

## ชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา สำหรับใช้ในการสอนแบบออนไลน์ Portable Electric Circuit Training Set for Online Teaching

รัชณีวรรณ หมั่นแสง<sup>1\*</sup> และ สิทธิเดช วชิราศรีศิริกุล<sup>1</sup>  
Ratchaneewan Munsawaeng<sup>1\*</sup> and Sitthidet Vachirasricirikul<sup>1</sup>

### บทคัดย่อ

สถานการณ์โควิด 19 มีมาตรการในการป้องกันและเพื่อควบคุมสถานการณ์ ให้อยู่ที่พักอาศัยทำให้ผู้สอนและผู้เรียนไม่สามารถทำการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติได้ ผู้วิจัยสร้างชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา สำหรับใช้ในการสอนแบบออนไลน์ (portable electrical circuit training set for online teaching) พร้อม กับพัฒนาใบงานการทดลองให้เหมาะสมกับชุดทดลองฯ เพื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า สำหรับการสอนแบบออนไลน์ โดยใช้วัสดุการศึกษาที่จัดซื้อใช้งานภายในห้องปฏิบัติการ วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มาประกอบเป็นชุดทดลองฯ เพื่อส่งไปให้ผู้เรียนใช้ทดลองร่วมกับการสอนแบบ ออนไลน์ในที่พักอาศัย เหมาะกับสถานการณ์ที่ยังต้องรักษาระยะห่างทางสังคม ผลการวิจัยนี้เปอร์เซ็นต์ค่า ความคลาดเคลื่อนของแรงดัน กระแส และค่าความต้านทาน ที่วัดได้จากการทดลอง บนชุดทดลองวงจรไฟฟ้า แบบพกพา มีเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อน น้อยกว่าเท่ากับร้อยละ 0.042 ดังนั้นชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบ พกพา สามารถใช้ในการเรียนการสอนได้

**คำสำคัญ:** ชุดทดลองวงจรไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน ไฟฟ้ากระแสตรง

### Abstract

In the COVID-19 pandemic, some preventive measures were released to control the situation and one of them is to maintain a safe distance. For the result, teaching and learning cannot be done at school. For some practice subjects, teachers need to find the solutions. For teaching the subject of 262215 Electric Circuits Laboratory, the researcher built the portable electrical circuit training set for online teaching along with developing suitable electrical circuit worksheets. The materials for education existing in the electrical and electronic circuit laboratories were used to set up the training sets and sent to the students for the experiment. The research results showed that the tolerance percentages of voltage, current and resistance which were measured from the experiment on the portable electric circuit training set was less than 0.042 %. As a result, the portable electrical circuit training set can be used in teaching.

**Keywords:** electric circuit training set, introduction to electrical circuit, basic electrical circuit, electric direct current

### บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสื่อการสอนด้านวงจรไฟฟ้า สำหรับใช้ในการสอนแบบออนไลน์ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ ชันฉชัย อธิเกียรติ และ ธนารักษ์ สารเถื่อนแก้ว เป็นแรงบันดาลใจในการทำงานวิจัยครั้งนี้ กล่าวคือ แนวคิด กระบวนการ หรือสิ่งประดิษฐ์แบบใหม่ๆ ในการจัดการเรียนรู้ เริ่มเข้ามามีอิทธิพลต่อการปฏิรูปการศึกษาในปัจจุบัน ช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ ได้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม เกิดแรงจูงใจในการเรียนด้วยนวัตกรรมเหล่านั้น (ชันฉชัย และธนารักษ์, 2564) ทั้งนี้หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จัดให้มีการเรียนการสอนรายวิชา

<sup>1</sup> คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

<sup>1</sup> School of Engineering, University of Phayao, Phayao, 56000

\*Corresponding author: e-mail: ratchaneewan.mu@up.ac.th

Received: August 6, 2021, Accepted: October 3, 2021, Published: December 31, 2021

262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า (Electric Circuits Laboratory) แบบออนไลน์ ทำให้ผู้สอนและผู้เรียนไม่สามารถทำการเรียนการสอนภายในห้องปฏิบัติการได้ เนื้อหาในรายวิชานี้ เน้นการทดลองวงจรไฟฟ้า การใช้เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า ในการทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ผู้วิจัยได้มีแนวคิดในการสร้างชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา ที่มีขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบา ที่สามารถส่งไปให้ผู้เรียนใช้ในการเรียน ควบคู่กับการสอนแบบออนไลน์ เพื่อเพิ่มทักษะปฏิบัติการต่อและวัดวงจรไฟฟ้า เนื่องจากสถานการณ์การระบาดของไวรัสโคโรนา ทำให้การเรียนการสอนยังไม่เข้าสู่ภาวะปกติ

โดยออกแบบและพัฒนาใบงานที่ใช้สำหรับชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา จำนวน 8 ใบงาน จากการวิเคราะห์รายละเอียดรายวิชาที่เกี่ยวกับการทดลองเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า เครื่องมือวัด และการวัดทางไฟฟ้า วงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การจำลองวงจรเบื้องต้น ของระบบบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา (2564) โดยทฤษฎีที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากหนังสือ ตำราเรียน และเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องมีหัวข้อดังต่อไปนี้ กฎของโอห์ม (Ohm's Law) วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series DC Circuits) วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Parallel DC Circuits) วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (Power in DC Circuits) วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider Circuit) วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า (Current Divider Circuit) ทฤษฎีการวางซ้อนในวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้น (Linear) ทฤษฎีแรงดันโนด (Node Voltage Theorem) ทฤษฎีเทวินิน (Thevenin's Theorem) ทฤษฎี Norton (Norton's Theorem) ทฤษฎีส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด (The Maximum Power Transfer Theorem) และทฤษฎีทวิโตนบริดจ์ไฟตรง (DC Bridge) เป็นต้น (ซัด, 2553; นภัทร และคณะ, 2533; บุญเรือง, 2559; วิษณุ, 2558; สุพจน์, 2543)

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา สำหรับใช้ในการสอนแบบออนไลน์
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา

### ระเบียบวิธีวิจัย

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ จะเปลี่ยนจากลักษณะตัวอย่างหรือประชากรที่ทำการศึกษาเป็นพื้นที่ในการศึกษาและผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ผู้วิจัย กำหนดเจาะจงเลือกพื้นที่ในการศึกษา เป็นรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า ที่ใช้ในการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และผู้ให้ข้อมูลสำคัญเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถด้านวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ให้ข้อมูลสำคัญนั้นเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องในการเรียนการสอนรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า คือจำนวน 21 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จำนวน 3 คน
2. ครูปฏิบัติการสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จำนวน 3 คน
3. นิสิตหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ชั้นปีที่ 4 จำนวน 15 คน

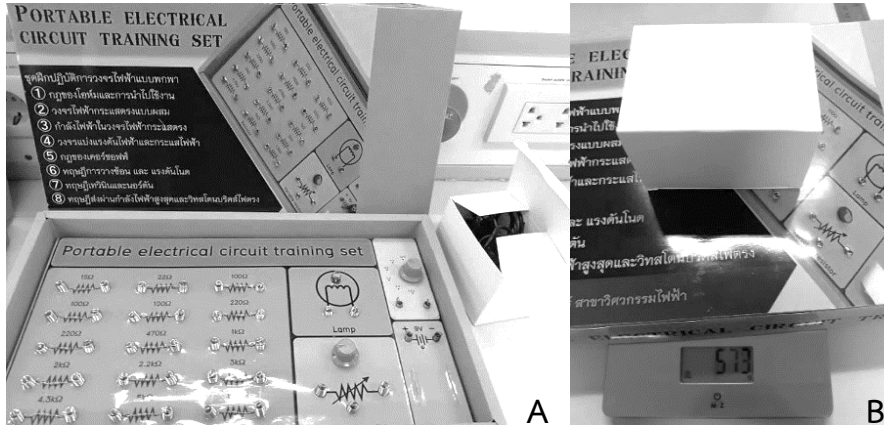
#### ขั้นตอนการวิจัย

##### 1.การสร้างชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา สำหรับใช้ในการสอนแบบออนไลน์

การสร้างชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา สำหรับใช้ในการสอนแบบออนไลน์ (ภาพที่ 1) ออกแบบโดยพิจารณาเกณฑ์เรื่อง ประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาด รูปร่าง ความคงทน การบำรุงรักษา และน้ำหนักของชุดทดลองฯ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาคำอธิบายรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า (Electric Circuits Laboratory)
- 2) กำหนดใบงานการทดลอง
- 3) ออกแบบใบงานการทดลอง
- 4) ออกแบบขนาดกล่องชุดทดลอง
- 5) เช็ครายอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในใบงาน
- 6) ออกแบบการวางอุปกรณ์บนชุดทดลอง
- 7) เช็ครายอุปกรณ์มีในคลังวัสดุการศึกษาของห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า

- 8) จัดซื้อวัสดุที่จำเป็นในการสร้าง
- 9) สร้างชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา
- 10) ขอคำแนะนำจากอาจารย์ผู้สอนในรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า (Electric Circuits Laboratory)
- 11) ปรับปรุงชุดทดลอง ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และอาจารย์ผู้สอน
- 12) นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง



ภาพที่ 1 ชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา สำหรับใช้ในการสอนแบบออนไลน์ A: ชุดทดลองฯ, B: น้้าหนักของชุดทดลองฯ

## 2. การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้มีแหล่งข้อมูลแบบปฐมภูมิ (Primary Data) โดยเก็บข้อมูลจากบันทึกผลการทดลองใบงาน รายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า เพื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อน ของชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา เปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณวงจรไฟฟ้าทางทฤษฎี

### การวิเคราะห์ข้อมูล

จากบันทึกผลการทดลองของผู้ให้ข้อมูลสำคัญ นำข้อมูลมาค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลที่ไม่ได้แจกแจงความถี่ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
	$\sum x$	คือ ผลบวกข้อมูลทุกค่า
	$n$	คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

นำค่าเฉลี่ยเลขคณิต มาทำการหาเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อน จากการค่าที่บันทึกได้จากการทดลอง เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณวงจรไฟฟ้าที่ถูกต้อง โดยใช้สูตรเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อน

$$\text{เปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อน} = \left| \frac{\text{ค่าจากการวัด}-\text{ค่าจากการคำนวณ}}{\text{ค่าจากการคำนวณ}} \right| \times 100\%$$

เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพาว่า ค่าที่บันทึกได้จากการทดลองจากชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา มีความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ พิจารณาได้จากจำนวนเลขนัยสำคัญสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

### ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์รายละเอียดรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า (Electric Circuits Laboratory) ผู้วิจัยได้กำหนดใบงานการทดลองที่สามารถใช้งานร่วมกับชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพาได้ในงานวิจัยนี้มีจำนวน 8 ใบงาน ดังนี้

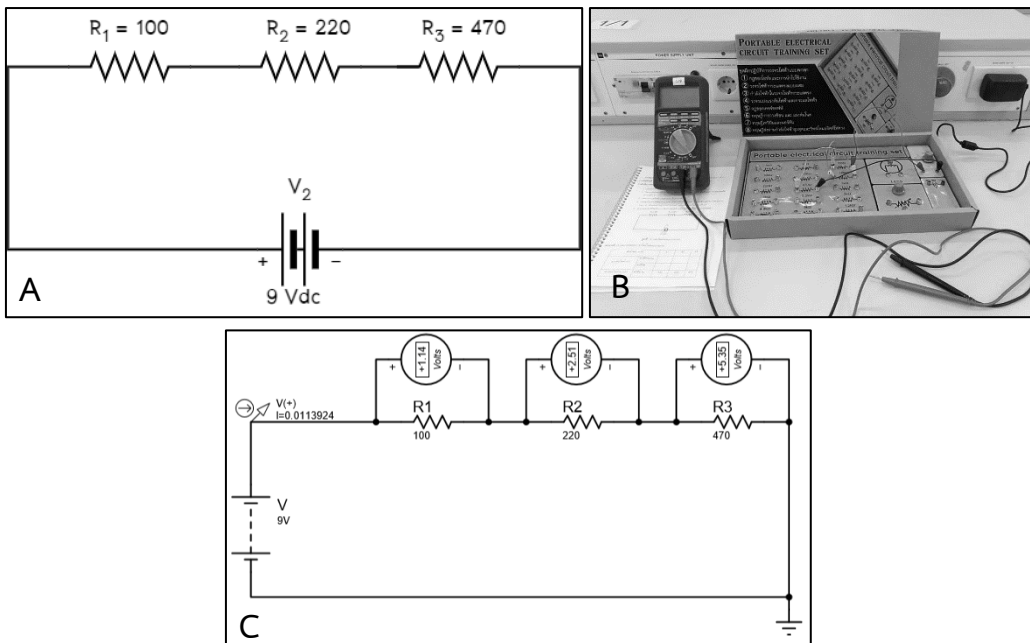
- 1) กฎของโอห์มและการนำไปใช้งาน (Application of Ohm's Law)
- 2) วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Combination DC Circuits)
- 3) กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (Power in DC Circuits)
- 4) วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า (Voltage & Current Divider Circuits)
- 5) กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Law)
- 6) ทฤษฎีการวางซ้อนและแรงดันโนด (Superposition & Node Voltage Theorem)
- 7) ทฤษฎีเทวินินและนอร์ตัน (Thevenin's & Norton's Theorem)
- 8) ทฤษฎีส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดและวิธสโตนบริดจ์ (The Maximum Power Transfer Theorem and Wheatstone Bridge)

การเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลจากบันทึกผลการทดลอง จำนวน 3 ใบงาน คือ 1) วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series DC Circuits) 2) วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Parallel DC Circuits) และ 3) วงจรไฟฟ้าแบบผสม (Combination DC Circuits)

ใบงานที่ 1 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ต่อวงจรในภาพที่ 2 วัดหาค่าแรงดันไฟฟ้ารวม ( $V_T$ ) กระแสไฟฟ้ารวม ( $I_T$ ) และค่าความต้านทานรวม ( $R_T$ )

คำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต ของผลการทดลองจากชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา และโปรแกรมจำลองไฟฟ้า ทำการหาเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากการคำนวณวงจรไฟฟ้าที่ถูกต้อง (ตารางที่ 1)

สำหรับโปรแกรมจำลองไฟฟ้า ผู้วิจัยเลือกใช้ โปรแกรม PROTEUS เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท แล็บเซ็นเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด (Labcenter Electronics Ltd.) ประเทศอังกฤษ เว็บไซต์หลักเจ้าของโปรแกรมนี้อคือ <https://www.labcenter.com> ผู้วิจัยใช้โปรแกรม PROTUSE demonstration version เวอร์ชันสาธิต สามารถใช้งานได้ฟรี โดยข้อจำกัดของโปรแกรมไม่เป็นอุปสรรคต่อการทำวิจัย



ภาพที่ 2 การต่อวงจรไฟฟ้า A: วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม, B: ต่อวงจรบนชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา, C: การจำลองวงจรไฟฟ้าบนโปรแกรม PROTEUS

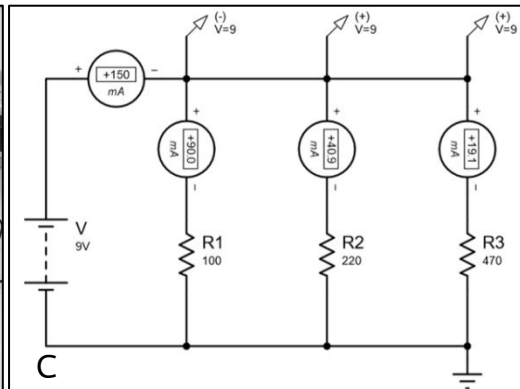
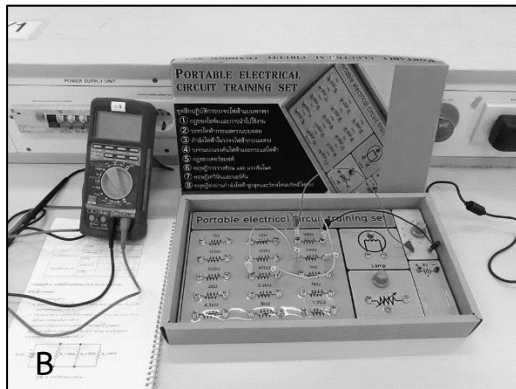
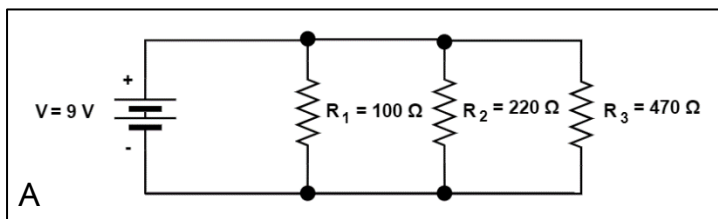
ตารางที่ 1 เปรอ์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพาเปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณ วงจรไฟฟ้าที่ถูกต้องการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

วัดค่า	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต		ค่าคำนวณ	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน <sup>1</sup>	
	ชุดทดลองฯ	PROTEUS		ชุดทดลองฯ	PROTEUS
แรงดัน (V)	9.12	9	9	0.013	0
กระแสไฟฟ้ารวม (mA)	11.87	11.39	11.39	0.042	0
ความต้านทานรวม (Ω)	769	790	790	0.027	0

<sup>1</sup>เปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อน ใช้เลขนัยสำคัญทศนิยม 3 ตำแหน่ง

ใงานที่ 2 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน ต่อวงจรในภาพที่ 3 วัดหาค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ค่าความต้านทานรวม ( $R_T$ ) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัว และกระแสไฟฟ้ารวม ( $I_T$ )

คำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต ของผลการทดลองจากชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา และโปรแกรมจำลองไฟฟ้า ทำการหาเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากการคำนวณวงจรไฟฟ้าที่ถูกต้อง (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้า A: วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน, B: ต่อวงจรบนชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา, C: การจำลองวงจรไฟฟ้าบนโปรแกรม PROTEUS

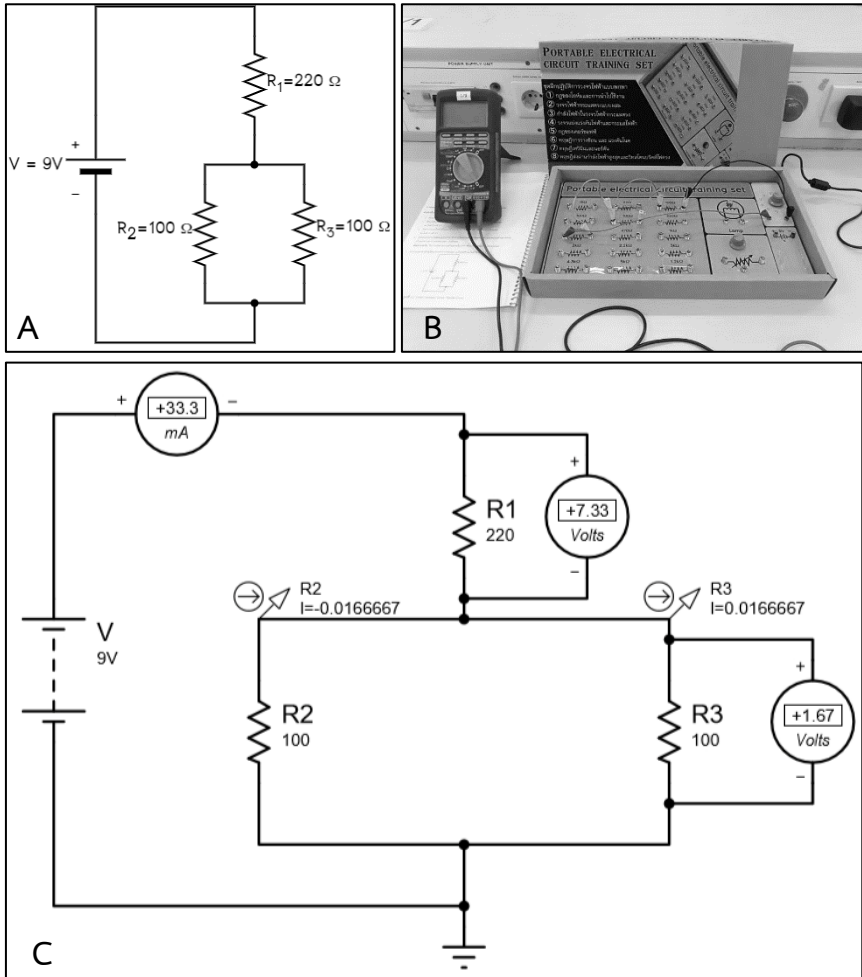
ตารางที่ 2 เปรอ์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพาเปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณ วงจรไฟฟ้าที่ถูกต้องการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

วัดค่า	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต		ค่าคำนวณ	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน <sup>1</sup>	
	ชุดทดลองฯ	PROTEUS		ชุดทดลองฯ	PROTEUS
แรงดัน (V)	9.12	9	9	0.013	0
กระแสไฟฟ้ารวม (mA)	153.5	150	150	0.023	0
ความต้านทานรวม (Ω)	59.55	59.98	59.98	0.007	0

<sup>1</sup>เปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อน ใช้เลขนัยสำคัญทศนิยม 3 ตำแหน่ง

ใงานที่ 3 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ต่อวงจรในภาพที่ 4 วัดหาค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ค่าความต้านทานรวม ( $R_T$ ) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัว และกระแสไฟฟ้ารวม ( $I_T$ )

คำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต ของผลการทดลองจากชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา และโปรแกรมจำลองไฟฟ้า ทำการหาเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากการคำนวณวงจรไฟฟ้าที่ถูกต้อง (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 4 การต่อวงจรไฟฟ้า A: วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม, B: ต่อวงจรบนชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา, C: การจำลองวงจรไฟฟ้าบนโปรแกรม PROTEUS

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพาเปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณวงจรไฟฟ้าที่ต้องการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

วัดค่า	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต		ค่าคำนวณ	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	
	ชุดทดลองฯ	PROTEUS		ชุดทดลองฯ	PROTEUS
แรงดัน (V)	9.12	9.00	9.00	0.013	0
กระแสไฟฟ้ารวม (mA)	33.24	33.3	33.3	0.015	0
ความต้านทานรวม (Ω)	268.62	270	270	0.009	0

<sup>1</sup> เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน ใช้เลขนัยสำคัญทศนิยม 3 ตำแหน่ง

### สรุปผลการวิจัย

วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพาเปรียบเทียบค่าจากการคำนวณวงจรไฟฟ้าที่ต้องการ ค่าที่ทำการจำลองวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 แบบบนโปรแกรม PROTEUS มีค่าเท่ากับค่าที่คำนวณ

สรุปเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนแรงดัน ชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพาเปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณวงจรไฟฟ้าที่ต้องการวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 แบบ มีเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อน เท่ากับร้อยละ 0.013

สรุปเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนกระแสไฟฟ้ารวม ชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพาเปรียบเทียบค่าจากการคำนวณวงจรไฟฟ้าที่ถูกต้อง วงจรไฟฟ้าทั้ง 3 แบบ มีเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อน ระหว่างร้อยละ 0.015 ถึง 0.042

สรุปเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนความต้านทานรวม ชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพาเปรียบเทียบค่าจากการคำนวณวงจรไฟฟ้าที่ถูกต้องวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 แบบ มีเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่าง ร้อยละ 0.07 ถึง 0.27 เนื่องจากชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา ใช้ตัวต้านทานที่มีค่าความคลาดเคลื่อน  $\pm 5\%$

จากผลสรุปค่าเปอร์เซ็นต์ ค่าความคลาดเคลื่อนแรงดัน กระแส และค่าความต้านทาน ให้ผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ผู้สอน มีความเห็นตรงกัน คือ “ชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพาสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้”

เนื่องจากแหล่งจ่ายแรงดันออกแบบให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ใบงานการทดลองกำหนด และค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่ใช้ในชุดทดลองไฟฟ้าแบบพกพา เป็นค่ามาตรฐานจากโรงงานผู้ผลิต สามารถทดลองกับใบงานการทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้ค่าแรงดันและตัวต้านทานที่มีในชุดทดลอง ผลจากการทดลองของวงจรจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณทางทฤษฎี ผู้วิจัยออกแบบและสร้างชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา และพัฒนาใบงานที่เหมาะสมกับชุดทดลอง เพื่อให้ให้นักศึกษานำไปใช้ประกอบการเรียนแบบออนไลน์ในที่พักอาศัย ด้วยขนาดกระทัดรัด พกพาสะดวก และผลการทดลองใกล้เคียงกับทฤษฎีวงจรไฟฟ้า โดยผู้วิจัยได้พิสูจน์ผลจากการทดลองของชุดทดลองไฟฟ้าแบบพกพา มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าเท่ากับร้อยละ 0.042 สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

### อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

รายวิชาปฏิบัติการที่ต้องใช้ทักษะปฏิบัติ ในสถานการณ์ควบคุมการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เป็นการเว้นระยะห่างในสังคม ให้เรียนออนไลน์แทนการเรียนในชั้นเรียน เพื่อหลีกเลี่ยงการอยู่ในชั้นเรียนที่มีการรวมคนจำนวนมาก ปัญหาสำหรับรายวิชาปฏิบัติการ คือ ผู้เรียนไม่สามารถเข้ามาเรียนในชั้นเรียน ทำให้ขาดทักษะในการปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้นำรายวิชาปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า มาทำการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชาเพื่อสร้างชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา และพัฒนาใบงานการทดลองให้เหมาะสม เพื่อให้การเรียนรู้ภายนอกห้องปฏิบัติการ

ผลการวิจัยนี้เปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดัน กระแส และค่าความต้านทาน ที่วัดได้จากการทดลอง บนชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา มีเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อน น้อยกว่าเท่ากับร้อยละ 0.042 ดังนั้น ชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา สามารถใช้ในการเรียนการสอนได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้งานบนบอร์ดชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพาควรมีการเขียนชื่ออุปกรณ์ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

### เอกสารอ้างอิง

- ชั้นชัย อธิเกียรติ และธนารักษ์ สารเดือนแก้ว. 2564. เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบเน้นผู้เรียนปฏิบัติ หรือ Active Learning. ครูอาชีพดอทคอม. [Online]. Available: <https://www.kruachieve.com/ดาวน์โหลด/เทคนิคการจัดการเรียนรู้/>. (สืบค้นเมื่อ กรกฎาคม 2564).
- ชัต อินทะสี. 2553. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพมหานคร. 440 หน้า.
- นภัทร วัจนเทพินทร์ วิจิตร ศิลคุณ และ สุรศักดิ์ วงษ์ชนะชัย. 2533. ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง. ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ. กรุงเทพมหานคร. 344 หน้า.
- บุญเรือง วัชชีลาบัตร. 2559. วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพมหานคร. 344 หน้า.
- ระบบบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา. 2564. รายละเอียดรายวิชาปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า. [Online]. Available: <https://rge.up.ac.th/รายวิชาที่เปิดสอน/>. (สืบค้นเมื่อ กรกฎาคม 2564).
- วิษณุ บัวเทศ. 2558. การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. ปัญญาชน. กรุงเทพมหานคร. 208 หน้า.
- สุพจน์ กนกการ. 2543. วงจรไฟฟ้า 1. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพมหานคร. 364 หน้า.