความสะดวกในการใช้งานมีอุปกรณ์ชิ้นใหญ่ มองเห็นได้ชัด จับต้องได้ถนัดมือ สามารถหาอุปกรณ์อะไหล่ตามท้องตลาดได้ง่าย และบัดกรีเพื่อประกอบอุปกรณ์ได้ง่าย ตรวจสอบเช็คอุปกรณ์ได้ง่าย และมีความคงทนกว่าแบบ Micro-strip ตลอดจนมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า จึงช่วยให้นักศึกษาได้เกิดความรู้ ความเข้าใจ เรื่องการประกอบวงจร การประยุกต์ใช้งานวงจร ผู้เรียนจึงเกิดทักษะการสร้างวงจร การประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเกิดทักษะการใช้เครื่องมือวัดไฟฟ้าพื้นฐาน จากการที่นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติจริงกับชุดทดลอง เสมือนการเรียนรู้จากสถานการณ์จริง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐกฤต เอี่ยมเต็ง (2560), ฤกษ์ชัย ศรีสมบัติ (2563), ชิชณพงศ์ ศรีวิบูลย์กุล และคณะ (2565) ที่พบว่า

ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น กล่าวได้ว่า ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกทักษะจากการใช้ชุดทดลองที่สะดวกใช้งาน จึงเกิดแรงจูงใจในการเรียน มีความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

3. ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นมีความสะดวกต่อการใช้งานเพราะมีอุปกรณ์ชิ้นใหญ่ มองเห็นได้ชัด จับต้องได้ถนัดมือ และสามารถบัดกรีประกอบอุปกรณ์ได้ง่าย ตรวจสอบเช็คอุปกรณ์ได้ง่าย และมีความคงทนกว่าแบบ Micro-strip ตลอดจนมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า สามารถหาอุปกรณ์อะไหล่ตามท้องตลาดได้ง่าย จึงช่วยให้นักศึกษาเกิดแรงจูงใจ สนใจ กระตือรือร้น ต่อการเรียนรู้อะไรก็ตามที่สอน และฝึกทักษะปฏิบัติได้มากขึ้น เข้าใจความสัมพันธ์ของวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ได้ดีขึ้น ส่งผลให้นักศึกษามีความพึงพอใจในการเรียนโดยใช้ชุดทดลองในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอภิวัฒน์ พรหมศิริราช, & ประเสริฐ เคนพันค้อ (2560), ณัฐกฤต เอี่ยมเต็ง (2560), กิตติศักดิ์ อังคะนาวิน (2561), ฤกษ์ชัย ศรีสมบัติ (2563), ชิชณุพงศ์ ศรีวิบูลย์กุล และคณะ (2565) ทั้งนี้ เนื่องจากผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากชุดทดลอง และเข้าใจได้ง่ายขึ้น เพราะชุดทดลองมีจุดเด่นในด้านการใช้งาน จึงเกิดประโยชน์ต่อพัฒนาผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ควรผลิตชุดทดลองให้มีจำนวนพอเพียงกับจำนวนนักศึกษา และเปิดโอกาสให้นักศึกษากลับมาทบทวนบทเรียนได้ด้วยตนเอง และสร้างชุดทดลองร่วมกับใบงานการทดลองได้ครบทั้งรายวิชา
2. ควรนำชุดทดลองวงจรไปประยุกต์ใช้ในการสอนวิชาอื่น ๆ เช่น วิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วงจรไฟฟ้า เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น
3. ควรนำชุดทดลองไปเผยแพร่ในสถาบันอื่น ๆ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการสร้างชุดทดลองไว้ใช้จัดการเรียนการสอนโดยผู้สอนในรายวิชานั้น ๆ เนื่องจากผู้สอนมีความเข้าใจในธรรมชาติของรายวิชาได้ดี
4. ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปประดิษฐ์เป็นวงจรควบคุมการทำงานของหลอด LED ที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ และง่ายต่อการบำรุงรักษา

ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรพัฒนาชุดทดลองการใช้เครื่องมือวัดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ง่ายต่อการอ่านค่าอุปกรณ์ เพื่อเพิ่มทักษะแก่ผู้เรียน
2. ควรพัฒนาชุดฝึกทักษะที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในการคำนวณค่าอุปกรณ์ ที่ใช้ในการประกอบวงจร
3. ควรทำวิจัยเพื่อสร้างความร่วมมือระหว่างกลุ่ม ครูผู้สอนในด้านพัฒนาสื่อ นวัตกรรม การเรียนรู้ กระบวนการชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community: PLC) ผ่านโปรแกรมอัตโนมัติ เพื่อเป็นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในด้านนวัตกรรม รูปแบบวิธีการในการ แก้ไขปัญหาการเรียนการสอน และพัฒนาผู้เรียนร่วมกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ บุคลากรและนักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยพณิชยบัณฑิต จังหวัดหนองบัวลำภู

เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ อังคนาวิน. (2561). การพัฒนาชุดทดลองและการหาประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมหุ่นยนต์วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ และ อินเทอร์เน็ต. *วารสารนวัตกรรมการศึกษาและการวิจัย*, 2(2), 117-128.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *ศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 5(1), 7-20.
- ชิษณุพงศ์ ศรีวิบูลย์กุล, พีรวัตร คงสาคร, และกมลวรรณ เชาว์ช่างเหล็ก. การพัฒนาชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมเรื่อง วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า. *วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง*, 6(1), 111-118.
- ณัฐกฤต เอี่ยมเต็ง. (2560). การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดประกอบการทำงานระบบปรับอากาศรถยนต์โดยจำลองสถานการณ์แสง. *วารสารศาสตร์การศึกษาและการพัฒนามนุษย์*, 1(1), 37-49.
- พงศ์เทพ จิระโร. (2559). *หลักการวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 7. ชลบุรี: บัณฑิตเอกสาร

- ฤกษ์ชัย ศรีสมบัติ. (2563). การพัฒนาชุดทดลองวงจรมัลติมิเตอร์สำหรับนักเรียนระดับ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง. วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง.
4(2), 45-54.
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2562). **หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)
พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. (2559). **แผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ
ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 – 2564)**. กรุงเทพฯ: สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์.
- อภิวัฒน์ พรหมดีราช, & ประเสริฐ เคนพันค้อ. (2560). การพัฒนาชุดทดลองโทรศัพท์วงจรปิด.
Journal of Industrial Education, 16(3), 59-65.