

การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส

Invention and Verification of the Experimental Set for Synchronization of Three Phase Generator

ธนากร น้าหอมจันทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

Thanakorn Namhormchan

Faculty of Engineering, Eastern Asia University

E-mail: thanakorn@eau.ac.th

Received: October 9, 2020; Revised: November 13, 2020; Accepted: December 2, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส โดยมีสมมติฐาน คือ ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ ด้านความรู้และด้านทักษะทางปัญญา ตามเกณฑ์ 80/80 โดยสร้างชุดการสอนที่ครอบคลุมเนื้อหาการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ประเมินคุณภาพชุดการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน และนำไปใช้กับนักศึกษาที่ลงทะเบียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงาน 2 หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและพลังงาน หลักสูตรใหม่ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย จำนวน 10 คน โดยเลือกแบบเจาะจงตามสภาพจริงผลการวิจัย พบว่า การประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ชุดการสอนมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด (4.72 ± 0.45) การหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านความรู้ $89.67/95.67$ และด้านทักษะทางปัญญา $95.56/94.33$ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80 โดยชุดการสอนที่สร้างขึ้นเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ชุดการสอน หมายถึง ชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ประสิทธิภาพของชุดการสอน

ABSTRACT

This research aimed to invent and verify the efficiency of the instructional package of three-phase generator synchronization. The hypothesis was the teaching package constructed was effective with knowledge efficiency and cognitive skill in accordance with 80/80 criteria. The instructional package constructed covered three-phase generator synchronization. The quality of the teaching set was assessed by 3 experts and implemented the package to a group of 10 students who enrolled in Energy Engineering Laboratory 2, Bachelor's degree program of Electrical and Energy Engineering, Eastern Asia University. The results indicated that the quality assessment of the instructional package by experts was at highest level

(4.72±0.45). The instructional package was effective at 89.67/95.67 in terms of knowledge, and 95.56/94.33 in terms of cognitive skills, higher than the 80/80 criterion. Therefore, instructional package was suitable for effective teaching and learning on three-phase generator synchronization.

KEYWORDS: Teaching set, Generator synchronization experiment set, Three Phase Generator Synchronization, Efficiency of the instructional package.

บทนำ

กระทรวงศึกษาธิการ (2553) ได้กำหนดมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมศาสตร์ พ.ศ. 2553 ไว้ว่าเป็นสาขาวิชาที่เกี่ยวกับการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ มีความหลากหลายในด้านองค์ความรู้และสาขาวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การต่อยอดองค์ความรู้ด้วยศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ โดยมีคุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์ข้อหนึ่งว่า มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาต่อในระดับสูงขึ้นไปได้ ซึ่งมีมาตรฐานผลการเรียนรู้ที่สะท้อนคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ข้อที่กล่าวมา ได้แก่ ด้านความรู้ คือ มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม และด้านทักษะทางปัญญา คือ สามารถคิดวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบ รวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การปฏิบัติการ การทดลอง มีความสำคัญยิ่งในหลักสูตรทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยมีหัวข้อการปฏิบัติการสอดคล้องกับการเรียนในรายวิชาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ทำให้กระบวนการจัดการเรียนการสอนเกิดการเรียนรู้

มากยิ่งขึ้น นิธินันท์ มาตา (2556) ได้อธิบายถึงการเรียนรู้ตามความหมายของ ฮิลการ์ด และ เบาเวอร์ (Hilgard & Bower) ว่าเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม อันเป็นผลมาจากประสบการณ์และการฝึก ทั้งนี้ไม่รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมที่เกิดจากการตอบสนองตามสัญชาตญาณ ฤทธิ์ของยาหรือสารเคมี หรือปฏิกิริยาสะท้อนตามธรรมชาติของมนุษย์ และสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ ซึ่งกำหนดโดย บลูม และคณะ (Bloom and Others) มุ่งพัฒนาผู้เรียนใน 3 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) คือ ผลของการเรียนรู้ที่เป็นความสามารถทางสมอง ครอบคลุมพฤติกรรมประเภท ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และประเมินผล 2) ด้านเจตพิสัย (Affective Domain) คือ ผลของการเรียนรู้ที่เปลี่ยนแปลงด้านความรู้สึก ครอบคลุมพฤติกรรมประเภท ความรู้สึก ความสนใจ ทศนคติการประเมินค่า และค่านิยม และ 3) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) คือ ผลของการเรียนรู้ที่เป็นความสามารถด้านการปฏิบัติ ครอบคลุมพฤติกรรมประเภท การเคลื่อนไหว การกระทำการ ปฏิบัติงานการมีทักษะและความชำนาญ

จากความสำคัญของการปฏิบัติการต่อการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกปฏิบัติการ ซึ่งเป็นมาตรฐานการเรียนรู้ที่สะท้อนคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ของบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อใช้ใน

การจัดการเรียนการสอนด้านปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าสู่ระบบไฟฟ้า ซึ่งเป็นการทดลองที่จำเป็นสำหรับการทดลองเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสสลับ และการทดลองพื้นฐานของการเชื่อมต่อพลังงานทดแทนเข้าสู่ระบบไฟฟ้า เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ มีความรู้ ความเข้าใจ และมีทักษะที่เกี่ยวข้องกับการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟสเข้ากับระบบไฟฟ้า รวมทั้งการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ที่มีความเหมาะสมในการเรียนการสอน
2. เพื่อค้นหาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ที่ได้ทำการสร้างขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการจัดการเรียนการสอน
2. ชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ด้านความรู้และทักษะทางปัญญา ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ของผู้เรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสร้างชุดทดลองมีขั้นตอนในการออกแบบและสร้าง โดยศึกษาและวิเคราะห์ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากนั้นนำวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมาออกแบบชุดการสอน ประกอบด้วย คู่มือครู และชุดทดลอง เพื่อให้ได้รูปแบบของชุดทดลองที่สามารถทำการทดลองได้ครอบคลุมตามทฤษฎีและสามารถวัดผลเชิงพฤติกรรมได้ จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินคุณภาพชุดการสอนที่สร้างขึ้น และให้ข้อเสนอแนะก่อนนำไปใช้จริง ผู้วิจัยได้มีการดำเนินงาน 2 ขั้นตอน คือ 1.1 ขั้นตอนการสร้างคู่มือ

และ 1.2 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างชุดทดลอง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 ขั้นตอนการสร้างคู่มือครู ผู้วิจัยได้ศึกษาจากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง (Sen, P. C., 1997; Thompson, M. J., 2012; ธนากร น้ำหอมจันทร์, 2562) เพื่อนำมาเรียบเรียงเป็นคู่มือครู ซึ่งประกอบด้วย

1.1.1 ใบความรู้ ทั้งหมด 4 หัวข้อเรื่อง คือ หัวข้อที่ 1 การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

หัวข้อที่ 2 เครื่องมือวัดและเงื่อนไขสำหรับขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

หัวข้อที่ 3 ขั้นตอนการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

หัวข้อที่ 4 วิธีการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าระบบ

1.1.2 รายละเอียดของชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ที่แสดงชุดทดลอง อุปกรณ์ประกอบการทดลอง และการใช้งานชุดทดลอง

1.1.3 ใบปฏิบัติงานการทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบด้วย

ใบปฏิบัติงานที่ 1 การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับระบบ ด้วยวิธีหลอดไฟ 3 ดวงดับ

ใบปฏิบัติงานที่ 2 การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับระบบ ด้วยวิธีหลอดไฟดับหนึ่งดวงสว่างสองดวง

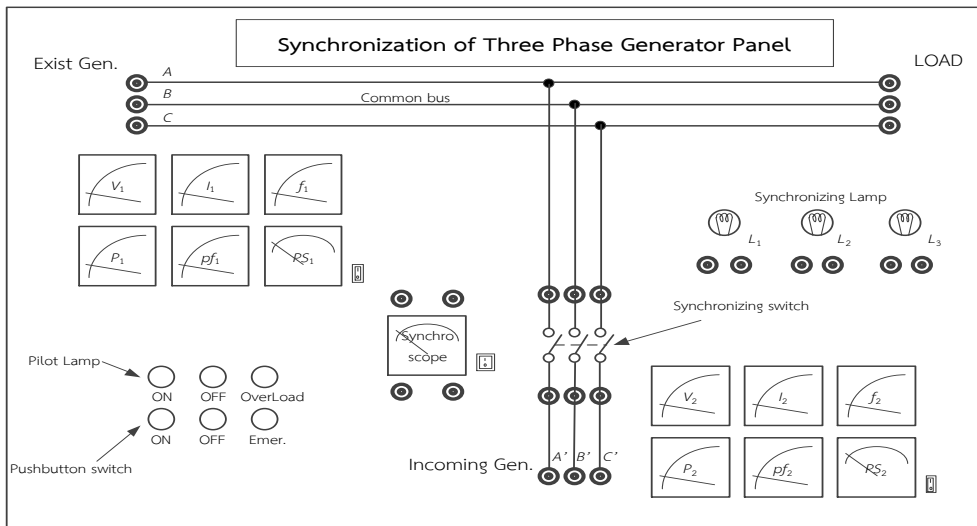
ใบปฏิบัติงานที่ 3 การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับระบบ ด้วยการใช้ชิงโครสโคป

ในแต่ละใบปฏิบัติงานจะประกอบด้วยวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ลำดับขั้นตอนการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง คำถามท้ายการทดลองและแบบทดสอบหลังเรียนที่ผ่านการประเมินความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence หรือ IOC) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและคำถามในแต่ละหัวข้อเรื่องจากผู้เชี่ยวชาญ สำหรับตรวจสอบการเรียนรู้ของผู้เรียนในหัวข้อ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และประเมินผล

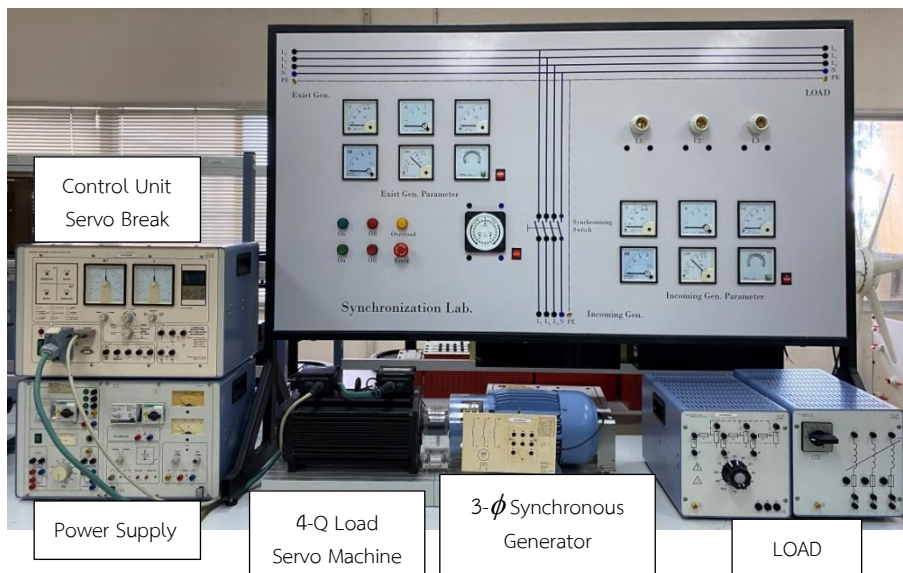
1.1.4 แบบสังเกตพฤติกรรมใช้สำหรับประเมินการปฏิบัติการของผู้เรียน ในหัวข้อการปฏิบัติงาน การมีทักษะ และความชำนาญระหว่างเรียน

1.1.5 ข้อสอบปฏิบัติ ใช้สำหรับประเมินการปฏิบัติการของผู้เรียน ในหัวข้อ การปฏิบัติงาน การมีทักษะ และความชำนาญหลังเรียนครบทุกหัวข้อปฏิบัติการแล้ว

1.2 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างชุดทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดจากการปฏิบัติการ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบชุดทดลองที่ครอบคลุมการทดลองตามใบปฏิบัติงานทั้ง 3 หัวข้อการทดลอง โดยออกแบบชุดทดลองตามภาพที่ 1 และสร้างชุดทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แบบร่างชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส



ภาพที่ 2 ชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส

2. การหาคุณภาพของชุดการสอน โดยใช้แบบประเมินชุดการสอนที่ผ่านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยประเมินความ

คิดเห็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า ซึ่งกำหนดค่าคะแนน 5 ระดับ แบบประเมินที่สร้างขึ้น มี 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป เกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 แบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน ได้แก่ ใบความรู้ ใบปฏิบัติงาน แบบสังเกตพฤติกรรม ชุดทดลอง และข้อสอบปฏิบัติ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ

3. การขอการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เนื่องจากผู้วิจัยเป็นผู้สอนในหัวข้อดังกล่าว เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่ถูกต้องจากนักศึกษากลุ่มตัวอย่างซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเปราะบาง และแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองชุดทดลองสูงถึง 230/400 โวลต์ เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายหรือความเสี่ยงต่อกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงนำเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยไปขอรับรองจากคณะ กรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามข้อ เสนอแนะและได้รับการรับรองก่อนนำไปใช้เก็บผลการวิจัย

4. การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน เรื่อง การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส มีการดำเนินงาน 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ทำการหากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียน วิชา ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงาน 2 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2562 หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและพลังงาน (หลักสูตรใหม่ พ.ศ. 2559) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย จำนวน 10 คน ซึ่งใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

ขั้นตอนที่ 2 การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (ฤทัย ประทุมทอง, 2561)

2.1 ปฐมนิเทศนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างก่อนเริ่มสอนด้วยชุดการสอน โดยผู้สอนชี้แจงวัตถุประสงค์การสอนและวิธีการเรียนการสอนให้ทราบ

2.2 สอนทฤษฎีด้วยใบความรู้จากชุดการสอนที่สร้างขึ้น เมื่อจบแต่ละหัวข้อจะทำการถาม-ตอบเพื่อประเมินความรู้ที่ได้รับของกลุ่มตัวอย่าง

2.3 สอนปฏิบัติด้วยชุดทดลองและใบปฏิบัติงานจากชุดทดลองที่สร้างขึ้น ทั้ง 3 ใบปฏิบัติงาน และมีการให้คะแนนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม

2.4 ทดสอบทฤษฎี หลังจากกลุ่มตัวอย่างผ่านการเรียนการสอนครบทุกหัวข้อการปฏิบัติงานแล้ว โดยใช้แบบทดสอบที่ผ่านการประเมินความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ

2.5 ทดสอบปฏิบัติ หลังจากกลุ่มตัวอย่างผ่านการเรียนการสอนครบทั้ง 3 ใบปฏิบัติงาน

2.6 หาประสิทธิภาพชุดการสอนตามเกณฑ์ E_1/ E_2 (กรวรรณ สีสสม และนพรัตน์ หมีพลัด, 2560; ฤทัย ประทุมทอง, 2561; ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556; รุ่งอรุณ พรเจริญ, 2562) โดยหาประสิทธิภาพด้านความรู้และทักษะทางปัญญา ดังนี้

2.6.1 นำคะแนนที่ได้จากคำถามท้ายการทดลองทั้ง 4 หัวข้อ หาค่าประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านความรู้ระหว่างเรียน (E_1) และคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน หาค่าประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านความรู้หลังเรียน (E_2) และวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพชุดการสอนด้านความรู้เป็นร้อยละ จาก E_1/ E_2

2.6.2 นำผลคะแนนที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรม ทั้ง 3 การปฏิบัติงาน หาค่าประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านทักษะทางปัญญาระหว่างเรียน (E_1) และคะแนนจากการทดสอบปฏิบัติ หาค่าประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านทักษะทางปัญญาหลังเรียน (E_2) และวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพชุดการสอนด้านทักษะทางปัญญาเป็นร้อยละ จาก E_1/ E_2

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย

1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย ใบความรู้ จำนวน 4 หัวข้อเรื่อง พร้อมทั้งแบบฝึกหัดและเฉลยรายละเอียดของชุดทดลอง อุปกรณ์ประกอบการทดลอง และการใช้งานชุดทดลอง ใบปฏิบัติงานการ

ทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส จำนวน 3 หัวข้อปฏิบัติการพร้อมเฉลยและแบบสังเกตพฤติกรรม และคำถามท้ายการทดลองพร้อมเฉลย

1.2 ชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ที่สร้างขึ้นสามารถทำการศึกษาดทดลองได้ทั้ง วิธีหลอดไฟ 3 ดวงดับ วิธีหลอดไฟดับหนึ่งดวงสว่างสองดวง และการใช้ชิงโครสโคปได้ในชุดทดลองเดียว สามารถแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า ความถี่ไฟฟ้า และการเรียงลำดับเฟส ของระบบไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานอยู่ก่อน (Exist Generator) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต้องการจะเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบ (Incoming Generator) ได้อีกด้วย ชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส มีส่วนประกอบดังนี้ จุดต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส จุดต่อภาระโหลดทางไฟฟ้า 3 เฟส เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานอยู่ก่อนและเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จะนำมาต่อขนานเข้าสู่ระบบ ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้า ความถี่ไฟฟ้า และการเรียงลำดับเฟส ซึ่งสอดคล้องกับเงื่อนไขการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และมีการติดตั้งเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเพิ่มเติมนอกเหนือจากเงื่อนไขการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สำหรับพิจารณาคุณลักษณะขณะจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก่อนและหลังการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ และมีจุดต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ชุดหลอดไฟฟ้า 3 หลอด พร้อมจุดต่อชิงโครสโคป แมกเนติกคอนแทคเตอร์และโอเวอร์โวลติลิตี้พร้อมจุดต่อ ส่วนควบคุมการตัด-ต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จะนำมาต่อขนานเข้าสู่ระบบ และส่วนแสดงสถานะ การตัด-ต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จะนำมาต่อขนานเข้าสู่ระบบ

2. ผลประเมินคุณภาพชุดการสอน การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส โดยใช้คำถามลักษณะ

แบบให้เลือกตอบ แบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ ประกอบด้วย มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จำนวน 3 ด้าน (20 ข้อคำถาม) เกณฑ์การให้คะแนนวัดระดับคุณภาพ (แปลผล) เกณฑ์ 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 ระดับคุณภาพมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 ระดับคุณภาพมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 ระดับคุณภาพปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 ระดับคุณภาพน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 ระดับคุณภาพน้อยที่สุด

ผลการประเมินคุณภาพตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านที่มีต่อชุดการสอน แสดงดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดการสอนการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ที่ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.72 และเมื่อพิจารณาคะแนนของแต่ละด้าน พบว่า ด้านใบความรู้ มีค่าเฉลี่ยรวมที่ 4.60 ด้านใบปฏิบัติงาน มีค่าเฉลี่ยรวมที่ 4.80 และด้านชุดทดลอง มีค่าเฉลี่ยรวมที่ 4.73 จากคะแนนเต็ม 5.00 ของแต่ละด้าน

3. ผลประเมินประสิทธิภาพของชุดการสอนการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส เมื่อนำชุดการสอนไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างหลังจากเรียนจบในแต่ละหัวข้อ นำคะแนนที่ได้จากคำถามท้ายการทดลองทั้ง 4 หัวข้อ (E_1) ด้านความรู้ และนำผลคะแนนที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรม ทั้ง 3 การปฏิบัติงาน (E_1) ด้านทักษะทางปัญญา เมื่อผู้เรียนเรียนครบทุกหัวข้อแล้วนำคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน (E_2) ด้านความรู้ และจากการทดสอบปฏิบัติ (E_2) ด้านทักษะทางปัญญา จากนั้นนำมาหาประสิทธิภาพด้านความรู้ และด้านทักษะทางปัญญาตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส

ด้าน	รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านใ้ความรู้				
1.1	กำหนดวัตถุประสงค์การสอน วัดและสังเกตพฤติกรรมได้	4.67	.58	มากที่สุด
1.2	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์การสอน	4.67	.58	มากที่สุด
1.3	เป็นเนื้อหาที่จำเป็น สรุปรูปเนื้อหาเป็นประโยค กะทัดรัด อ่านเข้าใจง่ายมีความหมายชัดเจน	4.67	.58	มากที่สุด
1.4	เนื้อหาทั้งหมดในใ้ความรู้ถูกต้องและเป็นปัจจุบันไม่มีที่ผิด	4.67	.58	มากที่สุด
1.5	มีสัดส่วนเนื้อหาและรูปภาพอย่างเหมาะสม คมชัด อ่านง่าย	4.33	.58	มาก
	ค่าเฉลี่ย	4.60	.51	มากที่สุด
2. ด้านใ้ปฏิบัติงาน				
2.1	ใ้ปฏิบัติงานครอบคลุมวัตถุประสงค์การสอน	5.00	0	มากที่สุด
2.2	ใ้ปฏิบัติงานมีเนื้อหาถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน	5.00	0	มากที่สุด
2.3	ขั้นตอนการทดลองก่อให้เกิดการเรียนรู้	4.67	.58	มากที่สุด
2.4	คำอธิบายขั้นตอนการทดลองเข้าใจง่าย	4.67	.58	มากที่สุด
2.5	สะดวกต่อการบันทึกผลการทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลอง	4.67	.58	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ย	4.80	.41	มากที่สุด
3. ด้านชุดทดลอง				
3.1	เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การสอน	5.00	0	มากที่สุด
3.2	สอดคล้องกับใ้ปฏิบัติงานและใ้ความรู้	5.00	0	มากที่สุด
3.3	ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้	4.67	.58	มากที่สุด
3.4	ช่วยเพิ่มทักษะการเรียนรู้ด้านการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส	4.67	.58	มากที่สุด
3.5	มีรูปร่างและขนาดที่เหมาะสม	4.67	.58	มากที่สุด
3.6	มีความปลอดภัยใ้ใช้งาน	4.67	.58	มากที่สุด
3.7	มีความสะดวกใ้การเชื่อมต่ออุปกรณ์การทดลอง	4.33	.58	มาก
3.8	ความเหมาะสมกับใ้ใช้งานใ้ห้องปฏิบัติการ	5.00	0	มากที่สุด
3.9	ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใ้ใ้การสร้างชุดทดลอง	4.33	.58	มาก
3.10	ความคุ้มค่าและประโยชน์ที่ใ้ได้รับ	5.00	0	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ย	4.73	.45	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ยทุกด้าน	4.72	.45	มากที่สุด

ตารางที่ 2 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านความรู้

รายการ	คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	คะแนนเต็ม	n=10
				ร้อยละ
คะแนนจากคำถามท้ายการทดลอง (E ₁)	269	26.9	30	89.67
คะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน (E ₂)	287	28.7	30	95.67

ตารางที่ 3 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านทักษะทางปัญญา

n=10

รายการ	คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	คะแนนเต็ม	ร้อยละ
คะแนนจากแบบสังเกตพฤติกรรม (E ₁)	860	86	90	95.56
คะแนนจากการทดสอบปฏิบัติ (E ₂)	283	28.3	30	94.33

ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านความรู้ และด้านทักษะทางปัญญา แสดงดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

จากตารางที่ 2 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านความรู้ จากการเรียน 3 หัวข้อปฏิบัติการ ซึ่งมีคำถามท้ายการทดลองและแบบทดสอบหลังเรียนคะแนนเต็มการทดลองละ 10 คะแนน คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ เท่ากับ 89.67/95.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

จากตารางที่ 3 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านทักษะทางปัญญา ซึ่งมีคะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมการทดลองละ 30 คะแนนและการสอบปฏิบัติคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของการทำใบปฏิบัติงานและการสอบปฏิบัติ เท่ากับ 95.56/94.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปผลได้ดังนี้ คือ

1. การหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านความรู้ มีผลการวิจัยดังนี้ ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยคิดจากคะแนนเฉลี่ยร้อยละของคะแนนจากคำถามท้ายการทดลอง (E₁) และคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนด้วยชุดการสอน (E₂) มีค่าเท่ากับ 89.67/95.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งสมมติฐานไว้ เนื่องจากชุดการสอนที่สร้างขึ้นผ่านกระบวนการออกแบบสร้างที่ดีมีการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด รวมทั้งผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เมื่อพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนด้วยชุดการสอน

จะมีค่ามากกว่าคะแนนจากคำถามท้ายการทดลอง ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการใช้ชุดทดลองประกอบการเรียน

2. การหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านทักษะทางปัญญา มีผลการวิจัยดังนี้ ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยคิดจากคะแนนเฉลี่ยร้อยละของคะแนนจากแบบสังเกตพฤติกรรม (E₁) และคะแนนจากการทดสอบปฏิบัติ (E₂) มีค่าเท่ากับ 95.56/94.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งสมมติฐานไว้ เช่นเดียวกับด้านความรู้

กระบวนการการออกแบบสร้างชุดทดลอง การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟสอย่างเป็นระบบ เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากนั้นนำวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมาออกแบบชุดการสอน เพื่อให้ได้รูปแบบของชุดทดลองที่สามารถทำการทดลองได้ครอบคลุมตามทฤษฎีและสามารถวัดผลเชิงพฤติกรรมได้ มีการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์เพื่อให้ได้มาซึ่งผลการวิจัยที่น่าเชื่อถือ และเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ด้านการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สอดคล้องกับงานวิจัย (กรวรรณ สืบสม และนพรัตน์ หมิพัตต์, 2560; ฤทัย ประทุมทอง, 2561; วารินทร์ บินโฮเซ็น และดวงพร ฝาสวรรณ, 2558; รุ่งอรุณ พรเจริญ, 2562) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสื่อประกอบการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้ชุดทดลองดังกล่าวเกิดประสิทธิผลที่ น่าเชื่อถือในการนำไปใช้งาน ผู้สอนควรทำการ ปฏิบัติ ดังนี้

1. ผู้สอนควรประเมินผลผู้เรียนทันทีทุกครั้ง เพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน และนำมาปรับ การเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ผู้สอนควรใช้อุปกรณ์ประกอบการเรียน การสอนที่หลากหลาย สื่อประกอบการสอนที่ เหมาะสม สอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นของผู้เรียน (ไวพจน์ ศุภบรรเสถียร, 2560) นอกจากชุดการสอน

ที่มีประสิทธิภาพแล้ว สิ่งที่จะช่วยให้การเรียนการสอน มีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดการเรียนรู้ของผู้เรียน ประการหนึ่ง คือ การศึกษาค้นคว้าหาความรู้ที่ เกี่ยวข้องกับการเรียนล่วงหน้า และบริหารเวลาให้ เหมาะสมกับแผนการสอนที่กำหนด

3. ชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการศึกษาวิจัยที่ เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ควบคุมการขนานเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบปรับตัวให้เหมาะสมกับโหลด ได้ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กรวรรณ สีสสม และนพรัตน์ หมี่พลัด. (2560). การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped classroom) ด้วยการบูรณาการการเรียนการสอนรายวิชาเทคโนโลยีมีเดียผ่าน Google Classroom. *วารสารวิชาการ สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*. 6(2). 118-127.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรีสาขา วิศวกรรมศาสตร์*. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 127, ตอนพิเศษ 126 ง (ลงวันที่ 1 พฤศจิกายน 2553).

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*. 5(1). 7 – 20.

ธนากร น้ำหอมจันทร์. (2562). *เอกสารประกอบการสอน เครื่องจักรกลไฟฟ้า*. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยอีส เทิร์นเอเชีย.

นิธินันท์ มาตา. (2556). *การพัฒนาสื่อการสอนแบบซ่อมเสริมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รายวิชา คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต*. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

ฤทัย ประทุมทอง. (2561). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่อง การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส. *วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา*. 31(108). 36 – 44.

รุ่งอรุณ พรเจริญ. (2562). การใช้ชุดเรียนปฏิบัติการสำเร็จรูปสำหรับการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรม โทโรคมานาคม ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา. *วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา*. 31(111). 38- 47.

วารินทร์ บินโฮเซ็น และดวงพร ผาสวรรณ. (2558). การพัฒนาสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์รายวิชา BNS402 การพยาบาลมารดาและทารกเพื่อการเตรียมความพร้อมในการสอบขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาต ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์. *วารสารวิชาการ สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชน แห่งประเทศไทย (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*. 4(1). 18-28.

ไวพจน์ ศุภบรรเสถียร. (2560). การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ 3 เฟสโดยใช้แม็กเนติกคอนแทคเตอร์ ร่วมกับพีแอลซี. *วารสารวิชาการ สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*. 6(1). 127-136.

- Sen, P. C. (1997). *Principles of Electric Machines and Power Electronics*. (2nd ed). CANADA: John Wiley & Sons, Inc.
- Thompson, M. J. (2012). *Fundamentals and Advancements in Generator Synchronizing Systems*. 3rd Annual Protection, Automation and Control World Conference. Budapest, Hungary. June 25–28, pp. 1-13.