



ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช.

นางสาวปณิดา เวียงทอง

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช.



นางสาวปณิดา เวียงทอง

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร  
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



## ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช.

โดย นางสาวปณิดา เวียงทอง

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณี น้อยยิ่ง)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยณรงค์ เย็นศิริ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี หะยะมิน)

กรรมการภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัตน์ อัสวานวัตร)

ชื่อ : นางสาวปณิดา เวียงทอง  
 ชื่อการค้นคว้าอิสระ : ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า  
 ระดับชั้น ปวช.  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
 อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี หะยะมิน  
 ปีการศึกษา : 2567

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและสร้างชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า 2) เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะด้านการปฏิบัติในการต่อวงจรไฟฟ้าผ่านชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้าพื้นฐาน 3) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ประกอบไปด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) ใบปฏิบัติงาน 4 ชุด ได้แก่ ใบงานวงจรอนุกรม วงจรขนาน วงจรผสม และวงจรของกฎเคอร์ชอฟฟ์ 3) ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า 4) แบบทดสอบหลังเรียน 5) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 กลุ่ม 3 แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 20 คน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. ที่ออกแบบและสร้างขึ้นผ่านการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 10 ท่าน อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 และผลประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อประกอบการเรียนการสอน อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30 2) ผลการหาประสิทธิภาพของชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ ( $E_1/E_2$ ) เท่ากับ 77.33/77.75 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 75/75 ดังนั้นการออกแบบและสร้างชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. สามารถนำไปใช้ในการประกอบการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(มีจำนวนทั้งสิ้น 116 หน้า)

คำสำคัญ : ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Miss Panita Wiangthong  
Independent Study Title : Instructional media for Electrical Mathematics for  
Vocational Certificate Level  
Major Field : Electrical Engineering  
King Mongkut's University of Technology North  
Bangkok  
Independent Study Advisor : Assistant Professor Dr. Pakkawee Hayamin  
Academic Year : 2024

### ABSTRACT

This research aims to design and develop a set of instructional media for teaching Electrical Mathematics, to equip learners with practical skills in circuit assembly through a basic principle of electricity, to test the effectiveness of the instructional media for Electrical Mathematics, and to evaluate students' satisfaction with the instructional media for Electrical Mathematics. The sample group for this research consisted of third-year vocational certificate students in group 3 of the Electrical Power Program who were enrolled in the Electrical Mathematics course in the second semester of the academic year 2024, totaling 20 students.

The research findings revealed that the instructional media set for Electrical Mathematics at the vocational certificate level, which was designed and developed, was evaluated for suitability by experts and was rated at the highest level, with an average score of 4.60 and a standard deviation of 0.51. The students' satisfaction was assessed with an average score of 4.91, which is at the highest level. The effectiveness of the instructional media set for Electrical Mathematics at the vocational certificate level, which was designed and developed, was found to be 77.33/77.75, meeting the established standard criterion of 75/75.

(Total 116 Pages)

Keywords: Instructional media set for electrical mathematics

\_\_\_\_\_  
Advisor

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากการอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภควี หะยะมิน ที่ปรึกษาการวิจัย ได้ให้ความรู้ คำแนะนำแนวทางในการดำเนินการทำวิจัย ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของเนื้อหา และคอยแนะนำวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการวิจัย นอกจากนั้นผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัย ขอขอบพระคุณอาจารย์จากแผนกช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานีทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในทุก ๆ ด้านแก่ผู้วิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนเพื่อน ๆ นักศึกษาปริญญาโท รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีได้กล่าวนามที่คอยให้คำแนะนำช่วยเหลือและเป็นที่กำลังใจตลอดมา

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และพี่ชายทั้งสองคนของข้าพเจ้าที่คอยสนับสนุนให้โอกาสทางการศึกษาเสมอมาและเป็นแรงผลักดัน แรงบันดาลใจ ให้ผู้วิจัยสามารถผ่านอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ตลอดจนคอยให้กำลังใจให้สามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ทั้งนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจและนำไปสู่การพัฒนา ยิ่ง ๆ ขึ้นไป

ปณิดา เวียงทอง

## สารบัญ

|                                              | หน้า |
|----------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย                              | ก    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                           | ข    |
| กิตติกรรมประกาศ                              | ค    |
| สารบัญ                                       | ง    |
| สารบัญตาราง                                  | ฉ    |
| สารบัญรูปภาพ                                 | ช    |
| บทที่ 1 บทนำ                                 |      |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา           | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย                  | 1    |
| 1.3 สมมติฐานของการวิจัย                      | 2    |
| 1.4 ขอบเขตของการวิจัย                        | 2    |
| 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ                          | 3    |
| 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                | 3    |
| 1.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย                     | 4    |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง       |      |
| 2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน | 5    |
| 2.2 การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน             | 15   |
| 2.3 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ          | 18   |
| 2.4 ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า                       | 22   |
| 2.5 แผนการจัดการเรียนรู้                     | 28   |
| 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                    | 45   |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย                   |      |
| 3.1 การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา              | 48   |
| 3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย       | 51   |
| 3.3 วิธีการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล          | 58   |
| 3.4 การวิเคราะห์ผลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย   | 58   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                                            | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทที่ 4 ผลของการวิจัย                                                                                                      |      |
| 4.1 ผลการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย                                                                                   | 61   |
| 4.2 การวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่าง<br>แบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                             | 64   |
| 4.3 ผลการประเมินคุณภาพสื่อจากผู้เชี่ยวชาญ                                                                                  | 66   |
| 4.4 ผลการทดสอบคะแนนระหว่างเรียน                                                                                            | 68   |
| 4.5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดการสอน                                                                    | 71   |
| บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ                                                                                      |      |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย                                                                                                         | 74   |
| 5.2 การอภิปรายผลการวิจัย                                                                                                   | 74   |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ                                                                                                             | 76   |
| บรรณานุกรม                                                                                                                 | 77   |
| ภาคผนวก ก                                                                                                                  |      |
| รายนามผู้เชี่ยวชาญ                                                                                                         | 81   |
| หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ                                                                                                | 84   |
| ภาคผนวก ข                                                                                                                  |      |
| แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือวิจัย                                                                                            | 95   |
| แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบเพื่อหาดัชนี<br>ความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม | 98   |
| แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อประกอบการเรียน<br>การสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช.                  | 111  |
| ภาคผนวก ค                                                                                                                  |      |
| คู่มือการใช้งานชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า                                                              | 115  |
| ประวัติผู้วิจัย                                                                                                            | 116  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                          | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3-1 หัวข้อการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ                                  | 48   |
| 4-1 การประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง                                                            | 62   |
| 4-2 ผลการประเมินความสำคัญและรายละเอียดเนื้อหา                                                     | 64   |
| 4-3 ผลวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับ<br>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม     | 64   |
| 4-4 ผลการวิเคราะห์ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดสื่อประกอบการเรียนการ<br>สอน            | 66   |
| 4-5 ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) จากแบบทดสอบ                           | 69   |
| 4-6 ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนกลุ่มที่ 2 (กลุ่มทดลอง) จากแบบทดสอบ                            | 69   |
| 4-7 ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) จากใบปฏิบัติงาน                       | 69   |
| 4-8 ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนกลุ่มที่ 2 (กลุ่มทดลอง) จากใบปฏิบัติงาน                        | 70   |
| 4-9 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน                                           | 70   |
| 4-10 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน                                                      | 70   |
| 4-11 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อประกอบการเรียนการสอน<br>วิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า | 71   |

## สารบัญรูปภาพ

| ภาพที่                                                             | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------|------|
| 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย                                           | 4    |
| 2-1 วงจร Regulator 0-30V 2A ชนิดควบคุมกระแส                        | 23   |
| 2-2 ภาพลายปริ้นและตำแหน่งอุปกรณ์                                   | 23   |
| 2-3 ภาพของจริงเมื่อประกอบเสร็จ                                     | 23   |
| 2-4 หม้อแปลงไฟฟ้า 220V/24-0-24V AC ขนาด 2A                         | 25   |
| 2-5 โวลต์มิเตอร์ 30VDC                                             | 25   |
| 2-6 สวิตช์                                                         | 26   |
| 2-7 ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ (Metal Film)                            | 26   |
| 2-8 Banana Jack                                                    | 27   |
| 2-9 Ohm's Law Formula Circle                                       | 30   |
| 2-10 PIE Formula Circle                                            | 30   |
| 2-11 Ohm's Law Formula Circle                                      | 31   |
| 2-12 การใช้สามเหลี่ยมกฎของโอห์ม เมื่อต้องการหาค่าใดก็ได้ปิดค่านั้น | 32   |
| 2-13 การต่อเซลล์ไฟฟ้าอนุกรม                                        | 32   |
| 2-14 แรงดันไฟฟ้าที่มีทิศทางหักล้างกันจะลบออกจากกัน                 | 33   |
| 2-15 ประกอบการอธิบายกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์                     | 33   |
| 2-16 ตัวอย่างการต่อตัวต้านทานแบบขนาน                               | 34   |
| 2-17 กฎของโอห์มในวงจรขนาน                                          | 34   |
| 2-18 การต่อเซลล์ไฟฟ้าขนาน                                          | 35   |
| 2-19 การใช้กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์                               | 35   |
| 2-20 กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าในวงจรขนาน                                 | 36   |
| 2.21 กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าสำหรับวงจรหลาย ๆ สาขา                      | 36   |
| 2-22 วงจรผสมแบบขนาน-อนุกรม                                         | 37   |
| 2-23 วงจรผสมแบบขนาน-อนุกรม                                         | 37   |
| 2-24 วงจรผสมแบบอนุกรม-ขนาน                                         | 37   |

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                           | หน้า |
|--------------------------------------------------|------|
| 3-1 ขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย | 52   |
| 3-2 การออกแบบชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า                  | 53   |
| 3-3 ตัดกล่องอะคลิลิกและเจาะรูตามการออกแบบ        | 54   |
| 3-4 วัสดุอุปกรณ์ของชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า            | 54   |
| 3-5 ประกอบใส่วัสดุอุปกรณ์                        | 55   |
| 3-6 ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า                           | 55   |
| 4-1 แผนการจัดการเรียนรู้                         | 61   |
| 4-2 ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า                           | 64   |
| 4-3 การสอนโดยใช้เครื่องมือ                       | 68   |



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันมีการพัฒนาชุดสื่อการเรียนการสอนเพิ่มมากขึ้น ทั้งด้านทฤษฎีและปฏิบัติ ครูผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าในสถานศึกษาก่อนระดับอุดมศึกษานั้น กลายเป็นผู้มีบทบาทสำคัญที่จะต้องร่วมมือกันปลูกฝังผู้เรียนให้รัก และอยากเรียนคณิตศาสตร์ไฟฟ้า โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนที่น่าสนใจและหลากหลายเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้คณิตศาสตร์ไฟฟ้ามากขึ้น จากประสบการณ์จริงที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า และคอยสังเกตพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง พบว่าผู้เรียนไม่อยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า รวมถึงขาดความเข้าใจในภาพจริงของวิชาคณิตศาสตร์และวงจรไฟฟ้า และไม่มีความพยายามในการแสวงหาความรู้ใหม่ๆ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นจะต้องเน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมอย่างจริงจัง มีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบระเบียบและเป็นขั้นเป็นตอน กระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้ อยากเห็น แสวงหาความรู้ตลอดเวลา พร้อมได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อให้มีทักษะการปฏิบัติ ทำให้ผู้เรียนสนุกสนาน และไม่เบื่อหน่ายในการเรียน

จากการสำรวจภายในห้องเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า พบว่าไม่มีสื่อปฏิบัติในรายวิชานี้ อีกทั้งสื่อในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสดร่งนั้นมีไม่เพียงพอ ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถลงมือปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้นผู้จัดทำวิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าขึ้น เพื่อทดแทนสื่อเดิมที่มีอยู่และเพื่อให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในงานด้านวงจรไฟฟ้า

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อออกแบบและสร้างชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า
- 2.2 เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะด้านการปฏิบัติในการต่อวงจรไฟฟ้าผ่านชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้าพื้นฐาน
- 2.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า
- 2.4 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า

### 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

- 1.3.1 ผู้เรียนกลุ่มที่หนึ่งมีทักษะด้านการปฏิบัติในการต่อวงจรไฟฟ้าผ่านชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้าพื้นฐานอยู่ในเกณฑ์ 60/60
- 1.3.2 ผู้เรียนกลุ่มที่สองมีทักษะด้านการปฏิบัติในการต่อวงจรไฟฟ้าผ่านชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้าพื้นฐานอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
- 1.3.3 ชุดสื่อการเรียนการสอนชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 75/75
- 1.3.4 ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดสื่อการเรียนการสอนชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าอยู่ในระดับดีมาก

### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประกอบด้วย

- 1.4.1 ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด
- 1.4.2 ใบเนื้อหา ประกอบด้วย
  - หน่วยที่ 1 คณิตศาสตร์พื้นฐานช่างไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า
    - วงจรไฟฟ้าและสูตรพื้นฐาน
  - หน่วยที่ 3 เมตริกซ์
    - การประยุกต์ใช้เมตริกซ์เพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้า
- 1.4.3 เอกสารสำหรับการปฏิบัติงาน 4 ใบงาน
- 1.4.4 คู่มือเฉลยใบงาน
- 1.4.5 ตัวแปรในการวิจัย
  - 1.4.5.1 ตัวแปรต้น (Independent Variable) คือ ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า
  - 1.4.5.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ ประสิทธิภาพของชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าและความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดการเรียนการสอนที่ออกแบบขึ้น
- 1.4.6 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
 

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 กลุ่ม 3 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 20 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

  - 1.4.6.1 กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) จำนวน 10 คน ที่รับฟังการถ่ายทอดการบรรยายจากครูผู้สอนเพียงอย่างเดียว

1.4.6.2 กลุ่มที่ 2 (กลุ่มทดลอง) จำนวน 10 คน รับฟังการถ่ายทอดการบรรยายจากครูผู้สอน และลงมือปฏิบัติต่อวงจรไฟฟ้า

## 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ชุดสื่อการเรียนการสอน หมายถึง เอกสารเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้น ให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาวงจรไฟฟ้าและสูตรพื้นฐาน และการประยุกต์ใช้เมตริกซ์เพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วย ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด, ใบเนื้อหา, เอกสารสำหรับการปฏิบัติงาน 4 ใบงาน, คู่มือเฉลยใบงาน

1.5.2 ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า หมายถึง เป็นชุดการต่อวงจรไฟฟ้าพื้นฐาน ที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ใช้ศึกษาลักษณะการต่อวงจรและการอ่านค่าที่ได้จากการทดลองในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ภายในกล่องนั้นบรรจุตัวต้านทาน (R) ไว้

1.5.3 เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 75/75 หมายถึง ระดับของประสิทธิภาพที่คาดหวัง ซึ่งวัดได้จากค่าของคะแนนเฉลี่ยโดยกำหนดดังนี้

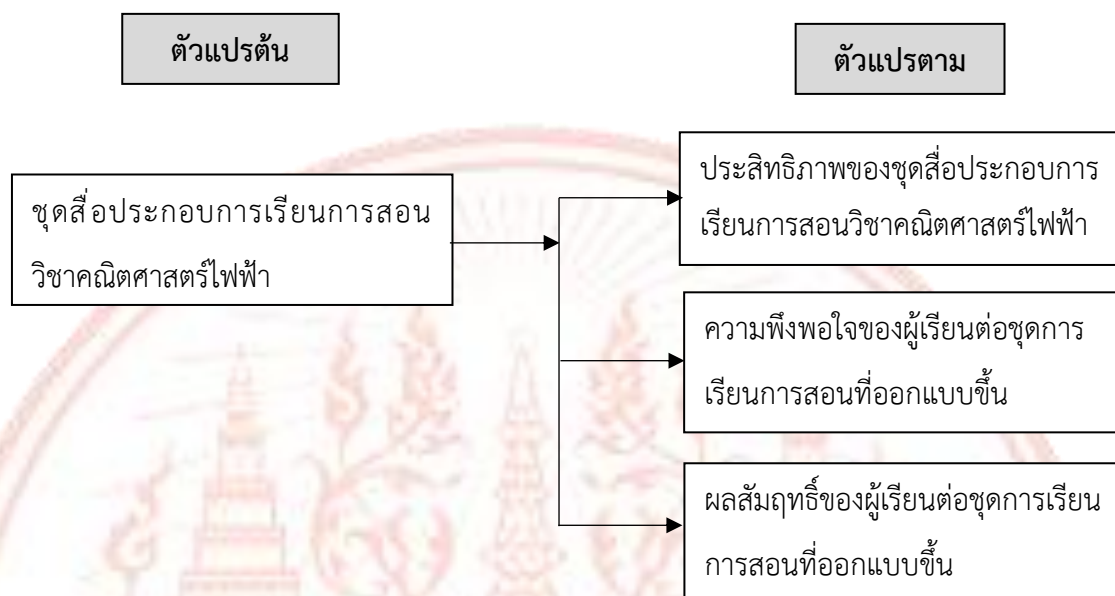
75 ตัวแรก แสดงประสิทธิภาพของกระบวนการ หมายถึง กระบวนการการจัดการเรียนการสอนระหว่างเรียนทั้งหมด โดยคิดจากการทำใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน

75 ตัวหลัง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หมายถึง หลังจากผู้เรียนเรียนจบกระบวนการ โดยคิดคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 ผู้เรียนมีชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์
- 1.6.2 ผู้เรียนได้ทักษะด้านการปฏิบัติในการต่อวงจรไฟฟ้าผ่านชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้าพื้นฐาน
- 1.6.3 ผู้เรียนสามารถต่อวงจรไฟฟ้าได้ง่ายไม่ซับซ้อน
- 1.6.4 ผู้เรียนสามารถนำความรู้ ทักษะด้านการปฏิบัติ ไปต่อยอดในระดับชั้นที่สูงขึ้นต่อไป

## 1.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อออกแบบและสร้างชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาหัวข้อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน
- 2.2 การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน
- 2.3 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ
- 2.4 ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า
- 2.5 แผนการจัดการเรียนรู้
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน

##### 2.1.1 ความหมายคำว่าชุดการสอน

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

ประภาภรณ์ (2564) กล่าวว่า ชุดการสอน คือ การนำสื่อประสมที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา มาจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งชุดการสอนจะประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา แบบฝึกหัด และแบบทดสอบระหว่างเรียน

วิรัตน์ (2560) กล่าวว่า ชุดการเรียนเป็นนวัตกรรมที่ใช้สื่อประสมมีการจัดระบบเนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ การประเมินผลให้มีความสอดคล้องกับวิชา หน่วยการสอนและหัวเรื่อง โดยผู้เรียนเป็นผู้ศึกษาชุดการเรียนด้วยตนเอง ครูเป็นเพียงที่ปรึกษาและให้คำแนะนำ เพื่อช่วยในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ชัยยงค์ (2551) ได้ให้ความหมายของชุดการเรียนไว้ว่าชุดการเรียน ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า Instructional packages จัดเป็นสื่อประสมประเภทหนึ่งซึ่งมีจุดมุ่งหมาย เฉพาะเรื่องที่จะสอนแม้ชุดการเรียนจะเป็นเรื่องที่ค่อนข้างใหม่สำหรับบางคนแต่นักการศึกษาไทยได้มีแนวคิดการทำชุดการเรียนมาเป็นเวลานานแล้ว แม้จะยังไม่มีคำว่า “ชุดการเรียน” ขึ้นมาก็ตาม ชุดการเรียนเป็นสื่อประสมที่ได้จัดระบบการผลิตและการนำสื่อการสอนที่สอดคล้องกับวิชา หน่วยการเรียนรู้ หัวเรื่อง และวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนมีประสิทธิภาพ

สுகนธ์ (2551) ได้ให้ความหมายของชุดการเรียนรู้ไว้ว่า ชุดการเรียนรู้เป็นนวัตกรรมที่ครูใช้ประกอบการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยผู้เรียนศึกษาและใช้สื่อต่าง ๆ ในชุดการเรียนรู้ที่ผู้สอนสร้างขึ้น ชุดการเรียนรู้เป็นรูปแบบของการสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียนซึ่ง ประกอบด้วยคำแนะนำให้ผู้เรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ อย่างมีขั้นตอนที่เป็นระบบชัดเจน จนกระทั่ง นักเรียนสามารถบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยผู้เรียนเป็นผู้ศึกษาชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้สอนเป็นเพียงที่ปรึกษาและให้คำแนะนำ ซึ่งในชุดการเรียนรู้ประกอบไปด้วย สื่อ อุปกรณ์ กิจกรรม การเรียนการสอน การวัดผล ประเมินผล ปัจจุบันได้มีผู้พัฒนาชุดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมเน้นฝึกทักษะ การคิดเพื่อเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิดซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต

ยุพินและอรพรรณ (2531) ได้กล่าวถึงความหมายของ ชุดการเรียนรู้ว่า ชุดการสอนรายบุคคล เป็นชุดการเรียนรู้การสอนที่ให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเองในชุดการเรียนรู้การสอนนี้จะประกอบด้วยบัตรคำสั่ง บัตรเนื้อหา บัตรกิจกรรม บัตรแบบฝึกหัด หรือ บัตรงานพร้อมเฉลย บัตรทดสอบพร้อมเฉลย ในชุดการเรียนรู้การสอนนั้น จะมีสื่อการเรียนรู้การสอนไว้พร้อม เพื่อให้ผู้เรียนใช้ประกอบการเรียนรู้นั้นๆ

บุญเกื้อ (2530) ให้ความหมายชุดการสอนว่า หมายถึงการใช้สื่อการสอนตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ร่วมกันเพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ตามต้องการสื่อที่นำมาใช้จะต้อง ส่งเสริมประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ตามลำดับขั้นที่จัดไว้เป็นชุด บรรจุในกล่องหรือในกระเป๋า

จากความหมายของชุดการสอน สรุปได้ว่า ชุดการสอน หมายถึง การนำสื่อที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา วัตถุประสงค์ กิจกรรมการเรียนรู้ การประเมินผล มาจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งชุดการสอนจะประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา แบบฝึกหัดและแบบทดสอบระหว่างเรียน

#### 2.1.2 องค์ประกอบของชุดการสอน

วาสนา (2555) ได้กำหนดองค์ประกอบของชุดการเรียนรู้ต้อง ประกอบด้วย

1. คู่มือการใช้ชุดการเรียนรู้ เป็นรายละเอียดที่ครูหรือผู้ที่จะใช้ชุดการเรียนรู้ได้ ถูกต้องและเกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ครูต้องศึกษาคู่มือการใช้ชุดการเรียนรู้ก่อนใช้ชุด การเรียนรู้ โดยทั่วไป คู่มือครู หรือคู่มือการใช้ชุดการเรียนรู้มักประกอบด้วย 3 ภาค

- 1.1 ภาคแรก การใช้ชุดการเรียนรู้ ประกอบด้วย คำนำ สารบัญ คำอธิบาย รายวิชาหรือกลุ่มสาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ รายชื่อหน่วยการเรียนรู้ ส่วนประกอบของชุดการเรียนรู้ ในแต่ละประเภท ขั้นตอนการใช้ชุดการเรียนรู้ (ครอบคลุมก่อนการใช้ชุดการเรียนรู้ ระหว่างการใช้ชุด การเรียนรู้ และหลังการใช้ชุดการเรียนรู้) บทบาทของครูผู้สอน บทบาทของผู้เรียน สิ่งที่ครูและนักเรียน ต้องเตรียมการล่วงหน้า แผนผังการจัดชั้นเรียนและการประเมินการเรียนรู้

1.2 ภาคที่ 2 รายละเอียดของชุดการเรียนรู้ประกอบด้วย แผนการสอน เนื้อหาสาระ สื่อต่าง ๆ ที่อยู่ในชุดการเรียนรู้ และเครื่องมือในการประเมิน

1.3 ภาคที่ 3 คู่มือการเรียนรู้ (สำหรับนักเรียน) ประกอบด้วย แบบทดสอบก่อนเรียน กระดาษคำตอบ เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ แบบฝึกปฏิบัติ (ครอบคลุมที่ว่างสำหรับบันทึกสาระสำคัญ ที่ว่างสำหรับประกอบกิจกรรม) แบบฝึกหัด (ถ้ามี) เฉลย กิจกรรม แบบทดสอบหลังเรียน เฉลยคำตอบ เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

2. แผนการจัดการเรียนรู้ ชุดการเรียนรู้แต่ละประเภทที่ผู้ผลิตพัฒนาขึ้นจำเป็นต้องมีแผนการจัดการเรียนรู้หรือแผนการสอน หรือสิ่งจัดแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนได้เตรียมตัวพร้อม ก่อนที่จะเรียน เนื้อหาสาระนั้น โดยทั่วไป แผนการจัดการเรียนรู้จะประกอบด้วย หัวเรื่อง แนวคิด วัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการประเมินการเรียนรู้

3. เนื้อหาสาระ เป็นองค์ประกอบสำคัญของชุดการเรียนรู้ เนื้อหาสาระที่ได้ กำหนดไว้ว่าจะเรียนรู้ด้วยชุดการเรียนรู้ การวิเคราะห์และกำหนดเนื้อหาสาระต้องนำเนื้อหามาจำแนก เป็นหัวเรื่อง หัวข้อย่อยเพื่อให้สื่อได้เหมาะกับเนื้อหาในเรื่องนั้น ๆ การจำแนกเนื้อหาต้องจัดลำดับ เนื้อหาจากง่าย ไปหายาก เช่น สอนเรื่องกบ เนื้อหาสาระในชุดการเรียนรู้ต้องจัดระบบให้สอดคล้องกับ วัตถุประสงค์ ควรเริ่มต้นด้วยความหมายของกบ ประโยชน์ของกบ ส่วนประกอบของกบ ประเภทของกบ วงจรชีวิตของกบ ฯลฯ

4. สื่อที่อยู่ในชุดการเรียนรู้ มีทั้งสื่อวัสดุ ได้แก่ ภาพ ภาพชุด แผนภูมิ บัตรต่าง ๆ แผ่นใสด้วยคอมพิวเตอร์ของจริง สื่อสามมิติ หนังสือเรียน แบบเรียน แบบฝึกหัด ซีดี เทปเสียง วีดิทัศน์ เทปภาพ ดีวีดี บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ยังมีสื่อประเภทอุปกรณ์ที่ครูต้องเตรียมการก่อน ใช้ชุดการเรียนรู้ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่อง LCD เครื่องเทปเสียง ฯลฯ สื่อประเภทวิธีการที่นำมา ใช้ในชุดการเรียนรู้ เช่น เกม สถานการณ์จำลอง รายการณี การทดลอง การฝึกปฏิบัติ ฯลฯ

5. การประเมินการเรียนรู้ เป็นองค์ประกอบสำคัญในชุดการเรียนรู้ไม่ว่าจะเป็นชุด การเรียนรู้ ประเภทใดก็ตามจะมีการประเมินสองประเภท คือ 1. การประเมินกระบวนการ คือ เป็นการ ประเมิน ในระหว่างเรียนที่ผู้เรียนทำ เช่น การอภิปราย การฝึกปฏิบัติ สร้างชิ้นงาน การรายงาน การ วาดภาพ แบบ ฝึกหัด เป็นต้น การประเมิน กระบวนการในการหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้ก็คือ ค่า E1 และ 2. การประเมินผลลัพธ์ คือ การประเมินด้วยการทดสอบหลังเรียน โดยทั่วไป มักนิยมให้มีการประเมิน ก่อนเรียนเป็นการวัดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าในการเรียน เพิ่มขึ้นจากเดิมมากน้อยเท่าใด การประเมินผลลัพธ์สำหรับการหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้ก็คือ ค่า E2

6. แบบฝึกปฏิบัติ (Work Book) เป็นเอกสารสำหรับผู้เรียนใช้ประกอบการเรียนรู้ในชุดการเรียนรู้ ชุดการเรียนรู้ทุกประเภทต้องมีแบบฝึกปฏิบัติ แต่อาจมีส่วนประกอบบางอย่างที่แตกต่างกัน

แบบฝึกปฏิบัติ มีความสำคัญ คือ 1. ทำให้ผู้เรียนได้เตรียมความพร้อมล่วงหน้าว่าตนเองกำลังเรียนอะไร มีวัตถุประสงค์อย่างไร มีกิจกรรมที่ต้องทำอะไร และมีการประเมินผลการเรียนอย่างไร 2. ผู้เรียนสามารถบันทึกพัฒนาการในการเรียนของตน 3. ผู้เรียนทบทวนสิ่งที่เรียนผ่านมาแล้วจากการ บันทึกสาระสำคัญ และ 4. ทำกิจกรรมลงในแบบฝึกปฏิบัติ แบบฝึกปฏิบัติมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ แบบทดสอบก่อนเรียน (กระดาษคำตอบ) และแบบเฉลย แบบทดสอบก่อนเรียน แผนการเรียน ที่ว่างสำหรับบันทึกสาระสำคัญที่ได้เรียนในชุดการเรียน ที่ว่างสำหรับทำกิจกรรมที่กำหนดให้ พร้อมเฉลยกิจกรรมและแบบทดสอบหลังเรียน (กระดาษคำตอบ) และเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

ทิตินา (2543) กล่าวว่า องค์ประกอบชุดการสอนนั้น มีความสำคัญต่อการสร้างชุดการสอนเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะเป็นแนวทางในการสร้างชุดการสอนให้เป็นไปอย่างมีระบบ และสมบูรณ์ในตัวเอง และควรประกอบด้วย

1. ชื่อชุดการสอน ประกอบด้วยหมายเลขชุดการสอน ชื่อของ ชุดการสอน และเนื้อหาของชุดการสอน
2. คำชี้แจง เป็นส่วนที่อธิบายความมุ่งหมายหลักของชุดการสอนและลักษณะของการจัดกิจกรรมเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายนั้น
3. จุดมุ่งหมายเป็นส่วนที่ระบุจุดมุ่งหมายที่สำคัญของชุดการสอนนั้น
4. ความคิดรวบยอด เป็นส่วนที่ระบุเนื้อหาหรือมโนทัศน์ของกิจกรรมนั้น ส่วนนี้ควรได้รับการย้ำและเน้นเป็นพิเศษ
5. สื่อเป็นส่วนที่ระบุถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรม เพื่อช่วยให้ผู้สอนทราบว่าต้องเตรียมอะไรบ้าง
6. เวลาที่ใช้ เป็นส่วนที่ระบุโดยประมาณว่า กิจกรรมนั้นควรใช้เวลาเพียงใด
7. ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม เป็นส่วนที่ระบุในการจัดกิจกรรมอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งนอกจากจะสอดคล้องกับหลักวิชาแล้วยังเป็นการอำนวยความสะดวก แก่ผู้สอนในการดำเนินงาน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้
  - 7.1 ขั้นนำ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียน
  - 7.2 ขั้นกิจกรรม เป็นส่วนที่ทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้เกิดประสบการณ์นำไปสู่การเรียนรู้ตามเป้าหมาย
  - 7.3 ขั้นอภิปราย เป็นส่วนที่ผู้เรียนจะได้มีโอกาสนำประสบการณ์ที่ได้รับจากขั้นกิจกรรมมาวิเคราะห์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและอภิปราย เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่กว้างขวางออกไปอีก
  - 7.4 ขั้นสรุป เป็นส่วนที่ผู้สอนและผู้เรียนประมวลความรู้ที่ได้จากขั้นกิจกรรม และขั้นอภิปราย นำมาสรุปหาสาระสำคัญที่สามารถนำไปใช้ต่อไป

7.5 ขั้นฝึกปฏิบัติ เป็นส่วนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่ได้จากการเรียนในกิจกรรมไปฝึกปฏิบัติเพิ่มเติม

7.6 ขั้นประเมินผล เป็นที่ช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้ความเข้าใจ หลังจากปฏิบัติกิจกรรมไปแล้ว

กรมวิชาการ (2535) กล่าวว่า นวัตกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ในการเรียนด้วยตนเอง ส่วนใหญ่เป็นนวัตกรรมที่ใช้สื่อประเภทต่าง ๆ มาช่วยในการพัฒนาความรู้ ความคิดของนักเรียน ลักษณะการเรียนอาจเรียนเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่มก็ได้ และการสอนโดยใช้ชุดการสอนเป็นการสอนที่ครูนำสื่อการเรียนที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาที่สอนแต่ละหน่วยมาใช้ โดยรวบรวมไว้อย่างเป็นระเบียบเพื่อให้ให้นักเรียนได้ศึกษาจากประสบการณ์ทั้งหมด และส่วนประกอบของชุดการสอนมีดังนี้

1. คู่มือครู มีรายละเอียดเกี่ยวกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหา ผลงานที่คาดหวังจากนักเรียน สื่อการเรียน หนังสือประกอบการค้นคว้าสำหรับครู แนวการประเมินผลขั้นดำเนิน
2. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
3. เอกสารต่าง ๆ ที่ใช้ในการประกอบกิจกรรม ได้แก่ ใบงาน ซึ่งประกอบด้วยคำสั่งเนื้อหา กิจกรรม และเฉลย
4. สื่อการเรียนการสอนที่เลือกแล้วว่าเหมาะสม
5. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

บุญชม (2532) ส่วนประกอบที่สำคัญภายในชุดการสอน อาจมีดังนี้

1. คู่มือครู เป็นคู่มือสำหรับครูเพื่อศึกษาและปฏิบัติ ภายในคู่มือจะชี้แจงวิธีการใช้ชุดการสอน เอาไว้อย่างละเอียด อาจทำเป็นเล่มหรือแผ่นพับก็ได้ ประกอบด้วยแผนการสอน สิ่งที่ต้องเตรียมก่อนสอน บทบาทผู้เรียน การจัดการชั้นเรียน (ในกรณีของชุดการสอนที่เป็นศูนย์การเรียน)
2. บัตรคำสั่งหรือใบงาน เป็นลักษณะบัตรคำที่กำหนดให้ผู้เรียนดำเนินกิจกรรมอะไรบ้าง โดยระบุกิจกรรมไว้ตามลำดับขั้นตอนของการเรียน บัตรคำสั่งจะมีอยู่ในชุดการสอนและแบบกลุ่มและรายบุคคล ซึ่งประกอบไปด้วย

- 2.1 คำอธิบายในเรื่องที่จะศึกษา
- 2.2 คำสั่งสำหรับผู้เรียนในการดำเนินกิจกรรม
- 2.3 การสรุปบทเรียน

3. เนื้อหาสาระและสื่อจะบรรจุไว้ในรูปของสื่อการสอนต่าง ๆ มีหลายประเภท อาจเป็นสิ่งตีพิมพ์ เช่น บทบาท เนื้อหาเฉพาะเรื่อง จุลสาร หรืออาจเป็นประเภทโสตทัศนูปกรณ์ เช่น บทเรียนโปรแกรม สไลด์ เทปบันทึกเสียง फिल्मสตริป แผ่นโปร่งใส วัสดุกราฟิก หุ่นจำลอง

4. แบบประเมินผลหรือแบบทดสอบความก้าวหน้าของผู้เรียน ใช้สำหรับตรวจสอบพฤติกรรม การเรียนรู้ว่าหลังจากที่ได้ปฏิบัติกิจกรรมในชุดกิจกรรมในชุดการสอนไปแล้ว ผู้เรียนมีการ

เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ อาจเป็นระบบประเมินที่ให้เติมคำในช่องว่าง เลือกคำตอบที่ถูกต้อง แบบจับคู่ คู่มือผลงานจากการทดลอง หรือจากการทำกิจกรรม ต่าง ๆ เป็นต้น

ชัยยงค์และคณะ (2521) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดการสอนว่าประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

1. คู่มือและแบบฝึกปฏิบัติ สำหรับครูผู้ใช้ชุดการสอนและนักเรียน ที่ต้องเรียนจากชุดการสอน
2. คำสั่งหรือการมอบงานเพื่อกำหนดแนวทางการเรียนให้นักเรียน
3. เนื้อหาสาระที่อยู่ในรูปของสื่อการสอนแบบประสม และกิจกรรมการเรียนรู้การสอน ทั้งแบบกลุ่มและรายบุคคล ซึ่งกำหนดได้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. การประเมินผล เป็นการประเมินผลกระบวนการ ได้แก่ แบบฝึกหัด รายงาน การค้นคว้า และผลการเรียนรู้ ในรูปของแบบทดสอบต่างๆ ส่วนประกอบทั้งหมดจะอยู่ในกล่อง หรือซองโดยจัดเป็นหมวดหมู่ เพื่อสะดวกต่อการใช้

สรุปได้ว่าองค์ประกอบในการใช้ชุดการเรียน คือ ชุดการสอนเป็นการสอนที่ครูนำสื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาที่สอนแต่ละหน่วยมาใช้ โดยรวบรวมไว้อย่างเป็นระเบียบเพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาจากประสบการณ์ทั้งหมด ซึ่งองค์ประกอบของชุดการเรียนต้องประกอบด้วย

1. คู่มือการใช้ชุดการเรียน
2. แผนการจัดการเรียนรู้
3. เนื้อหาสาระ
4. สื่อที่อยู่ในชุดการเรียน
5. การประเมินการเรียนรู้
6. แบบฝึกหัด พร้อมเฉลย
7. แบบฝึกปฏิบัติ เป็นต้น

#### 2.1.3 หลักการสร้างชุดการสอน

ประภาภรณ์ (2564) กล่าวว่า การสร้างชุดการสอนสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนนั้นให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้ โดยสามารถสร้างชุดการสอนที่มีกระบวนการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคและสื่อได้อย่างหลากหลาย สามารถออกแบบให้เหมาะสมกับผู้เรียน และออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผู้เรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เพิ่มทักษะต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยการสร้างชุดการสอนมีขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดเนื้อหาที่จะสร้าง
2. วางแผนข้อมูลกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ เช่น แบ่งเนื้อหาข้อมูล กำหนดวัตถุประสงค์ ระยะเวลาต่าง ๆ

3. วางรูปแบบเนื้อหาและวิธีการจัดการเรียนการสอน
  4. กำหนดการวัดและการประเมินผลของแต่ละหน่วยการเรียนรู้
  5. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ สื่อที่ใช้ในการสอน ใบความรู้ต่าง ๆ และแบบทดสอบระหว่างการ  
การใช้ชุดการสอนพร้อมเฉลย
  6. สร้างคู่มือสำหรับผู้ใช้งาน
- เมื่อทำการสร้างเรียบร้อยแล้ว ให้นำไปทดสอบประสิทธิภาพก่อนการใช้งาน เพื่อเป็นการ  
ประกันประสิทธิภาพของชุดการสอน

ลาวัลย์ (2533) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างชุดการเรียนการสอนไว้ดังนี้

- ขั้นที่ 1 วิเคราะห์เนื้อหา ได้แก่ การกำหนดหน่วย หัวเรื่อง มโนคติ
- ขั้นที่ 2 การวางแผน วางแผนไว้ล่วงหน้า กำหนดรายละเอียด
- ขั้นที่ 3 การผลิตสื่อการเรียนเป็นการผลิตสื่อประเภทต่างๆ ที่กำหนดไว้ในแผน
- ขั้นที่ 4 หาประสิทธิภาพ เป็นการประเมินคุณภาพของชุดการเรียนการสอนโดยนำไปทดลอง  
ใช้ ปรับปรุงให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ปรียา (2530) กล่าวว่า ชุดการเรียนการสอนเป็นสื่อประสมที่มีความสมบูรณ์ในตัวเอง  
แต่ชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นจะมีประสิทธิภาพเชื่อถือได้หรือไม่ จำเป็นต้องเอาวิธีวิเคราะห์ระบบ  
มาใช้ ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ระบบเป็นกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล เรียกว่า Systems approach  
มาใช้วิเคราะห์ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นปัญหาที่ต้องแก้ไขนั้นคืออะไร
2. ขั้นกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหา โดยสามารถปฏิบัติหรือเห็นการกระทำได้
3. ขั้นการสร้างเครื่องมือกระทำหลังจากตั้งเป้าหมายแล้วเพื่อวัดได้ระยะ
4. ขั้นกำหนดทางเลือกหรือวิธีแก้ปัญหามาเพื่อใช้ดำเนินการให้บรรลุเป้าหมาย
5. ขั้นทดลอง เพื่อเลือกวิธีที่ดีที่สุดใช้เป็นแนวทางไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้
6. ขั้นวัดและประเมิน โดยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาประเมินว่าสามารถใช้ปฏิบัติงานตาม  
เป้าหมายได้หรือไม่เพียงใด เพื่อปรับปรุงแก้ไข

ฉลองชัย (2528) ได้เสนอขั้นตอนในการสร้างชุดการสอนหรือสื่อการสอนประกอบด้วย  
ขั้นตอนสำคัญ 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นการวางแผนดำเนินการ โดยศึกษาระบบของวิชาว่าต้องการหลักการเรียนรู้อะไร  
จะทำชุดแบบใด โดยคำนึงถึงผู้เรียนเพื่อกำหนดหน่วยการเรียนรู้ จุดประสงค์ จัดลำดับ กิจกรรมการ  
เรียน จัดทำสื่อการสอน ประเมินผลและทดลองสื่อการสอน
2. ขั้นตอนการผลิตโดยผลิตตามขั้นตอนที่ 1 โดยผู้ผลิตควรตรวจสอบความ สอดคล้อง  
ของทุกขั้นตอนกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหามา โดยสามารถปฏิบัติหรือเห็นการกระทำได้

3. ขั้นตอนสอบประเมินผล หรือพัฒนาเมื่อทำการผลิตชุดการสอนแล้ว โดยนำไปหาประสิทธิภาพ เมื่อเป็นหลักประกันว่าชุดการสอนนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปสอน

จากการศึกษาพบว่า การสร้างชุดการสอนสามารถช่วยให้ผู้เรียนนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยสร้างชุดการสอนที่มีกระบวนการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคและสื่อที่หลากหลาย และออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องต่อผู้เรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เพิ่มทักษะต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จะต้องสร้างชุดการสอนที่มีลำดับขั้นตอน

#### 2.1.4 ประโยชน์ของชุดการสอน

ประภาภรณ์ (2564) ชุดการสอนมีประโยชน์ทั้งต่อครูผู้สอนและผู้เรียนดังนี้

1. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับการเรียนการสอนในเนื้อข้อมูลของชุดการสอนนั้นๆ
2. ชุดการสอนสามารถออกแบบการเรียนรู้ที่หลากหลายทำให้การเรียนการสอนนั้นสามารถเข้าถึงผู้เรียนได้

3. ครูผู้สอนสามารถลดเวลาในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้

4. ชุดการสอนมีการระบุบทบาทหน้าที่ขั้นตอนของครูผู้สอนและผู้เรียนจึงทำให้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว

5. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ทำความเข้าใจได้ทุกที่และทุกเวลา

เจริญขวัญ (2561) ได้กล่าวว่าประโยชน์ทางการเรียนด้วยชุดการสอนจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการเรียนทำให้สามารถพัฒนาตนเองได้เต็มความสามารถส่วนด้านการสอนของครูก็จะช่วยให้ครูผู้สอนมีความสะดวกในการสอนมีความมั่นใจและมีความพร้อมในการสอนเพิ่มขึ้นอีกทั้งยังสามารถช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนครูเพราะผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง

วาสนา (2555) ได้สรุปคุณค่าและประโยชน์ของชุด การเรียนไว้ดังนี้

1. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้
2. ขจัดปัญหาการขาดแคลนครู ช่วยลดภาระของครูผู้สอน
3. ช่วยให้ผู้เรียนจำนวนมากได้รับความรู้แนวเดียวกัน
4. ช่วยให้ครูสามารถดำเนินการสอนได้ตรงตามวัตถุประสงค์ด้วยความมั่นใจ
5. ช่วยให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ
6. ช่วยให้ครูวัดผลเด็กได้ตามวัตถุประสงค์
7. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ความสามารถของตนเองได้อย่างเต็มที่
8. ช่วยสร้างเสริมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง
9. ช่วยให้ผู้เรียนรู้จักเคารพ นับถือ ความคิดเห็นของผู้อื่น

กุศยา (2545) ชุดการสอนจะช่วยให้กระบวนการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ เพราะชุดการสอนผลิตโดยผู้ที่มีความชำนาญ อาทิเช่นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้นๆ นักโสตทัศนศึกษา ที่ร่วมกันผลิตและ

ทดลองซ้ำจนแน่ใจว่ามีผลดีจึงนำมาเผยแพร่ชุดการสอนจะช่วยลดภาระของครูผู้สอน เพราะผู้สอนจะดำเนินการสอนตามคำแนะนำที่กำหนดไว้ในชุดการสอนตามลำดับขั้น แต่ละขั้นจะมีอุปกรณ์ กิจกรรม ตลอดจน ข้อเสนอแนะไว้ให้พร้อมสามารถนำไปใช้ได้ทันที ครูผู้สอนไม่จำเป็นต้องทำใหม่ ชุดการสอนช่วยให้ผู้สอนมีความรู้ในแนวเดียวกัน เดิมการสอนที่ผู้สอนหลายคนในวิชาเดียวกัน อาจเกิดความแตกต่างในด้านประสิทธิภาพของการสอน ชุดการสอนช่วยให้แก้ปัญหาในเรื่องนี้ได้ชุดการสอนมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนมีข้อเสนอแนะการฝึกกิจกรรม การใช้สื่อการสอนและข้อทดสอบเพื่อประเมินผลพฤติกรรมผู้เรียนได้อย่างพร้อมมูลผู้เรียนสามารถทดสอบความรู้ด้วยตนเองหลังจากที่เรียนด้วยชุดการสอนนั้นๆผู้เรียนจะทดสอบผลสำเร็จของตนว่าบรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยการทำแบบทดสอบหลังเรียนแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบที่ผู้เรียนสามารถตรวจสอบคำตอบด้วยตนเอง
2. แบบทดสอบที่ครูเป็นผู้ตรวจคำตอบ

สรุปได้ว่า ชุดการสอนจะช่วยให้กระบวนการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ เพราะชุดการสอนผลิตโดยผู้ที่มีความชำนาญ ช่วยลดภาระของครูผู้สอน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ความสามารถของตนเองได้อย่างเต็มที่ ช่วยให้งานการเรียนมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

#### 2.1.5 บทบาทและความสำคัญของชุดการสอน

ธีรภัทร์ (2560) กล่าวว่าชุดการสอนเป็นนวัตกรรมในการผลิตและการใช้สื่อการสอน ที่เริ่มมีบทบาทต่อการเรียนการสอน ทุกระดับในปัจจุบัน และในอนาคต เพราะชุดการสอนจะเป็นแนวทางใหม่ที่จะช่วยแก้ปัญหา และเพิ่มประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพราะชุดการสอนเป็นระบบของการวางแผนการสอนที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของเนื้อหาวิชานั้น ๆ จึงทำให้เกิดประโยชน์ และคุณค่าในการเรียนการสอนอย่างมาก ดังนั้นในปัจจุบันชุดการสอนจึงมีบทบาทที่สำคัญต่อการเรียนการสอน และการจัดการศึกษา พอสรุปได้ ดังนี้

1. มีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดการเรียนการสอน การใช้ชุดการสอนจะทำให้ลักษณะการเรียนการสอนในชั้นเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากการเรียนการสอนที่ยึดผู้สอนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ มาสู่การให้นิสิตได้ทำกิจกรรมเรียนรู้ด้วยตนเอง และทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน โดยเนื้อหา และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ออกแบบสื่อให้มีความสมบูรณ์นิสิตรู้ได้ด้วยตนเอง ผู้สอน/วิทยากรจะมีบทบาทเป็นเพียงผู้ประสานงานให้การทำกิจกรรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเท่านั้น สภาพของห้องเรียนจะเป็นไปอย่างมีชีวิตชีวาที่นิสิตมีความเคลื่อนไหวสนใจในการเรียน และทำกิจกรรม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ และประสบการณ์ตรง

2. มีบทบาทต่อการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น ชุดการสอนเป็นระบบการนำสื่อประสมที่สอดคล้องและสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายเนื้อหาวิชา และประสบการณ์ของหน่วยใดหน่วยหนึ่ง โดยเฉพาะ มีสื่อการสอนที่อยู่ในรูปวัสดุ อุปกรณ์ หรือวิธีการต่าง ๆ ที่จะช่วยสนับสนุนและส่งเสริมการ

เกิดการเรียนรู้เนื้อหาวิชาได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้น จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตเพิ่มสูงขึ้นหลังจากที่ได้เรียนรู้จากชุดการสอนแล้ว

3. ชุดการสอน มีบทบาทที่สำคัญต่อการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของปริมาณประชากรที่ต้องการศึกษาเพิ่มขึ้น และวิทยาการก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว โดยชุดการสอนสามารถจัดให้เกิดการเรียนรู้ได้พร้อมกันเป็นจำนวนมาก ๆ ได้ชุดการเรียนรายบุคคลทั้งระบบทางไกล และใกล้ และนอกจากนี้ ชุดการสอนยังสามารถปรับเปลี่ยนและแก้ไขให้เกิดความรู้และวิทยาการที่ใหม่ ๆ ได้

4. มีบทบาทสำคัญที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ไปสู่ปรัชญาการศึกษาในแนวพัฒนาการได้อย่างเต็มที่ โดยที่ชุดการสอนเป็นวิธีการที่เน้นนิสิตเป็นสำคัญ ยึดหลักให้นิสิตเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ ผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำ และประสานกิจกรรมให้เกิดการเรียนรู้จากการได้ทำกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งจะทำให้นิสิตรู้จากการกระทำ (Learning by doing) อันจะทำให้นิสิตเกิดประสบการณ์ตรง และถาวรยิ่งขึ้นได้

แนวคิดพื้นฐาน และหลักการในการผลิตชุดการสอน สรุปได้ ดังนี้

1. การประยุกต์ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล
2. การเรียนที่ให้นิสิตเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้
3. การตระหนักกิจกรรมกลุ่ม และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอน/ วิทยากร นิสิต หรือปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่ม
4. การเรียนการสอน ที่เป็นการใช้สื่อการเรียนการสอนเพื่อการถ่ายโยงความรู้จากนามธรรมไปสู่ความเป็นรูปธรรม
5. การจัดสภาพแวดล้อม บรรยากาศการเรียนการสอน การเสริมแรง การเรียนตามลำดับขั้น หรือยึดหลักจิตวิทยาการเรียนรู้

นอกจากนี้ การสร้างชุดการสอน ได้ยึดหลักการทฤษฎีทางการศึกษาหลายอย่างมาช่วยเป็นองค์ประกอบในการสร้าง เช่น การยึดหลักทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล หลักการยึดนิสิตเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ หลักการใช้สื่อแบบประสม หลักการสอนโดยใช้กระบวนการกลุ่ม (Group process) และยึดหลักจิตวิทยาการเรียนรู้มาใช้ในการเรียนการสอน ดังนั้น การสร้างชุดการสอนที่คำนึงถึงหลักการทฤษฎีดังกล่าว จะช่วยทำให้ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพต่อการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น

จากแนวคิดของผู้วิจัยมองว่า ชุดการเรียนการสอนนั้น มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ประสบการณ์ และผลสัมฤทธิ์เพิ่มมากขึ้นจากการลงมือปฏิบัติ และได้ฝึกกระบวนการคิดคำนวณ และวิเคราะห์ จากแบบฝึกหัดและชุดการฝึกต่อวงจรไฟฟ้าที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหา และบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

## 2.2 การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน

ชัยยงค์ (2555) กล่าวว่า การผลิตสื่อหรือชุดการสอนนั้น ก่อนนำไปใช้จริง จะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพ ใช้เพื่อดูว่าสื่อหรือชุดการสอนทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์หรือไม่ และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนในระดับใด ดังนั้น ผู้ผลิตสื่อการสอนจำเป็นต้องนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบคุณภาพ ซึ่งเรียกว่า การทดสอบประสิทธิภาพ

### 2.2.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

ชัยยงค์ (2555) กล่าวว่า การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) การทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น ได้แก่ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี การทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะผลิตออกมาเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

### 2.3.2 ความจำเป็นที่จะต้องหาประสิทธิภาพ

ชัยยงค์ (2555) กล่าวว่า การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน มีความจำเป็นด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

#### 2.1 สำหรับหน่วยงานผลิตสื่อหรือชุดการสอน

การทดสอบประสิทธิภาพช่วยประกันคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอนว่าอยู่ในขั้นสูงเหมาะสมที่จะลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการทดสอบประสิทธิภาพเสียก่อนแล้ว เมื่อผลิตออกมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ดี ก็จะต้องผลิตหรือทำขึ้นใหม่ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทั้งเวลา แรงงาน และเงินทอง

#### 2.2 สำหรับผู้ใช้สื่อหรือชุดการสอน

สื่อหรือชุดการสอนที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพจะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยสอนได้ดี ในการสร้างสภาพการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามที่มุ่งหวัง บางครั้งชุดการสอนต้องช่วยครูสอน บางครั้งต้องสอนแทนครู (อาทิ ในโรงเรียนที่มีครูคนเดียว) ดังนั้น ก่อนนำสื่อหรือชุดการสอนไปใช้ ครูจึงควรมั่นใจว่าชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จริง

การทดสอบประสิทธิภาพตามลำดับขั้นจะช่วยให้เราได้สื่อหรือชุดการสอนที่มีคุณค่าทางการสอนจริง ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

อนุสสุรา (2555) กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมเป็นกระบวนการตรวจสอบและพิจารณาคุณค่าของสื่ออย่างมีระบบ ทำให้ทราบว่าสื่อนั้นมีประสิทธิภาพและช่วยให้การ

เรียนการสอนบรรลุตามวัตถุประสงค์ของชุดการเรียนนั้นมาน้อยเพียงใด ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพต่อไป

### 2.3.2 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

#### 2.3.2.1 ความหมายของเกณฑ์ (Criterion)

ชัยยงค์ (2556) กล่าวว่า เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่าสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่สามารถรับได้ การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียวเพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้ จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้แต่ต่างกันไม่ได้ เช่น เมื่อมีการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว ตั้งเกณฑ์ไว้ 60/60 แบบกลุ่ม ตั้งไว้ 70/70 แบบสนาม ตั้งไว้ 80/80 ถือว่าเป็นการตั้งเกณฑ์ที่ไม่ถูกต้อง

อนึ่ง เนื่องจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำ ดังนั้น หากการทดสอบคุณภาพของสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 หรืออนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.5 ก็ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น

แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด

#### 2.3.3 ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ

ชัยยงค์ (2556) กล่าวว่า เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็มีความคุ้มค่าที่จะนำไปสอนนักเรียน และคุ้มค่าต่อการลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพสามารถทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท ได้แก่

##### 1. พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ)

กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_1$  = Efficiency of Process (ประสิทธิภาพของกระบวนการ)

##### 2. พฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์)

กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_2$  = Efficiency of Product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

เสาวนีย์ (2528) กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมนั้น จะถือหลักการแบบสมรรถฐาน คือ มาตรฐาน 90/90 ผลลัพธ์ค่าประสิทธิภาพของสื่อเป็น  $E_1/E_2$  หมายความว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดกิจกรรม คิดเป็นร้อยละจากการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้ ( $E_1$ )

ในเกณฑ์การหาประสิทธิภาพของชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยใช้ในครั้งนี้ คือ เกณฑ์มาตรฐาน 75/75 ( $E_1/E_2$ )

โดย 75 ตัวแรก ( $E_1$ ) หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจากการประเมินการปฏิบัติงานตามใบงานและแบบทดสอบหลังเรียน มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 75

และ 75 ตัวหลัง ( $E_2$ ) หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 75

#### 2.3.4 วิธีคำนวณหาประสิทธิภาพ

ในการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนโดยใช้เกณฑ์  $E_1/E_2$  เป็นวิธีการที่สามารถชี้วัดประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน ซึ่งการหาค่า  $E_1$  และ  $E_2$  มีวิธีการคำนวณหาค่าร้อยละ โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{A} \times 100 \quad (2-1)$$

$$E_1 = \frac{\bar{X}}{A} \times 100 \quad (2-2)$$

เมื่อ  $E_1$  คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดการสอนคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบฝึกหัดและหรือประกอบด้วยการเรียนระหว่างเรียน

$\sum X$  คือ คะแนนรวมจากการทำแบบฝึกหัดและหรือการประกอบกิจกรรมการเรียนระหว่างเรียน

$A$  คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด ทุกชิ้นรวมกัน

$N$  คือ จำนวนผู้เรียน

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \quad (2-3)$$

$$E_2 = \frac{\bar{F}}{B} \times 100 \quad (2-4)$$

เมื่อ  $E_2$  คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นอัตราส่วนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนและหรือประกอบกิจกรรมหลังเรียน

$\sum F$  คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนหรือการประกอบกิจกรรมหลังเรียน

$B$  คือ คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียนและหรือกิจกรรมหลังเรียน

$N$  คือ จำนวนผู้เรียน

### 2.3.5 การตีความหมายผลการคำนวณ

หลังจากคำนวณหาค่า  $E_1$  และ  $E_2$  ได้แล้ว ผู้ที่ทำการหาประสิทธิภาพต้องตีความหมายของผลลัพธ์โดยยึดหลักการและแนวทางดังนี้ :

#### 2.3.5.1 ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์

ชัยยงค์ (2556) กล่าวว่า ให้มีความคลาดเคลื่อนหรือความแปรปรวนของผลลัพธ์ได้ไม่เกิน .05 (ร้อยละ 5) จากช่วงต่ำไปสูง =  $\pm 2.5$  นั้นหมายความว่า ผลลัพธ์ของค่า  $E_1$  หรือ  $E_2$  ที่ถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ ต้องมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 2.5% และสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5%

หากคะแนน  $E_1$  หรือ  $E_2$  ห่างกันเกิน 5% แสดงว่ากิจกรรมที่ให้นักเรียนทำการสอบหลังเรียนไม่สมดุลกัน เช่น หากค่า  $E_1 > E_2$  แสดงว่างานที่มอบหมายอาจจะง่ายกว่าการสอบ หากค่า  $E_2 > E_1$  แสดงว่าการสอบง่ายกว่าหรือไม่สมดุลกับงานที่มอบหมายให้ทำจึงจำเป็นต้องปรับแก้เพื่อให้เหมาะสม

หากสื่อหรือชุดการสอนได้รับการออกแบบและพัฒนาอย่างดีมีคุณภาพ ค่า  $E_1$  และ  $E_2$  ที่คำนวณได้จากการทดสอบประสิทธิภาพจะต้องใกล้เคียงกัน และห่างกันไม่เกิน 5% ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่จะยืนยันได้ว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมต่อเนื่องตามลำดับขั้นหรือไม่ ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนพฤติกรรมขั้นสุดท้ายหรืออีกนัยหนึ่งต้องสามารถรับประกันได้ว่านักเรียนมีความรู้จริง ไม่ใช่เพียงแค่ทำกิจกรรมหรือทำข้อสอบได้เพราะการเดา

การประเมินในอนาคตจะเสนอผลการประเมินเป็นตัวเลขสองค่า คือ  $E_1$  คู่กับ  $E_2$  เพราะจะทำให้ผู้อ่านผลการประเมินสามารถทราบลักษณะนิสัยของผู้เรียนได้ นิสัยในการทำงานอย่างต่อเนื่อง คงเส้นคงวาหรือไม่ (ดูจากค่า  $E_1$  ซึ่งเป็นกระบวนการ) การทำงานสุดท้ายว่ามีคุณภาพมากน้อยเพียงใด (ดูจากค่า  $E_2$  ซึ่งเป็นผลลัพธ์) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อการกลั่นกรองบุคลากรเข้าทำงาน

## 2.3 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ

### 2.3.1 ความหมายของความพึงพอใจ

รัตติกาล (2566) กล่าวว่า เป็นทัศนคติอย่างหนึ่งที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นรูปร่างได้ เป็นความรู้สึกส่วนตัวที่เป็นสุข เมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการของตนในสิ่งที่ขาดหายไป และเป็นสิ่งที่กำหนดพฤติกรรมในการแสดงออกของบุคคล ซึ่งมีผลต่อการเลือกที่จะปฏิบัติในกิจกรรมนั้น ๆ

กรณิการ์ (2563) ได้กล่าวว่า ความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นทัศนคติที่เป็นนามธรรมเกี่ยวกับจิตใจ อารมณ์ ความรู้สึกที่บุคคลมีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งไม่สามารถมองเห็นรูปร่างได้ นอกจากนี้ ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกด้านบวกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อาจเกิดขึ้นจากความคาดหวัง

หรือเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ สิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการให้แก่บุคคลได้ ซึ่งความพึงพอใจที่เกิดขึ้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตาม ค่านิยมและประสบการณ์ของตัวบุคคล

พุทธ (2560) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่เป็นสุข ความชอบ ความพอใจ ความรู้สึกยินดีในสิ่งที่ปฏิบัติ และเป็นทัศนคติในเชิงบวก ความรู้สึกพึงพอใจจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อได้รับการตอบสนองในสิ่งที่ตนเองต้องการหรือได้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

วัลภา (2560) ความรู้สึกหรือทัศนคติ ที่เป็นไปตาม ความคาดหวัง หรือมากกว่าที่คาดหวัง ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อได้รับสิ่งที่ต้องการหรือบรรลุเป้าหมาย หากความต้องการหรือจุดหมายนั้นไม่ได้รับการตอบสนอง ความพึงพอใจจะลดลงหรือไม่เกิดขึ้น ความพึงพอใจในความหมายดังกล่าวจึงพอสามารถปรับใช้กับความพึงพอใจของผู้ปกครองต่อ การบริหารงานของโรงเรียนได้ เนื่องจากโรงเรียนเปรียบเสมือน ผู้ให้บริการที่ต้องการตอบสนองต่อ ความคาดหวังของผู้ปกครองในการวางแผนการประเมินหรือแก้ไขปัญหาการบริการของโรงเรียน ซึ่งจะจัดการศึกษาที่มีประสิทธิภาพ สำหรับผู้เรียนนั้นย่อมต้องเกิดจากการประสานร่วมมือกัน ระหว่างโรงเรียนกับผู้ปกครองนักเรียนในการจัดการศึกษาเป็นสำคัญ

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2542) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจ หมายถึง พอใจ ชอบใจ

จากความเห็นของนักวิชาการสรุปได้ว่า ความชอบ ความพอใจ เป็นทัศนคติอย่างหนึ่งที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นรูปร่างได้ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อได้รับสิ่งที่ต้องการหรือบรรลุเป้าหมาย หากความต้องการหรือจุดหมายนั้นไม่ได้รับการตอบสนอง ความพึงพอใจจะลดลงหรือไม่เกิดขึ้น และเป็นสิ่งที่กำหนดพฤติกรรมในการแสดงออกของบุคคล ซึ่งมีผลต่อการเลือกที่จะปฏิบัติ

### 2.3.2 แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจ

สัญญา และคณะ (2563) กล่าวว่า ความรู้สึกนึกคิดหรือทัศนคติของ บุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในห้วงเวลาหนึ่ง สามารถเป็นไปในทางที่ดีหรือไม่ดีหรือในด้านบวกและด้าน ลบ ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อสิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการแก่บุคคลนั้นอย่างไร

พิทักษ์ ตรุษทิบ (2538) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นเพียงปฏิกิริยาด้านความรู้สึกต่อสิ่งเร้าหรือสิ่งกระตุ้นที่แสดงผลออกมาในลักษณะของผลลัพธ์ สุตท้ายของกระบวนการประเมินโดยบ่งบอกทิศทางของผลการประเมินว่าเป็นไปในลักษณะทิศทางบวกหรือทิศทางลบ หรือไม่มีปฏิกิริยา คือเฉย ๆ ต่อสิ่งเร้า หรือ สิ่งที่มากระตุ้น

มนตรี เฉียบแหลม (2536) กล่าวว่า ความพึงพอใจ คือ ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่ง ความรู้สึกพึงพอใจจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อบุคคลได้รับในสิ่งที่ตนเองต้องการ หรือเป็นไปตามที่ตนเองต้องการ และความรู้สึกดังกล่าวนี้อาจลดลงหรือไม่เกิด ขึ้นถ้าหากความต้องการหรือเป้าหมายนั้นไม่ได้รับการตอบสนอง ซึ่งระดับความพึงพอใจจะแตกต่างกัน ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยองค์ประกอบของการ

บริการความรู้สึกทางลบ ความรู้สึกทางบวก และความรู้สึกมีความสัมพันธ์กันอย่างสลับซับซ้อน และระบบความสัมพันธ์ของความรู้สึกทั้งสามนี้ เรียกว่า ระบบความพึงพอใจโดยความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อระบบความพึงพอใจมีความรู้สึกทางบวกมากกว่าความรู้สึกทางลบ

จากคำจำกัดความและความหมายของแนวคิดความพึงพอใจที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่จะมีความคิดเห็นคล้ายคลึงกัน ซึ่งพอสรุปได้ว่าความพึงพอใจเป็นเพียงปฏิกิริยาด้านความรู้สึกต่อสิ่งเร้า หรือสิ่งกระตุ้นที่แสดงผลออกมาในลักษณะของผลลัพธ์ ระดับความพึงพอใจจะแตกต่างกัน ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยองค์ประกอบของการบริการความรู้สึกทางลบ ความรู้สึกทางบวก

### 2.3.3 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

คักดา (2546) กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ ซึ่งเป็น ทฤษฎีลำดับขั้นของความพึงพอใจในความต้องการของบุคคล โดย มาสโลว์ เป็นผู้เสนอทฤษฎีนี้ ได้บอกให้รู้ว่า ความต้องการของมนุษย์มีการพัฒนาเป็นไปตามลำดับขั้น โดยเริ่มจากความต้องการต่ำสุดไปจนถึงความต้องการสูงสุด รวมทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

#### 1. ความต้องการทางร่างกาย (Physical Needs)

เป็นความต้องการที่มีอำนาจรุนแรง โดยเฉพาะในช่วงแรกเกิด ถือว่าเป็นขั้นแรกสุด เช่น ต้องการอาหาร การเคลื่อนไหว เป็นต้น

#### 2. ความต้องการด้านความปลอดภัยจากอันตราย (Safety from External Danger)

เป็น ความต้องการด้านจิตใจ เพื่อให้จิตใจมีที่ยึดเหนี่ยว เกิดความอบอุ่นทางใจ ตัวอย่างเช่น เด็กต้องการการคุ้มครองจากผู้ใหญ่ กลุ่มต้องการผู้นำ อาจเป็น กลุ่มครอบครัว ซึ่งเป็นกลุ่มแรกสุดในสังคมมนุษย์

#### 3. ความต้องการด้านความรักและความห่วงใย (Love or Affection) เป็นความต้องการ

ที่สูงขึ้นมาจากด้านความปลอดภัย ความต้องการในด้านนี้เป็น ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างบุคคล ซึ่งอาจออกมาในหลาย ๆ ลักษณะ เช่น เพื่อน พ่อแม่กับลูก ชายหนุ่มกับหญิงสาว สามีกับภรรยา เป็นต้น

#### 4. ความต้องการในชื่อเสียงและเกียรติยศของตนเอง (Self-Esteem) เป็นความต้องการ

ที่สูงขึ้นมาอีกขั้นหนึ่ง เนื่องจาก ต้องการให้ตนเป็นที่ยอมรับและนับถือของสังคม ให้รู้ว่าตนเองเป็นบุคคลที่มีค่าในสังคม แล้วจะทำให้บุคคลเกิดความภาคภูมิใจในตนเอง

#### 5. ความต้องการความสำเร็จและความสมหวังในตนเอง (Self-Realization and Accomplishment) เป็นความต้องการสูงสุด

ซึ่งมนุษย์จะตั้งอุดมคติเอาไว้ โดย ต้องรู้จักและเข้าใจตนเอง ไม่ใช่เพียงแค่ว่าเพื่อฝันหรือสร้างวิมานในอากาศ มนุษย์จะพยายามพัฒนาตนเองเพื่อให้ไปสู่ความสำเร็จและความเจริญในชีวิตของตนเอง ตัวอย่างเช่น หากเราต้องการเป็นครู เราจะพยายาม

ศึกษาหาความรู้เพื่อให้ได้ปริญญา แล้วนำเอาความรู้นั้นมาพัฒนาตนเองและสังคมต่อไป ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะต้องเป็นไปด้วยใจรักและอยากทำจริง ๆ

ลำดับขั้นของความต้องการทั้ง 5 ขั้นที่กล่าวมาข้างต้น ไม่ได้ถูกตัดตอนออกจากกันเป็นขั้น ๆ อย่างชัดเจน แต่จะ พัฒนาคาบเกี่ยวกันไป กล่าวคือ เมื่อเกิดการตอบสนองความต้องการอยู่ในลำดับหนึ่ง เมื่อได้รับการตอบสนองแล้ว ความต้องการในลำดับที่สองก็จะพัฒนาขึ้นมาอีก และเป็นเช่นนี้ไปจนถึงลำดับขั้นสุดท้าย

Michael Beer (1964) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า เป็นทัศนคติของคนที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง 1) V มาจากคำว่า Valance หมายถึง ความพึงพอใจ 2) I มาจากคำว่า Instrumentality หมายถึง สื่อ เครื่องมือ วิธีทางนำไปสู่ความพึงพอใจ 3) E มาจากคำว่า Expectancy หมายถึง ความคาดหวังภายในตัวบุคคลนั้น ๆ ซึ่งบุคคลมีความต้องการและมีความหวังในหลายสิ่งหลายอย่าง ดังนั้นจึงต้องกระทำด้วยวิธีหนึ่งวิธีใด เพื่อตอบสนองความต้องการหรือสิ่งที่คาดหวังเอาไว้ ซึ่งเมื่อได้รับการตอบสนองแล้วตามที่ตั้งความหวังหรือคาดหวังเอาไว้ บุคคลนั้นก็จะได้รับความพึงพอใจ และในขณะเดียวกันก็จะคาดหวังในสิ่งที่สูงขึ้นไปเรื่อย ๆ ซึ่งอาจจะแสดงในรูปสมการได้ ดังนี้ แรงจูงใจ = ผลของความพึงพอใจ + ความคาดหวัง

#### 2.3.4 การวัดระดับความพึงพอใจ

Stromborg (1984) กล่าวถึงการวัดความพึงพอใจของผู้ใช้บริการนั้น จะวัดในเรื่องใดนั้นย่อมแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของผู้ที่จะศึกษา แต่มีวิธีที่นิยมใช้กัน

2.3.4.1 การสัมภาษณ์ วิธีนี้ผู้ศึกษาจะมีแบบสัมภาษณ์ที่มีคำถาม ซึ่งได้รับการทดสอบหาความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นแล้ว ทำการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง ข้อดีของวิธีนี้คือ ผู้สัมภาษณ์อธิบายคำถามให้ผู้ตอบเข้าใจได้ สามารถใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่อ่านเขียนหนังสือไม่ได้ แต่มีข้อเสียคือการสัมภาษณ์ต้องใช้เวลามาก และอาจมีข้อผิดพลาดในการสื่อความหมาย

2.3.4.2 การใช้แบบสอบถาม เป็นวิธีที่มีผู้นิยมใช้มากที่สุด มีลักษณะเป็นคำถามที่ได้ทดสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นแล้ว กลุ่มตัวอย่างเลือกตอบหรือเติมคำ ข้อดีของวิธีนี้ คือ ได้คำตอบที่มีความหมายแน่นอน มีความสะดวก รวดเร็วในการสำรวจ สามารถใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ ข้อเสียคือ ผู้ตอบต้องสามารถอ่านออกเขียนได้ และมีความสามารถในการคิดเป็นความพึงพอใจเป็นสภาวะที่มีความต่อเนื่อง ไม่สามารถบอกจุดเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของความพึงพอใจได้ แบบสอบถามถึงนิยมสร้างเป็นแบบมาตรฐาน

สำหรับการแบ่งระดับของความพึงพอใจของผู้เรียน มีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert อ้างถึงใน จริพรธณ ปิยพสุนทร , 2545 : 59) โดยกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

|       |   |         |                         |
|-------|---|---------|-------------------------|
| ระดับ | 5 | หมายถึง | มีความพึงพอใจมากที่สุด  |
| ระดับ | 4 | หมายถึง | มีความพึงพอใจมาก        |
| ระดับ | 3 | หมายถึง | มีความพึงพอใจปานกลาง    |
| ระดับ | 2 | หมายถึง | มีความพึงพอใจน้อย       |
| ระดับ | 1 | หมายถึง | มีความพึงพอใจน้อยที่สุด |

สำหรับการแปลความหมายของค่าที่วัดได้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมาย โดยการใช้ค่าเฉลี่ยเป็นรายช่วงและรายข้อ ดังนี้

|             |         |                                     |
|-------------|---------|-------------------------------------|
| 4.50 – 5.00 | หมายถึง | มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมากที่สุด  |
| 3.50 – 4.49 | หมายถึง | มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมาก        |
| 2.50 – 3.49 | หมายถึง | มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับปานกลาง    |
| 1.50 – 2.49 | หมายถึง | มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับพอใช้      |
| 1.00 – 1.49 | หมายถึง | มีความพึงพอใจอยู่ในระดับควรปรับปรุง |

## 2.4 ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า

### 2.4.1 ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า

ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้านั้นออกแบบและสร้างเพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนที่ช่วยส่งเสริมความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีทางไฟฟ้า ผ่านการฝึกปฏิบัติจริง โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ด้านคณิตศาสตร์ไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ อีกทั้งยังช่วยเสริมสร้างทักษะด้านการคิดวิเคราะห์และการปฏิบัติงานทางไฟฟ้า ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในสายงานที่เกี่ยวข้องในอนาคต การสร้างชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้าจะประกอบด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอนหลัก ๆ คือ 1) วิเคราะห์หัวข้อเรื่องในหน่วยที่ต้องการวิจัย 2) วางแผนการออกแบบชิ้นงานและอุปกรณ์ที่ใช้ รวมถึงวางแผนประกอบต่าง ๆ บนชิ้นงาน

### 2.4.2 ส่วนประกอบของชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า

ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้านั้น จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

#### 2.4.2.1 ส่วนแหล่งจ่ายแรงดัน

วัสดุอุปกรณ์หลัก ๆ ที่ใช้ มีดังนี้

1. Voltage Regulator 0-30V 2A ชนิดควบคุมกระแส

เป็นวงจรภาคจ่ายไฟชนิดปรับค่าแรงดันไฟได้ที่ใช้ IC LM723 วงจรนี้สามารถปรับกระแสสูงสุดได้ตั้งแต่ 0 ถึง 2 แอมป์ และแรงดัน 0 ถึง 30 โวลต์



**การทำงาน :** VR2 ทำหน้าที่ปรับเพื่อควบคุมปริมาณการไหลของกระแสสูงสุด โดยปกติเราจะปรับ VR2 ไว้ในตำแหน่งที่ทำให้ Q5 ทำงานจะส่งผลต่อเนื่องทำให้ Q3, Q4, Q6 ไม่ทำงานอีกด้วยการที่ Q4 ไม่ทำงานจะทำให้แรงไฟที่เบสของ Q7 สูงขึ้นทำให้ Q7 ทำงาน LED L2 จะติดแสดงให้รู้ว่าวงจรทำงานปกติ เมื่อกระแสที่ไหลผ่านโหลดสูงเกินค่าที่กำหนด แรงไฟฟ้าที่ตกคร่อม R4 จะสูงขึ้น ทำให้แรงไฟฟ้าที่อิมมิเตอร์เทียบกับเบสต่ำลง จนทำให้ Q5 ไม่ทำงานจะทำให้ได้แรงไฟฟ้าลบไปยังเบสของ Q3 ทำให้ Q3 ทำงาน ส่งผลให้ Q2 หยุดทำงาน

ทรานซิสเตอร์ Q1 ก็จะไม่ได้รับแรงไฟฟ้าไบอัสทำให้หยุดทำงาน และไม่มีกระแสจ่ายให้กับโหลดอีกต่อไป ขณะเดียวกัน จากการที่ Q5 จะส่งผลให้ Q6 ทำงานทำให้แรงไฟฟ้าที่เบสของ Q5 เป็นบวกสูงขึ้น Q5 จึงหยุดทำงานกันต่อไปเป็น *การโอสต์วงจร* ให้ตัววงจรไวด์ลวดเวลา แม้ว่าเราจะถอดโหลดออกจากวงจรหรือไม่ก็ตาม

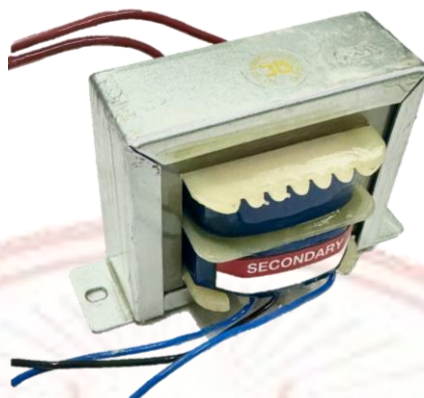
การยกเลิกการโอสต์วงจร ทำได้โดยกดสวิตช์รีเซ็ตเพื่อขอร์ตไฟไบอัสของ Q6 จนหยุดทำงาน ให้วงจรกลับไปสู่สภาวะปกติ แต่ถ้าการลัดวงจรยังคงอยู่การกดสวิตช์รีเซ็ตก็ยังไม่เกิดผลแต่อย่างใด

ขณะเดียวกันที่เกิดโอเวอร์โวลต จน Q5 หยุดทำงานนั้น จะทำให้ Q4 ทำงาน LED L1 จะติด เพื่อแสดงให้ทราบว่าวงจรเกิดการโอเวอร์โวลต ขณะเดียวกัน Q7 จะหยุดทำงาน ส่งผลให้ LED L2 ดับ

LED L1, L2 เราอาจใช้ชนิด 2 สี 2 ตัวอยู่ในตัวเดียวกัน โดยจะแสดงผลเป็นสีเขียว เมื่อวงจรทำงานเป็นปกติและเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อวงจรเกิดการโอเวอร์โวลตก็ได้

## 2. หม้อแปลงไฟฟ้า 220V/24-0-24V AC ขนาด 2A

หม้อแปลง 220V / 24V-0V-24V AC เป็นหม้อแปลงชนิด Center Tap Transformer ที่มีขดลวดทุติยภูมิ (ขดรอง) ออกมาเป็น สามขั้ว ได้แก่ 24V, 0V (กลาง), และ 24V โดยสามารถใช้งานได้ทั้งแบบแรงดันขาออก 24V AC (เมื่อนำ 0V และ 24V ออกมาใช้งาน) แรงดันขาออก 48V AC (เมื่อนำขั้ว 24V และ -24V มาใช้งานรวมกัน) จะมีหลักการใช้งาน คือ เมื่อจ่ายไฟ 220V AC เข้าขดลวดปฐมภูมิ จะเกิดฟลักซ์แม่เหล็กเหนี่ยวนำแรงดันในขดลวดทุติยภูมิ ขดลวดทุติยภูมิถูกพันแบบ Center Tap ทำให้มี แรงดัน 24V สองฝั่ง และ ขั้วกลาง 0V สามารถเลือกใช้งานแรงดันได้ 2 แบบ คือ แบบ 24V AC : นำขั้ว 0V และ 24V ออกมาใช้ และแบบ 48V AC : นำขั้ว -24V และ +24V มาใช้รวมกัน สามารถนำไปใช้งานในแหล่งจ่ายไฟแบบ Full-Wave Rectifier เพื่อแปลงเป็นไฟ DC ใช้ในวงจรอุตสาหกรรมและควบคุมไฟฟ้า, ใช้ในงานเครื่องเสียง (Power Amplifier) หรือใช้ในระบบควบคุมแรงดันที่ต้องการแรงดันไฟฟ้าหลายระดับ



ภาพที่ 2-4 หม้อแปลงไฟฟ้า 220V/24-0-24V AC ขนาด 2A

### 3. โวลต์มิเตอร์ DC 0-30V

โวลต์มิเตอร์ DC 0-30V เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ตั้งแต่ 0V ถึง 30V โดยทั่วไปมีทั้งแบบ อนาล็อก และ ดิจิทัล แต่ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบอนาล็อก เพราะต้องการให้ผู้เรียนฝึกอ่านมิเตอร์ เพื่อให้เกิดทักษะในการอ่านมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2-5 โวลต์มิเตอร์ 30VDC

(ที่มา : SaengKorat (แสงโคราช) <https://shorturl.asia/Llhmk>)

### 4. Push Button Switch กดติดปล่อยดับ และกดติดกดดับ

ปุ่มกดหรือ Push Button Switch เป็นสวิตช์ที่ใช้กดเพื่อควบคุมการทำงานของวงจรไฟฟ้า ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

#### 4.1 กดติดปล่อยดับ (Momentary Switch, NO/NC) กดครั้งแรก →

สวิตช์ต่อวงจร (ON) และเมื่อปล่อยปุ่ม → สวิตช์ตัดวงจร (OFF) ใช้สำหรับปุ่มกดชั่วคราว (กริ่งประตู, รีเลย์ตัวจริง, ปุ่มกดเริ่มเครื่องจักร) และใช้ในวงจรควบคุม เช่น Relay, Timer เป็นต้น

4.2 กดติดกดดับ (Latching Switch) กดครั้งแรก → สวิตช์ต่อวงจร (ON) และกดครั้งที่สอง → สวิตช์ตัดวงจร (OFF) ใช้สำหรับในระบบที่ต้องการให้เปิด-ปิดค้างไว้ เช่น สวิตช์เปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือปุ่ม Power บนเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น พัดลม, หลอดไฟ เป็นต้น



(ก) สวิตช์กดติดกดดับ

(ที่มา : <https://shorturl.asia/gHfxS>)



(ข) สวิตช์กดติดปล่อยดับ

(ที่มา : <https://shorturl.asia/lHd2B>)

ภาพที่ 2-6 สวิตช์

#### 2.4.2.1 ส่วนของแผงตัวต้านทานวงจร

ใช้วัสดุอุปกรณ์ ดังนี้

##### 1. ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ (Metal Film)

ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะทำมาจากแผ่นฟิล์มบางของแก้วและโลหะหลอมเข้าด้วยกัน แล้วนำไปเคลือบที่เซรามิก ทำเป็นรูปทรงกระบอก แล้วตัดแผ่นฟิล์มที่เคลือบออกให้ได้ค่าความต้านทานตามที่ต้องการ ขั้นตอนสุดท้ายจะทำการเคลือบด้วยสารอีพ็อกซี (Epoxy) ตัวต้านทานชนิดนี้มีค่าความผิดพลาดบวกลบ 0.1 % ถึงประมาณ บวกลบ 2% ซึ่งถือว่ามีความผิดพลาดน้อยมาก นอกจากนี้ยังทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากภายนอกได้ดี สัญญาณรบกวนน้อยเมื่อเทียบกับตัวต้านทานชนิดอื่น ๆ



ภาพที่ 2-7 ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ (Metal Film)

(ที่มา : <https://shorturl.asia/7ybRm>)

## 2. Banana Jack

Banana Jack เป็นขั้วต่อทางไฟฟ้าที่ใช้ร่วมกับ Banana Plug (ปลั๊กกล้วย) โดยมักพบในงานอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้า เช่น เครื่องมือวัด, อุปกรณ์ทดลอง, แหล่งจ่ายไฟ, และเครื่องเสียง ใช้สำหรับ แหล่งจ่ายไฟ และอุปกรณ์ทดลองทางไฟฟ้า, ใช้ในเครื่องมือวัด เช่น มัลติมิเตอร์, ออสซิลโลสโคป, ใช้กับเครื่องเสียง (Audio System) เพื่อเชื่อมต่อสายลำโพง และใช้ในงานทดลองทางไฟฟ้า เช่น แผงทดลองวงจร (Breadboard) เป็นต้น



ภาพที่ 2-8 Banana Jack

(ที่มา : <https://shorturl.asia/7ybRm>)

### 2.4.3 ขั้นตอนการทำงานของชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า

ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้านั้นจะมีแหล่งจ่าย 2 แหล่งจ่าย และรูปแบบลักษณะของวงจรตามหัวข้อเรื่อง ได้แก่ วงจรอนุกรม วงจรขนาน วงจรผสม วงจรตามกฎของเคอร์ชอฟฟ์ และวงจรอิสระ การออกแบบนั้นมีการวางแผนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยหลักการทำงานของชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้าจะมีขั้นตอน ดังนี้

1. เสียบปลั๊กของชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้ากับไฟบ้าน 220VAC
2. แรงดันไฟบ้าน 220VAC จะผ่านเข้าหม้อแปลง โดยแปลงแรงดันให้ต่ำลง เป็น 24V-0-24VAC
3. แรงดัน 24V จากหม้อแปลงจะเข้าบอร์ดวงจร Regulator 0-30V 2A ชนิดควบคุมกระแส โดยบอร์ดวงจรจะแปลง AC เป็น DC จากนั้นจึงนำไปใช้งาน
4. เมื่อต้องการใช้แหล่งจ่าย สามารถเลือกแหล่งจ่ายที่ 1 หรือ 2 ก็ได้ จากนั้นมีขั้นตอนการใช้งานแหล่งจ่าย ดังนี้
  - 4.1 ให้กดปุ่ม Switch ON/OFF เพื่อทำการเปิดการทำงานของแหล่งจ่าย
  - 4.2 กดปุ่ม Reset เพื่อทำการปรับแรงดัน 0-30V
  - 4.3 ต่อวงจรตัวต้านทานในหมายเลข 2 ตามใบปฏิบัติงาน มีทั้งอนุกรม ขนาน ผสม วงจรเคอร์ชอฟฟ์ และวงจรอิสระให้เลือกต่อใช้งาน
5. เลือกต่อวงจรตามใบปฏิบัติงานเพื่อวัดความต้านทาน กระแส และแรงดันได้เลย

## 2.5 แผนการจัดการเรียนรู้

### 2.5.1 หน่วยที่ 1 วงจรไฟฟ้าและสูตรพื้นฐาน

#### 2.5.1.1 สารสำคัญ

เลขจำนวนเต็ม ทศนิยม เศษส่วน เปอร์เซ็นต์ ตัวคูณ จำนวนยกกำลังสอง และรากที่สอง คณิตศาสตร์เหล่านี้ใช้มากในการคำนวณทางไฟฟ้าและเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้ขั้นต่อไป

วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแหล่งกำเนิดกำลัง ตัวนำ และโหลด มีกฎและสูตรพื้นฐานที่ใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าคือ กฎของโอห์มที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทาน และสูตรกำลังไฟฟ้า

#### 2.5.1.2 สมรรถนะประจำหน่วย

ประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์พื้นฐานมาคำนวณ หาค่าปริมาณทางไฟฟ้า

#### 2.5.1.3 จุดประสงค์ทั่วไป

1. ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์พื้นฐานมาคำนวณได้
2. ผู้เรียนสามารถหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าได้
3. ผู้สามารถแสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรอนุกรม ขนาน และผสมได้

#### 2.5.1.4 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

##### ด้านความรู้

1. อธิบายความรู้พื้นฐานของวงจรไฟฟ้าได้
2. บอกการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม ขนาน และผสมได้
3. คำนวณค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม ขนาน และผสมได้
4. อธิบายความสัมพันธ์ของวงจรอนุกรม ขนาน ผสม และเคอร์ชอฟฟ์ได้
5. ประยุกต์ใช้กฎของโอห์ม ในการหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าได้
6. ประยุกต์ใช้สูตรในวงจรอนุกรม ขนาน และผสมได้
7. บอกการต่อวงจรหรือมิเตอร์ทางไฟฟ้าได้ถูกต้อง
8. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าในวงจรอนุกรม ขนาน และผสมได้

##### ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

แสดงออกด้านการตรงต่อเวลา ความสนใจใฝ่รู้ ไม่หยดนิ่งที่จะแก้ปัญหา ค้นคว้า

เพิ่มเติม

### 2.5.1.5 เนื้อหา

#### 2.5.1.5.1 วงจรไฟฟ้า (Electrical Circuit)

วงจรไฟฟ้าพื้นฐานประกอบด้วย แหล่งกำเนิดกำลังตัวนำ (Conductor) และโหลด (Load) หรือภาระทางไฟฟ้า ส่วนสวิตช์ใช้ต่ออนุกรมกับตัวนำวงจรเพื่อควบคุมการทำงานของ โหลดไฟฟ้าแสงสว่าง (เปิดหรือปิด)

#### 2.5.1.5.2 แหล่งกำเนิดกำลัง (Power Source)

แหล่งกำเนิดกำลัง มี 2 ประเภท คือ ไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้า กระแสสลับ

1. ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current: DC)
2. ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current: AC)

#### 2.5.1.5.3 ความนำไฟฟ้า (Conductance)

ความนำหรือสภาพนำ (Conductivity) เป็นคุณสมบัติของโลหะที่ยอมให้กระแสไหลผ่านตัวนำ (Conductor) ที่ดีที่สุดตามลำดับสภาพนำ คือ เงิน ทองแดง ทองคำ และอะลูมิเนียม ซึ่งทองแดงถูกประยุกต์ใช้ในทางไฟฟ้ามากที่สุด

#### 2.5.1.5.4 ความต้านทานวงจร (Circuit Resistance)

ความต้านทานรวมทั้งหมดของวงจรประกอบด้วย ความต้านทานของ แหล่งกำเนิดกำลัง ความต้านทานของสายไฟฟ้า และความต้านทานของโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างเช่น เครื่องทำความร้อน เครื่องปั๊มนมปัง จะมีความต้านทานของตัวนำสูงจนเกิดความร้อนมากมาย สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น

#### 2.5.1.5.5 กฎของโอห์ม (Ohm's Law)

กฎของโอห์ม ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแส (I)

แรงดันไฟฟ้า (V) และความต้านทานของวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เขียนเป็นสูตรได้คือ  $I = \frac{E}{R}$

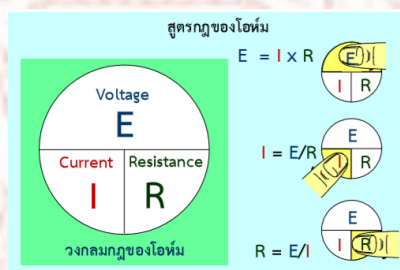
### 2.5.1.5.6 กฎของโอห์มและไฟฟ้ากระแสสลับ (Ohm's Law and Alternating Current)

1. ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ปริมาณกระแสที่ไหลจะถูกต้านทานโดยความต้านทานทางกายภาพของวัสดุที่กระแสไหลผ่าน การต้านการไหลของกระแสนี้เรียกว่า ความต้านทาน มีหน่วยวัดเป็น โอห์ม

2. ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ มี 3 ปัจจัยที่ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า คือ 1) ความต้านทานของวัสดุในวงจร 2) อินดักทีฟรีแอกแตนซ์ของวงจร ( $X_L$ ) และ 3) คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ของวงจร ( $X_C$ )

### 2.5.1.5.7 วงกลมสูตรกฎของโอห์ม (Ohm's Law Formula Circle)

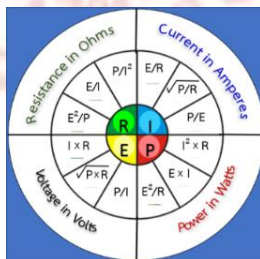
กฎของโอห์มเป็นความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดัน และความต้านทาน เขียนอยู่ในสูตร  $I = \frac{E}{R}$  และสามารถย้ายข้างได้อีก 2 สูตร คือ  $E = I \times R$  และ  $R = \frac{E}{I}$  ในการใช้สูตรทั้งสามนี้จะต้องทราบค่าสองค่าถึงสามารถหาค่าตามสูตรได้ V



(ปิดค่าที่ต้องการทราบ เหลือ 2 ตัวแปรจะนำไปใช้เป็นสูตร)

ภาพที่ 2-9 Ohm's Law Formula Circle

### 2.5.1.5.8 วงกลมสูตรพีไออี (PIE Formula Circle)



ภาพที่ 2-10 PIE Formula Circle

การใช้กฎสูตรนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน แต่ละส่วนจะมี 3 สูตร เมื่อนำไปใช้กับงานจริงสามารถใช้เครื่องคำนวณหาคำตอบได้โดยตรง โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 : ต้องทราบว่า คำถามนั้นถามถึง I, E, R หรือ P

ขั้นที่ 2 : ทราบค่าอะไรเกี่ยวกับ I, E, R หรือ P

ขั้นที่ 3 : เลือกใช้สูตรอะไร

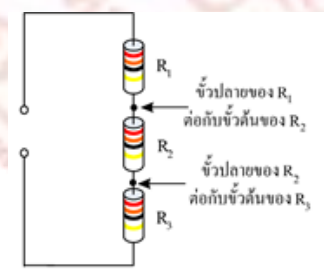
ขั้นที่ 4 : ดำเนินงานคำนวณหาคำตอบ

#### 2.5.1.5.9 กำลังไฟฟ้าสูญเสียของตัวนำ (Power Losses of Conductors)

กำลังไฟฟ้าในวงจรอาจเป็น “ประโยชน์” หรือ “สูญเสียเปล่า” ก็ได้ กำลังไฟฟ้าส่วนใหญ่ที่ใช้โดยโหลด เช่น โคมไฟฟลูออเรสเซนต์ มอเตอร์ หรือองค์ประกอบของเตาไฟฟ้าจะถูกใช้ในงานที่เป็นประโยชน์ ความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวนำ หม้อแปลง และขดลวดมอเตอร์จะเป็นงานที่สูญเสียเปล่า งานที่สูญเสียเปล่าเหล่านี้ยังคงใช้พลังงาน ดังนั้นจึงต้องเสียค่าใช้จ่ายค่าพลังงานดังกล่าว เราจึงเรียกงานที่สูญเสียเปล่านี้ว่า “กำลังไฟฟ้าสูญเสีย”

#### 2.5.1.5.10 วงจรอนุกรม

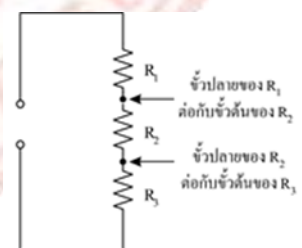
การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม คือ การนำเอาตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อเรียงลำดับกันแสดงดังรูป ตัวต้านทานนำมาต่อเรียงกันในเส้นเดียวกันโดยที่ขั้วปลายหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่ 1 ต่อกับขั้วต้นหนึ่งของตัวต้านทานที่ 2 ขั้วปลายที่เหลือของตัวต้านทานที่ 2 ต่อกับขั้วต้นหนึ่งของตัวต้านทานตัวต่อไป ซึ่งจะต่อแบบนี้เรียงกันไปเรื่อย ๆ



(ก) การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

อนุกรม

แสดงเป็นรูปเสมือน



(ข) การต่อตัวต้านทานแบบ

แสดงเป็นสัญลักษณ์

ภาพที่ 2-11 Ohm's Law Formula Circle

#### 2.5.1.5.10.1 กระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรม

กระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรมมีเพียงค่าเดียวที่ไหล

ผ่านตัวต้านทานทุกตัว

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n \quad (2-5)$$

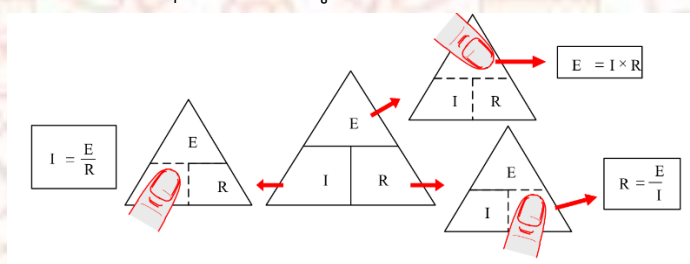
#### 2.5.1.5.10.2 ความต้านทานรวมในวงจรอนุกรม

ความต้านทานรวมในวงจรอนุกรมจะเท่ากับผลรวมของความต้านทานของตัวต้านทานทุกตัวเขียนเป็นสมการได้ดังสมการ

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (2-6)$$

#### 2.5.1.5.10.3 กฎของโอห์มในวงจรอนุกรม

การหากฎของโอห์มโดยอาศัยสามเหลี่ยมกฎของโอห์ม ดังรูป ซึ่งจะช่วยให้เกิดการประยุกต์ใช้และจำสูตรได้ดี

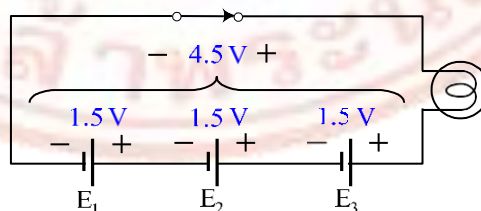


ภาพที่ 2-12 การใช้สามเหลี่ยมกฎของโอห์ม เมื่อต้องการหาค่าใดก็ปิดค่านั้น

#### 2.5.1.5.10.4 การต่อเซลล์ไฟฟ้าอนุกรม

การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าอนุกรม แสดงตัวอย่าง

ดังรูป

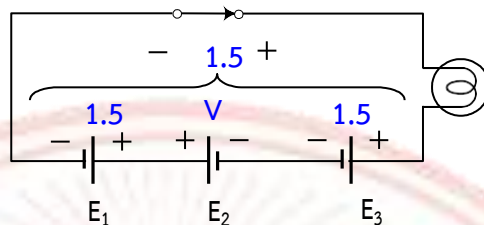


ภาพที่ 2-13 การต่อเซลล์ไฟฟ้าอนุกรม

เขียนผลรวมทางพีชคณิตของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแต่ละตัวได้ คือ

$$E_T = E_1 + E_2 + E_3 = 1.5 + 1.5 + 1.5 = 4.5 \text{ V}$$

ถ้าแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่นำมาต่ออนุกรมที่มีทิศทางหักล้างกัน (Series-opposing) แรงดันไฟฟ้าที่มีทิศทางหักล้างกันนั้นจะลบออกจากกัน แสดงดังรูป



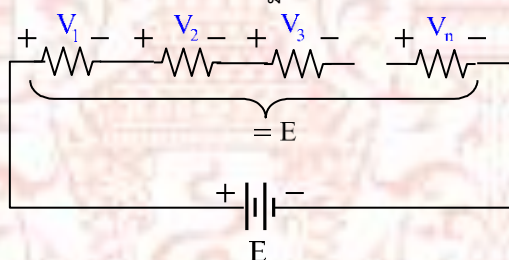
ภาพที่ 2-14 แรงดันไฟฟ้าที่มีทิศทางหักล้างกันจะลบออกจากกัน

เขียนผลรวมทางพีชคณิตของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแต่ละตัวได้ คือ

$$E_T = E_1 - E_2 + E_3 = 1.5 - 1.5 + 1.5 = 1.5V$$

#### 2.5.1.5.10.5 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรอนุกรม

กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ อธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 2-15 ประกอบการอธิบายกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

จากรูป เขียนสมการผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าปิดใด ๆ จะเท่ากับศูนย์ ได้ดังสมการ

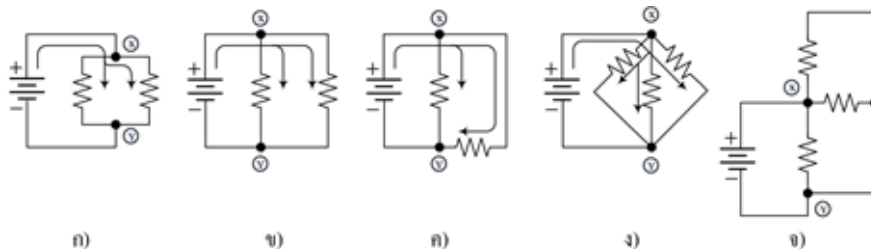
$$E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (2-7)$$

$$E - V_1 - V_2 - V_3 - \dots - V_n = 0 \quad (2-8)$$

#### 2.5.1.5.11 วงจรขนาน

การต่อตัวต้านทานแบบขนาน หมายถึง การนำเอาตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อรวมกันระหว่างจุด 2 จุด โดยให้ปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานทุก ๆ ตัวมาต่อรวมกันที่จุด ๆ หนึ่ง (ดูจุด X) และให้ปลายที่เหลืออีกด้านหนึ่งของตัวต้านทานทุก ๆ ตัวมาต่อรวมกันอีกจุด

ที่เหลือ (จุด Y) เส้นทางที่ขนานกันในวงจรเรียกว่า สาขา (Branch) ดังรูป (Cook, Nigel P., 2004: 116)



ภาพที่ 2-16 ตัวอย่างการต่อตัวต้านทานแบบขนาน

#### 2.5.1.5.11.1 แรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน

แรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน มีค่าเท่ากันและเท่ากับแรงดันที่จ่าย ดังสมการ

$$E = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \quad (2-9)$$

#### 2.5.1.5.11.2 ความต้านทานไฟฟ้ารวม

ความต้านทานไฟฟ้ารวม ( $R_T$ ) ในวงจรขนานเขียน

เป็นสมการได้ดังสมการ

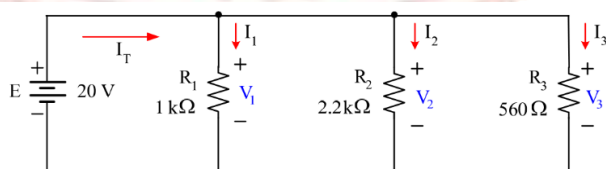
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (2-10)$$

ในกรณีตัวต้านทาน 2 ตัวต่อขนานกัน ค่าความต้านทานรวมของวงจรจะได้

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (2-10)$$

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (2-11)$$

#### 2.5.1.5.11.3 กฎของโอห์มในวงจรขนาน

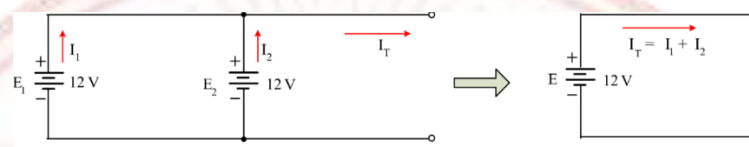


ตัวอย่างเช่น 
$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{V_1}{R_1} = \frac{20}{1000} = 20\text{mA}$$

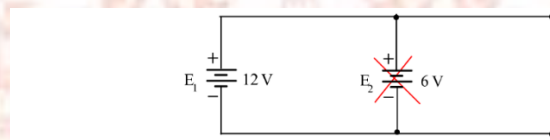
ภาพที่ 2-17 กฎของโอห์มในวงจรขนาน

#### 2.5.1.5.11.4 การต่อเซลล์ไฟฟ้าขนาน

เมื่อนำเซลล์ไฟฟ้าอย่างเช่น ถ่านไฟฉาย หรือ แบตเตอรี่มาต่อแบบขนาน เซลล์ไฟฟ้านั้นจะต้องมีแรงดันไฟฟ้าและความต้านทานภายในเท่ากัน การต่อแบบขนานจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลมากขึ้น พิจารณาจากรูป เมื่อนำแบตเตอรี่มาต่อขนานกัน (Floyd, Thomas L., 2001: 185)



(ก) การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน

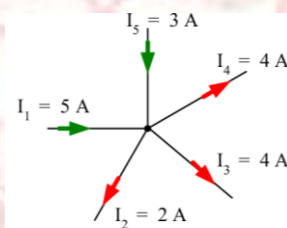


(ข) การต่อแบตเตอรี่ต้องมีขนาดเท่ากัน

ภาพที่ 2-18 การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน

#### 2.5.1.5.11.5 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรขนาน

กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Current Law: KCL) กล่าวว่า “ผลรวมทางพีชคณิตของกระแสไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์” หรือจะกล่าวได้ว่า “ผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลเข้าจุดใด ๆ จะเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลออกจากที่จุดนั้น” ดังรูป



ภาพที่ 2-19 การใช้กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

$$\sum I_{in} = \sum I_{Out} \quad (2-13)$$

#### 2.5.1.5.11.6 กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าในวงจรขนาน

กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าสำหรับวงจร 2 สาขา จากกฎของโอห์ม การจะหากระแสไฟฟ้านั้นจะต้องทราบค่าแรงดันไฟฟ้าและความต้านทาน เมื่อมี

แรงดันไฟฟ้าที่ไม่รู้ค่า แต่รู้ค่ากระแสไฟฟ้ารวม ก็จะสามารถหากระแสไฟฟ้าสาขาได้ ( $I_1$  และ  $I_2$ ) โดยใช้สมการ ซึ่งเรียกว่า กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า ดังนี้

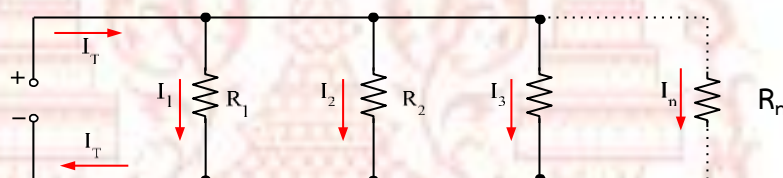
$$I_1 = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times I_T$$

$$I_2 = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \times I_T$$

ส่วนที่ต่างกัน

ภาพที่ 2-20 กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าในวงจรขนาน

กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าสำหรับวงจรหลาย ๆ สาขา วงจรขนานที่มี  $n$  สาขา ดังรูป (Floyd, Thomas L., 2001: 197)



ภาพที่ 2-21 กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าสำหรับวงจรหลาย ๆ สาขา

การหาค่ากระแสไฟฟ้าในหลาย ๆ สาขาหาได้จากสมการ

$$I_X = \left( \frac{R_T}{R_X} \right) \times I_T$$

เมื่อ  $I_X$  แทน กระแสไฟฟ้าสาขาที่ต้องการหาค่า

$I_T$  แทน กระแสไฟฟ้ารวม

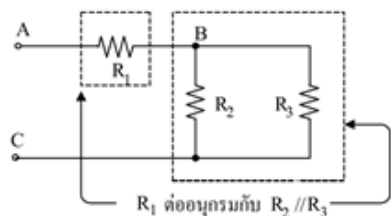
$R_X$  แทน ความต้านทานไฟฟ้าสาขาที่  $I_X$  ไหลผ่าน

$R_T$  แทน ความต้านทานไฟฟ้ารวม

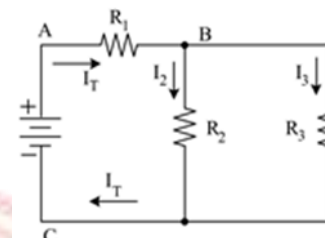
#### 2.5.1.5.12 วงจรผสม

วงจรผสม จะประกอบด้วยเส้นทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผสมกันระหว่างเส้นทางการไหลแบบอนุกรมและเส้นทางการไหลแบบขนาน ซึ่งก็คือ การให้ความสำคัญถึงความสามารถในการจัดกลุ่มแยกแยะในวงจรว่า กลุ่มอนุกรมและกลุ่มขนานมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ตัวอย่างการต่อวงจรผสมของตัวต้านทาน ดังรูปที่ เมื่อจะหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมจะเรียกววงจรลักษณะนี้ว่า ‘วงจรผสมแบบขนาน-อนุกรม’



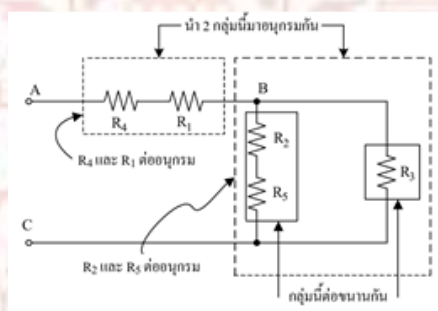
ก) การต่อตัวต้านทานแบบขนาน-อนุกรม



ข) เส้นทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

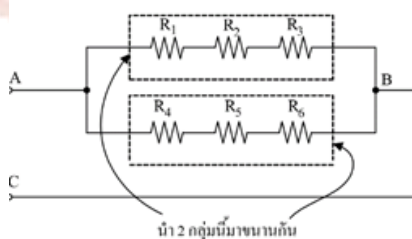
ภาพที่ 2-22 วงจรผสมแบบขนาน-อนุกรม

การต่อตัวต้านทานแบบผสม ดังรูป ระหว่างจุด A-B นั้น  $R_4$  และ  $R_1$  ต่ออนุกรมกันระหว่างจุด B-C นั้น  $R_2$  และ  $R_5$  ต่ออนุกรมกันแล้วนำมาขนานกับ  $R_3$  และระหว่างจุด A-C นำไปต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า จะเรียกววงจรลักษณะนี้ว่า วงจรผสมแบบขนาน-อนุกรม (Floyd, Thomas L. 1997: 227)



ภาพที่ 2-23 วงจรผสมแบบขนาน-อนุกรม

การต่อตัวต้านทานแบบผสม ดังรูป ระหว่างจุด A-B กลุ่มแรกประกอบด้วย  $R_1$ ,  $R_2$  และ  $R_3$  ต่ออนุกรมกัน กลุ่มที่สองประกอบด้วย  $R_4$ ,  $R_5$  และ  $R_6$  ต่ออนุกรมกันและนำทั้ง 2 กลุ่มมาขนานกันอีกครั้งระหว่างจุด A-C และนำไปต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เรียกววงจรลักษณะนี้ว่า ‘วงจรผสมแบบอนุกรม-ขนาน’



ภาพที่ 2-24 วงจรผสมแบบอนุกรม-ขนาน

เมื่อวิเคราะห์วงจรผสมนั้นพึงระลึกถึงเส้นทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่นำมาต่อ นั้น โดยประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 2 ข้อ คือ 1) กระแสไฟฟ้ารวมจะมีเพียงค่าเดียวเท่านั้นเมื่อตัวต้านทานนั้นนำมาต่อแบบอนุกรม และ 2) กระแสไฟฟ้ารวมมี 2 สาขาหรือมากกว่า เมื่อตัวต้านทานนั้นนำมาต่อแบบขนาน 2 สาขาหรือมากกว่า

#### 2.5.1.5.12.1 การวิเคราะห์วงจรผสม

ความต้านทานรวม กระแสไฟฟ้ารวม กระแสไฟฟ้าสาขา  
ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้า

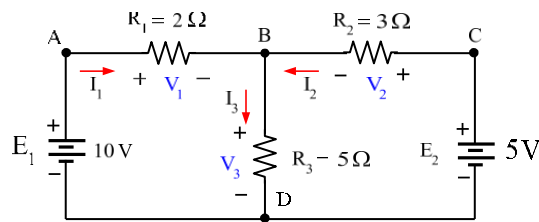
#### 2.5.1.5.12.2 ดีเทอร์มิแนนต์

ดีเทอร์มิแนนต์ (Determinant) มีความสำคัญในทางคณิตศาสตร์มากเนื่องจากใช้แก้โจทย์คณิตศาสตร์สำหรับตัวแปรที่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กันตั้งแต่สองตัวแปรขึ้นไป เมื่อเข้าใจขั้นตอนแล้วก็สามารถแก้โจทย์ได้ในเวลาไม่นานและมีโอกาสผิมน้อยกว่าใช้วิธีอื่น สำหรับในทางไฟฟ้า ดีเทอร์มิแนนต์ที่พบบ่อยนำไปใช้บ่อย เช่น การแก้โจทย์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมช และการแก้โจทย์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีแรงดันโนดเป็นต้น

#### 2.5.1.5.12.3 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรผสม

การนำกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรอนุกรมและกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรขนานมาใช้แก้ปัญหาในวงจรผสมนั้นจะต้องประยุกต์ใช้ร่วมกันทั้ง 2 กฎ โดยมีวิธีการดังนี้

1. กำหนดทิศทางกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรตามกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ โดยให้กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางใดก็ได้ ถ้ากำหนดทิศทางถูก ผลการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าจะเป็นบวก และถ้ากำหนดทิศทางสวนทางกัน ผลการคำนวณจะติดเครื่องหมายลบโดยที่ค่านั้นถูกต้อง
2. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแหล่งจ่ายแบตเตอรี่ ถ้าไหลเข้าขั้วบวกให้ใส่เครื่องหมายบวก ถ้าไหลเข้าขั้วลบให้ใส่เครื่องหมายลบ
3. กำหนดขั้วของแรงดันไฟฟ้าตกร่วมตัวต้านทานในวงจรจนครบ ตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าถ้ากำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วบวกของแหล่งจ่าย ให้กำหนดเครื่องหมายบวกเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเข้าตัวต้านทาน และกำหนดเครื่องหมายลบ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลออกจากตัวต้านทาน
4. เขียนสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ และตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าจากจุดเริ่มต้นจนวนมาครบรอบที่จุดเดิม ถ้าพบเครื่องหมายบวกให้ใส่เครื่องหมายบวกในสมการถ้าพบเครื่องหมายลบให้ใส่เครื่องหมายลบในสมการ



5. แก้มสมการแรงดันไฟฟ้าหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

## 2.5.2 หน่วยที่ 3 เมตริกซ์

### 2.5.2.1 สารสำคัญ

เมตริกซ์เป็นกลุ่มของจำนวนใด ๆ ที่เขียนเรียงกันเป็นแถวและหลักอยู่ในเครื่องหมายวงเล็บ ( ) หรือ [ ] แต่ละ จำนวนจะอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ กันตามแถวและหลัก ทำให้สามารถนิยามการดำเนินการทางพีชคณิตของเมตริกซ์อย่างเป็นระบบโดยอาศัยตำแหน่งต่าง ๆ โดยการบวก การลบ และการคูณ ที่เป็นไปตามสมบัติของเมตริกซ์นั้น ๆ เมตริกซ์ผกผันหรืออินเวอร์สสำหรับการคูณ รวมทั้งกฎของคราเมอร์ถูกนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้า

### 2.5.2.2 สมรรถนะประจำหน่วย

ผู้เรียนสามารถแสดงความรู้เกี่ยวกับเมตริกซ์ได้

### 2.5.2.3 จุดประสงค์ทั่วไป

1. สามารถแสดงความรู้เกี่ยวกับการหาค่าเมตริกซ์ได้
2. ประยุกต์ใช้เมตริกซ์เพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าตามวงจรที่กำหนด

### 2.5.2.4 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้

1. บอกความหมายของเมตริกซ์ได้
2. บวก ลบ และคูณตามวิธีดำเนินการของเมตริกซ์ได้
3. คำนวณหาเมตริกซ์ผกผันสำหรับการคูณจากเมตริกซ์ที่กำหนดให้ได้
4. ประยุกต์ใช้เมตริกซ์ผกผันเพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าได้
5. ประยุกต์ใช้กฎของคราเมอร์ของเมตริกซ์เพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าได้

ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

แสดงออกด้านการตรงต่อเวลา ความสนใจใฝ่รู้ ไม่หยดนิ่งที่จะแก้ปัญหาค้นคว้า

เพิ่มเติม

### 2.5.2.5 เนื้อหา

#### 2.5.2.5.1 ความหมายและนิยามของเมทริกซ์

##### 2.5.2.5.1.1 ความหมายของเมทริกซ์

เมทริกซ์ (Matrices) หมายถึง แถวลำดับของจำนวนจริง สัญลักษณ์ นิพจน์ หรือของฟังก์ชันที่นำมาเรียงกันเป็นแถวในแนวนอนและแนวตั้ง

##### 2.5.2.5.1.2 นิยามของเมทริกซ์

นิยาม : ให้  $m, n$  เป็นจำนวนเต็มบวก เมทริกซ์ขนาด  $m \times n$  หมายถึง กลุ่มของจำนวนจริงหรือจำนวนเชิงซ้อนชุดหนึ่งเรียงกัน  $m$  แถว (row) แถวละ  $n$  หลัก (column) โดยจัดเรียงให้อยู่ในเครื่องหมายวงเล็บ  $[ ]$  หรือ  $( )$  ให้คลุมจำนวนที่อยู่ข้างใน และเรียกแต่ละจำนวนในเมทริกซ์ว่าเป็นสมาชิกของเมทริกซ์ ให้  $A$  เป็น เมทริกซ์ขนาด  $m \times n$  โดยที่มี  $a_{ij}$  เป็นสมาชิกในแถวที่  $i$  หลักที่  $j$  โดยแทนสัญลักษณ์อย่างย่อ คือ  $A = [a_{ij}]_{m \times n}$  หรือแทนเมทริกซ์ที่กล่าวนี้ด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

เช่น  $A = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 3 \\ 1 & 0 & 5 \end{bmatrix}$  และ  $B = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 3 \\ 7 & 5 & -1 \\ 2 & -2 & 0 \end{bmatrix}$

← แถวที่ 1  
← แถวที่ 2  
← แถวที่ 3

↑    ↑    ↑  
หลักที่ 1    2    3

เมทริกซ์  $A$  ขนาด  $2 \times 3$  เนื่องจากมี 2 แถว และมี 3 หลัก และสมาชิกในตำแหน่ง  $(2, 3)$  ของเมทริกซ์  $A$  คือ  $a_{23} = 5$  และสมาชิกในตำแหน่ง  $(1, 2)$  ของเมทริกซ์  $B$  คือ  $a_{12} = 4$

1. นิยาม : เมทริกซ์จัตุรัส คือ เมทริกซ์ที่มีจำนวนแถวและจำนวนหลักเท่ากัน นั่นคือ  $m = n$  และเรียกว่า เมทริกซ์จัตุรัสที่มีขนาด  $n$  เรียกสมาชิก  $a_{11}, a_{22}, \dots, a_{nn}$  ในเมทริกซ์ว่า เป็นสมาชิกบนแนวทแยงมุมหลัก (Main diagonal) ของเมทริกซ์  $A$  และอาจเรียก  $A$  ว่า เมทริกซ์อันดับ  $n$  และเขียน  $A_n$  แทน  $A_n \times n$

2. นิยาม : เมทริกซ์เอกลักษณะ คือ เมทริกซ์จัตุรัสที่มี 1 เป็นสมาชิกบนแนวทแยงมุมหลัก ส่วนสมาชิกอื่น ๆ เป็น 0 ทั้งหมด

3. นิยาม : เรียกเมทริกซ์ที่มีแถวเดียวว่า เวกเตอร์แถว

4. นิยาม : เรียกเมทริกซ์ที่มีหลักเดียวว่า เวกเตอร์หลัก

5. นิยาม : เมทริกซ์ศูนย์ คือ เมทริกซ์ที่สมาชิกทุกตัวเป็น 0 เขียนแทนด้วย 0

6. นิยาม : เมทริกซ์สามเหลี่ยมบน คือ เมทริกซ์จัตุรัส ซึ่งสมาชิกที่อยู่ใต้แนวทแยงมุมหลักเป็น 0 ทั้งหมด

7. นิยาม : เมทริกซ์สามเหลี่ยมล่าง คือ เมทริกซ์จัตุรัส ซึ่งสมาชิกที่อยู่เหนือแนวทแยงมุมหลักเป็น 0 ทั้งหมด

8. นิยาม : ถ้า A เป็นเมทริกซ์ขนาด  $m \times n$  เมทริกซ์สลับเปลี่ยนของ A เขียนแทนด้วย  $A^T$  คือ เมทริกซ์ที่เกิดจากการสลับแถวและหลักของเมทริกซ์ A ( $A^T$  อ่านว่า เอทรานส์โพส)

9. นิยาม : ดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์จัตุรัส (Determinant of a square matrix)

กำหนดให้เมทริกซ์  $A = [a_{ij}]_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$

ดีเทอร์มิแนนต์ของ A เขียนแทนด้วย  $\det(A)$  หรือ  $|A|$  หรือ  $\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{12} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$

นิยาม : ดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ขนาด  $2 \times 2$  ให้  $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$

กำหนดให้  $\det(A) = |A| = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22} - a_{21}a_{12}$

10. นิยาม : ให้เมทริกซ์  $A = [a_{ij}]_{n \times n}$  สัญลักษณ์  $M_{ij}$  หมายถึง เมทริกซ์ที่ได้จากการตัดแถวที่  $i$  และหลักที่  $j$  ของเมทริกซ์ A ออก เรียก  $\det(M_{ij})$  ว่า ไมเนอร์ของสมาชิก  $a_{ij}$  ใน A เรียก  $C_{ij} = (-1)^{i+j}$  ว่า โคแฟกเตอร์ ( $c_{of}$ ) ของสมาชิก  $a_{ij}$  ใน A

11. นิยาม : ให้ A เป็นเมทริกซ์ขนาด  $n \times n$  เมื่อ  $n = 2, 3, \dots$  เมทริกซ์ผกผันของ A คือ เมทริกซ์  $[C_{ij}(A)]^T$  เขียนแทนด้วย  $\text{adj}(A)$

### 2.5.2.5.2 พืชนิตของเมตริกซ์

#### 2.5.2.5.2.1 การเท่ากันของเมตริกซ์

นิยาม : ให้  $A = [a_{ij}]_{m \times n}$  และ  $B = [b_{ij}]$  เป็นเมตริกซ์ขนาด  $m \times n$  เมตริกซ์  $A = B$  ถ้า  $a_{ij} = b_{ij}$  สำหรับ  $i = 1, 2, \dots, m$  และ  $j = 1, 2, \dots, n$  (เมตริกซ์ที่เท่ากันต้องมีขนาดเดียวกัน)

#### 2.5.2.5.2.2 การบวกเมตริกซ์

นิยาม : ให้  $A = [a_{ij}]$  และ  $B = [b_{ij}]$  เป็นเมตริกซ์ขนาด  $m \times n$  ผลบวกของเมตริกซ์  $A$  และ  $B$  คือ  $A + B = [a_{ij} + b_{ij}]$  สำหรับ  $i = 1, 2, \dots, m$  และ  $j = 1, 2, \dots, n$  (เมตริกซ์ที่จะบวกกันได้ ต้องมีขนาดเดียวกัน)

#### 2.5.2.5.2.3 การคูณเมตริกซ์ด้วยสเกลาร์

นิยาม : ให้  $A = [a_{ij}]_{m \times n}$  เป็นเมตริกซ์ขนาด  $m \times n$  และ  $c$  เป็นสเกลาร์แล้ว  $cA = [ca_{ij}]_{m \times n}$  สำหรับ  $i = 1, 2, \dots, m$  และ  $j = 1, 2, \dots, n$

#### 2.5.2.5.2.4 การลบเมตริกซ์

จากคูณเมตริกซ์ด้วยสเกลาร์ ทำให้สามารถหาผลต่างของเมตริกซ์ได้ ถ้าแทนเมตริกซ์  $(-1)A$  ด้วย  $-A$  จะเรียก  $-A$  ว่า นิเสธ (negative) ของ  $A$  ซึ่งหมายถึง เมตริกซ์ที่นำไปบวกกับ  $A$  แล้วได้เมตริกซ์ศูนย์ โดยมีนิยาม : ให้  $A$  และ  $B$  เป็นเมตริกซ์ที่มีขนาดเดียวกัน  $A - B = A + (-B)$

#### 2.5.2.5.2.5 การคูณเมตริกซ์

นิยาม : ให้  $A$  เป็นเมตริกซ์ขนาด  $m \times n$  และ  $B$  เป็นเมตริกซ์ขนาด  $n \times p$  ผลคูณ  $AB$  คือ เมตริกซ์  $C = [c_{ij}]$  ที่มีขนาด  $m \times p$  เมื่อ  $c_{ij} = a_{i1}b_{1j} + a_{i2}b_{2j} + \dots + a_{in}b_{nj}$  (จะหาผลคูณ  $AB$  ได้ต่อเมื่อจำนวนหลักของเมตริกซ์ตัวตั้ง ( $A$ ) ต้องเท่ากับจำนวนแถวของเมตริกซ์ตัวคูณ ( $B$ ))

### 2.5.2.5.3 เมตริกซ์ผกผัน

การแก้ระบบสมการเชิงเส้นมีวิธีที่ใช้ทั่วไปคือ การใช้เมตริกซ์ผกผัน การใช้กฎของคราเมอร์ และการใช้เมตริกซ์แตงเดิม ในหัวข้อนี้จะศึกษาเฉพาะการใช้เมตริกซ์ผกผันและกฎของคราเมอร์ของเมตริกซ์

นิยาม : ให้ A และ B เป็นเมทริกซ์จัตุรัสขนาด  $n \times n$  ถ้า  $AB = BA = I$  เรียก B ว่า เมทริกซ์ผกผันของ A (หรืออินเวอร์สการคูณของ A) และเขียนแทนด้วย  $B = A^{-1}$  ดังนั้น  $AA^{-1} = A^{-1}A = I$  ( $A^{-1}$  อ่านว่า เออินเวอร์ส)

#### 2.5.2.5.3.1 นิยามของเมทริกซ์ผกผัน

ถ้าระบบสมการเชิงเส้นมีจำนวนสมการเท่ากับจำนวนตัวแปรแล้ว เมทริกซ์สัมประสิทธิ์ A ของระบบสมการจะเป็นเมทริกซ์จัตุรัส ดังนั้นอาจมี  $A^{-1}$  ในกรณีที่  $A^{-1}$  สามารถใช้  $A^{-1}$  ในการหาคำตอบของระบบสมการเชิงเส้นได้ เพราะว่า  $AA^{-1} = I_n$  และเนื่องจาก

$$AX = B \quad \text{หาค่า } X \text{ โดยนำค่า } A^{-1} \text{ มาคูณทั้งสองข้างสมการ ดังนั้น } X = A^{-1}B$$

การแปลงระบบสมการเชิงเส้นให้อยู่ในรูปสมการเมทริกซ์ ถ้ามี 2 สมการ 2 ตัวแปร ได้เป็น

$$a_1x + b_1y = d_1 \quad \dots\dots\dots 1$$

$$a_2x + b_2y = d_2 \quad \dots\dots\dots 2$$

โดยนำสัมประสิทธิ์ของ x และ y มาเรียงเป็นแถว 2 แถว เป็นเมทริกซ์ขนาด  $2 \times 2$  ได้เป็น

$$\begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}$$

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $AX = B$  โดยที่

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ และ } B = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}$$

เรียก A ว่า เมทริกซ์สัมประสิทธิ์ เรียก X ว่า เมทริกซ์ตัวแปร และเรียก B ว่า เมทริกซ์ค่าคงตัว

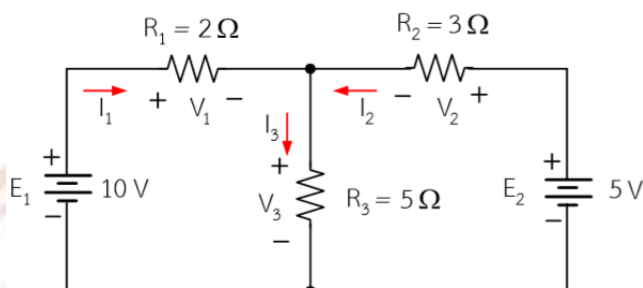
#### 2.5.2.5.4 กฎของคราเมอร์ของเมทริกซ์

สำหรับระบบสมการเชิงเส้นที่มีจำนวนสมการเท่ากับจำนวนตัวแปร การหาอินเวอร์สการคูณ ( $A^{-1}$ ) โดยใช้เมทริกซ์ผกผัน  $[adj(A)]$  อาจเสียเวลาในการคำนวณมาก กฎของคราเมอร์จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งในการหาคำตอบโดยอาศัยเพียงการคำนวณค่าของดีเทอร์มิแนนต์

#### 2.5.2.5.5 การประยุกต์ใช้เมทริกซ์เพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้า

การประยุกต์ใช้เมทริกซ์เพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้า ในหัวข้อนี้จะกล่าวเฉพาะการประยุกต์ใช้เมทริกซ์ผกผันและกฎของคราเมอร์ของเมทริกซ์ตามวิธีการที่กล่าวข้างต้น โดยศึกษาจากตัวอย่างต่อไปนี้

**ตัวอย่าง** เขียนสมการของกระแสโดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ ได้เป็น  $7I_1 + 5I_2 = 10$  และ  $5I_1 + 8I_2 = 5$  จงคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวโดยใช้เมทริกซ์ผกผันและกฎของคราเมอร์



**วิธีทำ** สมการกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจรโดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ ได้เป็น

$$7I_1 + 5I_2 = 10 \quad \text{..... (1)}$$

$$5I_1 + 8I_2 = 5 \quad \text{..... (2)}$$

ประยุกต์ใช้เมทริกซ์ผกผันเพื่อหาค่ากระแสแปลงระบบสมการเชิงเส้นให้อยู่ในรูปสมการเมทริกซ์ขนาด  $2 \times 2$  ในรูป  $AX = B$

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} 7 & 5 \\ 5 & 8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 10 \\ 5 \end{bmatrix} \\ \det(A) &= \begin{vmatrix} 7 & 5 \\ 5 & 8 \end{vmatrix} = (7)(8) - (5)(5) \\ &= 56 - 25 = 31 \\ A^{-1} &= \frac{1}{\det(A)} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{31} \begin{bmatrix} 8 & -5 \\ -5 & 7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{8}{31} & -\frac{5}{31} \\ -\frac{5}{31} & \frac{7}{31} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.258 & -0.16 \\ -0.16 & 0.226 \end{bmatrix}$$

และ  $X = A^{-1}B$  แทนค่าได้เป็น

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0.258 & -0.16 \\ -0.16 & 0.226 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 10 \\ 5 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (0.258)(10) + (-0.16)(5) \\ (-0.16)(10) + (0.226)(5) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 2.58 - 0.8 \\ -1.6 + 1.13 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.78 \\ -0.47 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

ได้  $I_1 = 1.78$ ,  $I_2 = -0.47$  และ

$$I_3 = I_1 + I_2 = 1.78 + (-0.47) = 1.31$$

นั่นคือ กระแสที่ไหลผ่าน  $R_1$  คือ  $I_1 = 1.78$  A

กระแสที่ไหลผ่าน  $R_2$  คือ  $I_2 = -0.47$  A

กระแสที่ไหลผ่าน  $R_3$  คือ  $I_3 = 1.31$  A

คำตอบ

**หมายเหตุ**

1.  $I_3 = I_1 + I_2$  เป็นผลจากกฎ กระแสของเคอร์ชอฟฟ์ว่า ที่จุดใด ๆ ผลรวมของ กระแสไหลเข้าเท่ากับผลรวมของกระแสไหลออก

2.  $I_2 = -0.47$  เครื่องหมายลบ หน้าตัวเลขเป็นการบอกทิศทางกระแสว่า ทิศทาง กระแสใน วงจรมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่ กำหนดไว้ตามหัวลูกศร

### 2.5.2.5.6 ประยุกต์ใช้กฎของคราเมอร์เพื่อหาค่ากระแส

แปลงระบบสมการเชิงเส้นให้อยู่ในรูปสมการเมทริกซ์ขนาด  $2 \times 2$  ใน

รูป  $AX = B$

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} 7 & 5 \\ 5 & 8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 10 \\ 5 \end{bmatrix} \\ \det(A) &= \begin{vmatrix} 7 & 5 \\ 5 & 8 \end{vmatrix} = (7)(8) - (5)(5) \\ &= 56 - 25 = 31 \\ I_1 &= \frac{\det \begin{bmatrix} d_1 & b_1 \\ d_2 & b_2 \end{bmatrix}}{\det(A)} \\ &= \frac{\det \begin{bmatrix} 10 & 5 \\ 5 & 8 \end{bmatrix}}{31} = \frac{10 \cdot 8 - 5 \cdot 5}{31} \\ &= \frac{55}{31} = 1.77 \\ I_2 &= \frac{\det \begin{bmatrix} a_1 & d_1 \\ a_2 & d_2 \end{bmatrix}}{\det(A)} \\ &= \frac{\det \begin{bmatrix} 7 & 10 \\ 5 & 5 \end{bmatrix}}{31} = \frac{7 \cdot 5 - 10 \cdot 5}{31} \\ &= \frac{-15}{31} = -0.48 \\ I_3 &= I_1 + I_2 = 1.77 + (-0.48) = 1.29 \end{aligned}$$

นั่นคือ กระแสที่ไหลผ่าน  $R_1$  คือ  $I_1 = 1.77$  A  
กระแสที่ไหลผ่าน  $R_2$  คือ  $I_2 = -0.48$  A  
กระแสที่ไหลผ่าน  $R_3$  คือ  $I_3 = 1.29$  A

คำตอบ

### หมายเหตุ

ในทางไฟฟ้าผลการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยอันเนื่องมาจากการปัดเศษทศนิยม ซึ่งถือได้ว่า ผลการคำนวณมีค่าเท่ากัน และสามารถตรวจสอบคำตอบ เช่นจากสมการที่ (1) คือ  $7I_1 + 5I_2 = 10$  โดยการแทนค่า ได้เป็น

$$(7)(1.77) + (5)(-0.48) = 10$$

$$12.39 - 2.4 = 9.99 \cong 10 \pi$$

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กุลศรี (2567: บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 20105-2101 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค TAI 2) หาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ 70/70 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนโดยใช้ชุดการเรียนรู้ และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2

แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคยะลา ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาคณิตศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 16 คน เลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) ชุดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 8 หน่วยการเรียนรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้ แบบฝึกทักษะ แบบทดสอบประจำหน่วย 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test แบบ Dependent Samples ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TAI มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2=71.31/70.13$  ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด  $E_1/E_2=70/70$  2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนรู้ในระดับมาก ( $\bar{x}=4.46$ , S.D.=0.47)

ประกาศนียบัตร (2564: บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาชุดการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยชุดการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคามที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 37 คน ซึ่งผู้วิจัยสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ชุดการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) แบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ 75.98/77.43 2) นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 4) ความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x}=4.66$ , S.D.=0.61)

สุรารัตน์ (2564: บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ การพัฒนาสื่อการเรียนการสอน เพื่อแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้นด้วย

โปรแกรม Thunkable ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรณพวิทยพัฒน์วิชาการ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน หลังจากได้รับการเรียนด้วยบทเรียนบนระบบปฏิบัติการบนมือถือที่พัฒนาขึ้น และศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนระบบปฏิบัติการบนมือถือ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ประชากรและกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรณพวิทยพัฒน์วิชาการ ปีการศึกษา 2564 จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยบทเรียนบนระบบปฏิบัติการบนมือถือ แบบทดสอบ สถิติที่ใช้ในงานวิจัยผลการวิจัยมีดังนี้ หาความก้าวหน้า ของนักศึกษาที่ใช้ชุดการเรียนบทเรียนบนระบบปฏิบัติการบนมือถือ วิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้นด้วยโปรแกรม Thunkable ระหว่างคะแนนบททดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน หน่วยที่ 1 พบว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 แสดงว่าเมื่อนักศึกษาได้ใช้สื่อการเรียนการสอน วิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้นด้วยโปรแกรม Thunkable นี้แล้วจะมีความรู้เพิ่มขึ้น

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยเริ่มต้นการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าเพื่อกำหนดหัวข้อบทเรียน เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและพัฒนาชุดการสอนประกอบไปด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ ใบเนื้อหา ใบปฏิบัติงาน ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า และแบบทดสอบ จากนั้นหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน เก็บรวบรวมข้อมูล โดยรายละเอียดของการทำวิจัยมีดังนี้

- 3.1 การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา
- 3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 วิธีการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ผลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

#### 3.1 การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

การพัฒนาชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. ผู้วิจัยมีวิธีการและขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาในการดำเนินการวิจัยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษาวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2120 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) เมื่อพิจารณารายละเอียดของคำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าดังกล่าวมาแล้ว สามารถกำหนดหัวข้อการสอนได้ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 หัวข้อการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

| หน่วยการเรียนรู้ที่ | ชื่อหน่วย                                                                                             | สัปดาห์ที่ | จำนวนชั่วโมง |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|
| 1                   | คณิตศาสตร์พื้นฐานช่างไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า<br>1. คณิตศาสตร์พื้นฐานช่างไฟฟ้า<br>2. วงจรไฟฟ้าและสูตรพื้นฐาน | 1-2        | 4            |
| 2                   | เวกเตอร์<br>1. ความหมายของเวกเตอร์<br>2. เวกเตอร์ในระนาบ<br>3. พิกัดของเวกเตอร์<br>4. เฟสเซอร์        | 3-4        | 4            |

| หน่วยการเรียนรู้ | ชื่อหน่วย                                                                                                                                                                                                                 | สัปดาห์ที่ | จำนวน ชั่วโมง |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------|
|                  | 5. การประยุกต์ใช้เวกเตอร์เพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้า                                                                                                                                                                         |            |               |
| 3                | เมตริกซ์<br>1. ความหมายและนิยามของเมตริกซ์<br>2. พีชคณิตของเมตริกซ์<br>3. เมตริกซ์ผกผัน<br>4. กฎของคราเมอร์ของเมตริกซ์<br>5. การประยุกต์ใช้เมตริกซ์เพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้า<br>6. ประยุกต์ใช้กฎของคราเมอร์เพื่อหาค่ากระแส | 5-6        | 4             |
| 4                | ดีเทอร์มิแนนต์<br>1. ความหมายและนิยามของดีเทอร์มิแนนต์<br>2. การหาค่าดีเทอร์มิแนนต์โดยการกระจายโคแฟกเตอร์<br>3. สมบัติของดีเทอร์มิแนนต์<br>4. กฎของคราเมอร์<br>5. การประยุกต์ใช้ดีเทอร์มิแนนต์เพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้า    | 7-8        | 4             |
| 5                | เรขาคณิตวิเคราะห์<br>1. ความหมายของเรขาคณิตวิเคราะห์<br>2. ระนาบพิกัดฉาก<br>3. จุดและส่วนของเส้นตรง<br>4. วงกลมและพาราโบลา<br>5. การประยุกต์ใช้เรขาคณิตวิเคราะห์เพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้า                                  | 9-11       | 6             |
| 6                | อนุพันธ์ของฟังก์ชัน<br>1. ความหมายของอนุพันธ์ของฟังก์ชัน<br>2. อนุพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต<br>3. อนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ                                                                                             | 12-14      | 6             |

| หน่วยการเรียนรู้ | ชื่อหน่วย                                                                                                                                      | สัปดาห์ที่ | จำนวน ชั่วโมง |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------|
|                  | 4. การประยุกต์ใช้อนุพันธ์เพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้า                                                                                              |            |               |
| 7                | ปริพันธ์ของฟังก์ชัน<br>1. ความหมายที่เกี่ยวข้องกับปริพันธ์<br>2. การหาปริพันธ์ไม่จำกัดเขต<br>3. การประยุกต์ใช้ปริพันธ์เพื่อหาค่าปริมาณทางไฟฟ้า | 15-17      | 6             |
| สอบปลายภาค       |                                                                                                                                                | 18         | 2             |
| รวม              |                                                                                                                                                |            | 36            |

### 3.1.2 วิเคราะห์เนื้อหา / หัวข้อเรื่อง

ผู้วิจัยได้เรียบเรียงเนื้อหาและหัวข้อเรื่อง โดยอาศัยข้อมูลจากแหล่งต่างๆ คือ หลักสูตรรายวิชา เอกสารและตำรา

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการแบ่งหัวข้อเรื่องที่ไดจากการวิเคราะห์เนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องคณิตศาสตร์พื้นฐานช่วงไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า จากตารางที่ 3-1 โดยผู้วิจัยได้เลือกออกมา 1 หัวข้อย่อยการเรียนรู้ดังนี้

#### 1. วงจรไฟฟ้าและสูตรพื้นฐาน

- 1.1 วงจรอนุกรม (Series Circuit)
- 1.2 วงจรขนาน (Parallel Circuit)
- 1.3 วงจรผสม (Combination Circuit)

และหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องเมตริกซ์ ได้เลือกออกมา 1 หัวข้อย่อยการเรียนรู้ดังนี้

#### 1. กฎของคราเมอร์

- 1.1 วงจรตามกฎเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Law)

### 3.1.3 ประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง

โดยกำหนดรายละเอียดของหัวข้อเนื้อหาในแต่ละหัวข้อเรื่อง และประเมินขอบเขตพฤติกรรมการณ์เรียนระดับความสำคัญของเนื้อหา โดยกำหนดความสำคัญของหัวเรื่องเป็น XIO

โดย X แทนความสำคัญ มาก

I แทนความสำคัญ ปานกลาง

O แทนความสำคัญ น้อยลง

ในตารางประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง ผลการประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง ปรากฏว่าในทุกหัวข้อเรื่องเป็นการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียนด้วย

#### 3.1.4 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

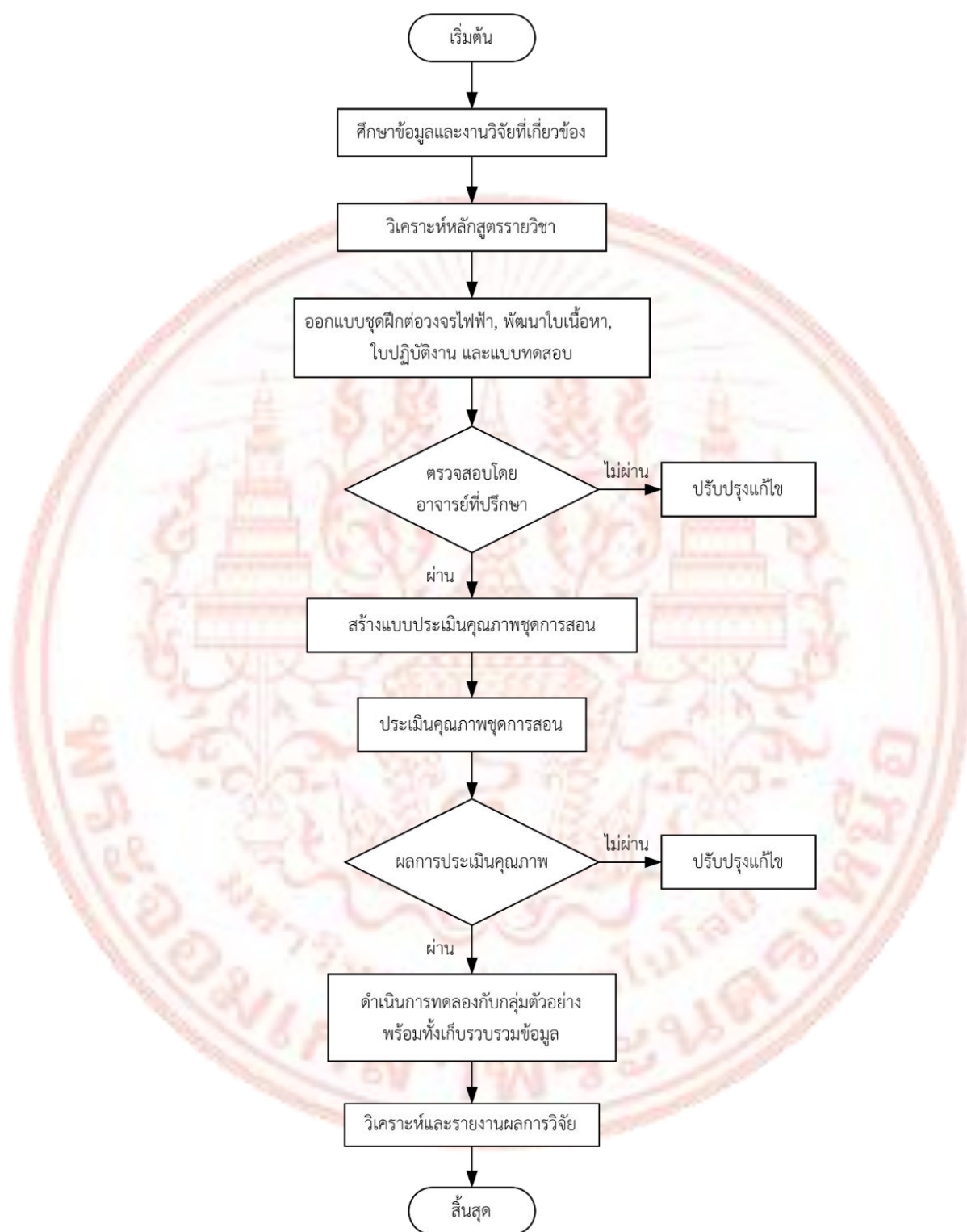
เพื่อระบุถึงพฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงหลังจากผ่านการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ นั้น ๆ ทำการประเมินความสำคัญ XIO ตามระดับความรู้ 3 ระดับ คือ พื้นต้นความรู้ (R) การประยุกต์ความรู้ (A) และการส่งถ่ายความรู้ (T)

3.1.5 อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและพิจารณาความเหมาะสม จากนั้นนำผลมาสรุปและทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3.1.6 นำหลักสูตรรายวิชาที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว ไปสร้างเป็นชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า

### 3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. ไตแก แผนการจัดการเรียนรู้ ใบเนื้อหา ใบปฏิบัติงาน ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า แบบทดสอบหลังเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แสดงแผนผังดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

### 3.2.1 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

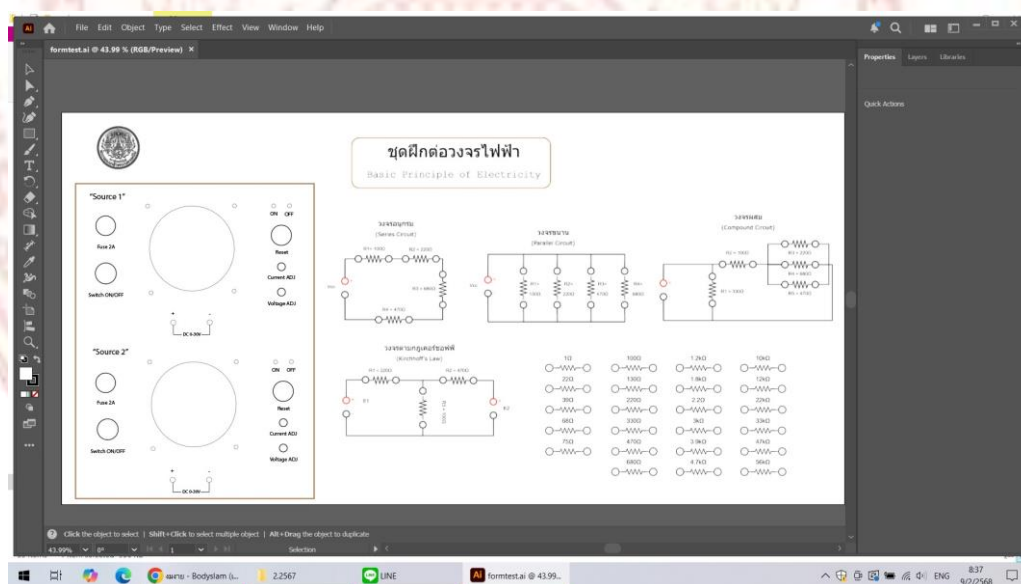
การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเป็นแนวปฏิบัติภายในแผนการจัดการเรียนรู้ ชี้แจงวิธีการใช้ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอน แผนการจัดการเรียนรู้ ใบเนื้อหา ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า ใบปฏิบัติงาน และแบบทดสอบ

### 3.2.2 การพัฒนาใบเนื้อหา

การพัฒนาใบเนื้อหา สามารถทำได้โดยการศึกษารวบรวมข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัย สื่ออินเทอร์เน็ต และผู้ที่มีประสบการณ์การสอนทางด้านคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ในหัวข้อเรื่องวงจรอนุกรม วงจรขนาน วงจรผสม และวงจรตามกฎเคอร์ชอฟฟ์ มีการจัดเรียงลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาตามหัวข้อที่ได้ทำการวิเคราะห์ แลสรุปรวบรวมสาระสำคัญในหัวข้อนั้น ๆ เพื่อให้ได้ใบเนื้อหาที่มีคุณภาพ ตรงตามวัตถุประสงค์ของหน่วยการเรียนรู้และมีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน

### 3.2.3 การออกแบบชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า

การออกแบบชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า จะพิจารณาจากหัวข้อเรื่องต่าง ๆ แล้วออกแบบให้มีความสวยงามและชัดเจน เพื่อให้การเรียนรู้ง่ายขึ้น เหมาะสมกับผู้เรียน อีกทั้งยังออกแบบวงจรอิสระ เพื่อให้ผู้เรียนได้คิดประยุกต์วงจรได้ด้วยตนเอง ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 การออกแบบชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า

### 3.2.4 การประกอบโครงสร้างและติดตั้งอุปกรณ์

การประกอบโครงสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า มีขั้นตอนดังนี้

#### 3.2.4.1 ทำการตัดกล่องอะคริลิกและเจาะรูตามการออกแบบ ดังภาพที่ 3-3



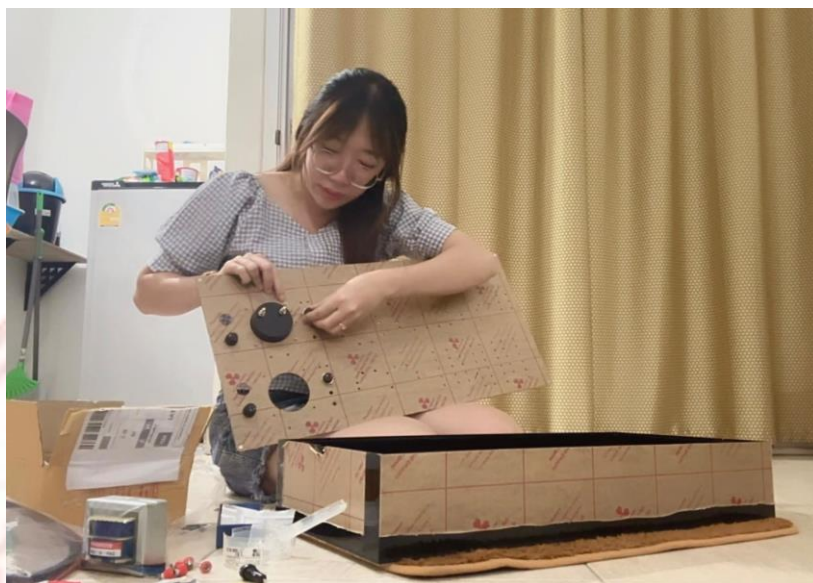
ภาพที่ 3-3 ตัดกล่องอะคริลิกและเจาะรูตามการออกแบบ

#### 3.2.4.2 เตรียมวัสดุอุปกรณ์พร้อมใส่ประกอบ ดังภาพที่ 3-4



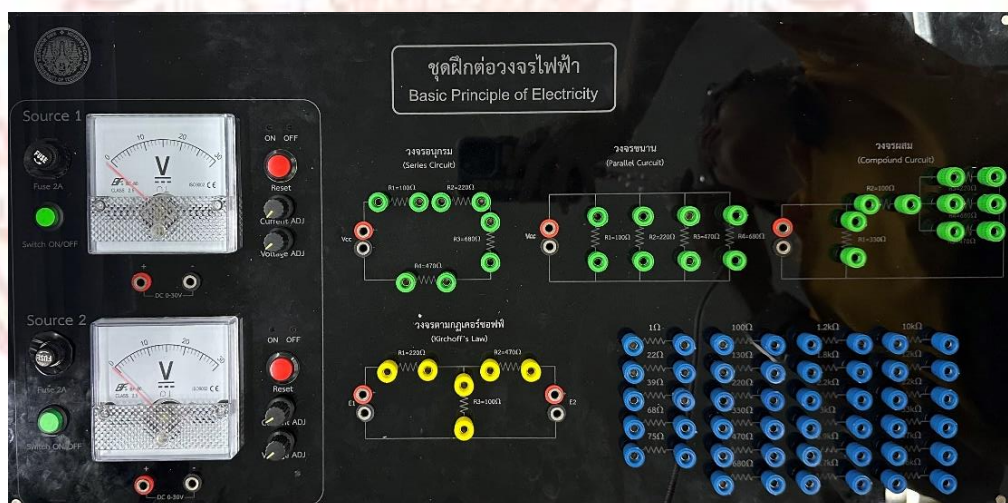
ภาพที่ 3-4 วัสดุอุปกรณ์ของชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า

### 3.2.4.3 ประกอบใส่วัสดุอุปกรณ์ ดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 ประกอบใส่วัสดุอุปกรณ์

### 3.2.4.4 จนได้ผลลัพธ์ของชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. ดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า

### 3.2.5 การพัฒนาใบปฏิบัติงาน

ผู้วิจัยได้สร้างใบปฏิบัติงานตามหัวข้อเรื่องต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม อีกทั้งเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและลงมือปฏิบัติ ในการเพิ่มทักษะมากขึ้น และได้เล็งเห็นถึงความสัมพันธ์ของวงจรไฟฟ้า กฎของโอห์ม กฎของเคอร์ชอฟฟ์ กฎการแบ่งกระแสและแรงดันมากขึ้น

### 3.2.6 การพัฒนาแบบทดสอบ

ผู้วิจัยจะแบ่งแบบทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของแบบทดสอบหลังเรียน และแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

#### 3.2.6.1 แบบทดสอบหลังหน่วยการเรียนรู้

หลังจากทำการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละหน่วยการเรียนรู้แล้ว จึงสร้างแบบทดสอบหลังหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ทั้งหมด 30 ข้อ และหน่วยที่ 3 ทั้งหมด 10 ข้อ ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นำให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องทำการปรับปรุงตามคำแนะนำ และให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้แบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

#### 3.2.6.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบหลังหน่วยการเรียนรู้ จำนวน 30 ข้อ และ 10 ข้อ จากข้างต้น เป็นทั้งหมด 40 ข้อ โดยผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วมาทำการปรับลำดับตำแหน่งตัวเลือก เพื่อให้ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หลังจากนั้น ได้นำให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินพิจารณาความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพ

3.2.7 การสร้างแบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และแบบทดสอบแบบประเมินคุณภาพสื่อการสอนและแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

#### 3.2.7.1 แบบประเมินความสอดคล้อง (IOC)

ผู้เชี่ยวชาญจะประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และแบบทดสอบโดยมีความระดับการพิจารณา ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

-1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบทดสอบไม่ได้วัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

โดยเกณฑ์การหาค่า IOC ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 – 1.00 คัดเลือกไว้ใช้ได้ และข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือปรับแก้ข้อคำถาม

#### 3.2.7.2 แบบประเมินคุณภาพชุดการสอน

ทำการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดการเรียนการสอน โดยถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. ทั้งหมด 3 ตอน ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน และตอนที่ 3 ขอเสนอแนะในการปรับปรุง แบบประเมินมีทั้งหมด 4 ดาน ได้แก่ ดานเนื้อหา ดานแบบ

ทดสอบ ด้านใบปฏิบัติงาน ด้านชุดสื่อการสอน โดยผู้วิจัยได้ประเมินคุณภาพชุดการเรียนการสอน ซึ่งลักษณะของแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ

โดยกำหนดค่าความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนและความหมาย ดังนี้

|         |         |            |
|---------|---------|------------|
| ระดับ 5 | หมายถึง | มากที่สุด  |
| ระดับ 4 | หมายถึง | มาก        |
| ระดับ 3 | หมายถึง | ปานกลาง    |
| ระดับ 2 | หมายถึง | น้อย       |
| ระดับ 1 | หมายถึง | น้อยที่สุด |

สำหรับการให้ความหมายของค่าที่วัดได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมาย โดยใช้แนวคิดของ (ธานินทร์, 2557) ซึ่งการให้ความหมายของค่าเฉลี่ยเป็นช่วงคะแนนและเป็นรายชื่อ ดังนี้

|                                |         |            |
|--------------------------------|---------|------------|
| คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.50 – 5.00 | หมายถึง | มากที่สุด  |
| คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.50 – 4.49 | หมายถึง | มาก        |
| คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.50 – 3.49 | หมายถึง | ปานกลาง    |
| คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.50 – 2.49 | หมายถึง | น้อย       |
| คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.49 | หมายถึง | น้อยที่สุด |

### 3.2.7.3 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดการสอน

ทำการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจขึ้น โดยถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. มีทั้งหมด 4 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหา ด้านแบบทดสอบ ด้านใบปฏิบัติงาน ด้านชุดสื่อการสอน นำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาในการตรวจสอบเพื่อพิจารณาความเหมาะสมของแบบสอบถามและปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้พร้อมต่อการเก็บข้อมูล

สำหรับการแบ่งระดับของความพึงพอใจของผู้เรียน มีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (อ้างถึงใน จริพรธณ, 2545) โดยกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

|         |         |                          |
|---------|---------|--------------------------|
| ระดับ 5 | หมายถึง | มีความพึงพอใจ มากที่สุด  |
| ระดับ 4 | หมายถึง | มีความพึงพอใจ มาก        |
| ระดับ 3 | หมายถึง | มีความพึงพอใจ ปานกลาง    |
| ระดับ 2 | หมายถึง | มีความพึงพอใจ น้อย       |
| ระดับ 1 | หมายถึง | มีความพึงพอใจ น้อยที่สุด |

สำหรับการแปลความหมายของค่าที่วัดได้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมาย โดยการใช้ค่าเฉลี่ยเป็นรายช่วงและรายข้อ ดังนี้

|             |                                              |
|-------------|----------------------------------------------|
| 4.50 – 5.00 | หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมากที่สุด   |
| 3.50 – 4.49 | หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมาก         |
| 2.50 – 3.49 | หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับปานกลาง     |
| 1.50 – 2.49 | หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับพอใช้       |
| 1.00 – 1.49 | หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับควรปรับปรุง |

### 3.3 วิธีการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ด้วยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ซึ่งเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 กลุ่ม 3 วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567

3.3.2 ผู้วิจัยดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

3.3.3 ผู้เรียนเรียนด้วยชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ในช่วงสัปดาห์ที่ 16-17 ของการเรียน

3.3.4 ให้ผู้เรียนทำใบปฏิบัติงานควบคู่ไปกับไปชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า การทำแบบทดสอบหลังหน่วยการเรียนรู้ และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า

3.3.5 นำข้อมูลจากแบบสอบถามที่ได้มาวิเคราะห์หาความพึงพอใจของผู้เรียน ด้วยวิธีการทางสถิติวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.6 นำคะแนนจากการทำใบปฏิบัติงาน แบบทดสอบก่อน-หลังหน่วยการเรียนรู้ และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ มาหาประสิทธิภาพของชุดการสอนโดยใช้คะแนนที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาอภิปรายผลและสรุปผลการวิจัย

### 3.4 การวิเคราะห์ผลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.4.1 การหาค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและข้อสอบโดยใช้สูตรการหาค่า IOC ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3-1)$$

โดย IOC หมายถึง ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และแบบทดสอบ

$\sum R$  หมายถึง ผลรวมของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

$N$  หมายถึง จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

มีเกณฑ์การหาค่า IOC ดังนี้

1. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 – 1.00 คัดเลือกไว้ใช้ได้
2. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือปรับแก้ข้อคำถาม

#### 3.4.2 การหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (3-2)$$

เมื่อ  $\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

$\sum X$  แทน ผลรวมคะแนนทั้งหมด

$N$  แทน จำนวนข้อมูล

#### 3.4.3 คาสวนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3-3)$$

โดยที่ S. D. คือ คาสวนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$X$  คือ จำนวนของข้อมูล

$\bar{X}$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

$n$  คือ จำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง

#### 3.4.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดการสอน

ชัยยงค์ (2556 : 10) กล่าวว่า การคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตร ดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N} \times 100}{A} \quad (3-4)$$

โดย  $E_1$  คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดการสอนคิดเป็นร้อยละจากการทำใบปฏิบัติงาน และแบบทดสอบหลังเรียน

$\Sigma X$  คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังหน่วยการเรียนรู้

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังหน่วยการเรียนรู้

N คือ จำนวนผู้เรียน

$$E_2 = \frac{\frac{\Sigma F}{N} \times 100}{B} \quad (3-5)$$

โดย  $E_2$  คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่จัดไว้ในชุดการสอนคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$\Sigma F$  คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน



## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

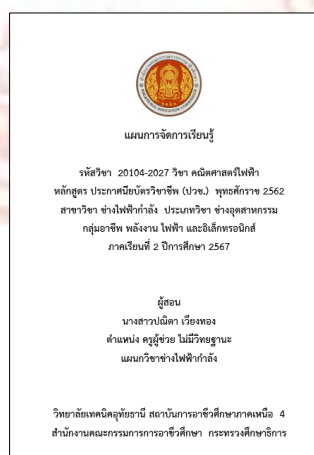
การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและสร้างชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า 2) เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะด้านการปฏิบัติในการต่อวงจรไฟฟ้าผ่านชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้าพื้นฐาน 3) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) โดยได้วิเคราะห์ข้อมูลการนำเสนอผลการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

- 4.1 ผลการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 4.2 การวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 4.3 ผลการประเมินคุณภาพสื่อจากผู้เชี่ยวชาญ
- 4.4 ผลการทดสอบคะแนนระหว่างเรียน
- 4.5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดการสอน

#### 4.1 ผลการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. มีผลการดำเนินงานดังต่อไปนี้

4.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย กิจกรรมการเรียนการสอน ใบเนื้อหา ใบปฏิบัติงาน แบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 40 ข้อ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 แผนการจัดการเรียนรู้

#### 4.1.2 การประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง

การประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่องโดยกำหนดรายละเอียดของหัวข้อเนื้อหาในแต่ละหัวข้อเรื่องและประเมินขอบเขตพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับความสำคัญของเนื้อหาโดยกำหนดความสำคัญของหัวเรื่องเป็น XIO โดย X แทนความสำคัญมาก I แทนความสำคัญปานกลาง O แทนความสำคัญน้อย มีผลการประเมินดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 การประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง

| ลำดับ | รายการ                                      | 1 | 2 | 3 |
|-------|---------------------------------------------|---|---|---|
| 1     | วงจรอนุกรม (Series Circuit)                 | X | X | I |
| 2     | วงจรขนาน (Parallel Circuit)                 | X | X | I |
| 3     | วงจรผสม (Combination Circuit)               | X | X | I |
| 4     | วงจรไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์<br>(Kirchhoff's Law) | X | X | I |

หมายเหตุ :

ระดับความสำคัญ

1 = ดานส่งเสริมความรู้ในการแก้ไขปัญหาในการเรียน

X = มาก

2 = ดานส่งเสริมทักษะการทำงานใหญ่ถูกต้อง

I = ปานกลาง

3 = ดานส่งเสริมผู้เรียนมีเจตคติที่ดี

O = น้อย

ผลการประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่องพบว่าในทุกหัวเรื่องเป็นการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน

#### 4.1.3 การประเมินความสำคัญและรายละเอียดเนื้อหา

การประเมินความสำคัญและรายละเอียดเนื้อหาจะกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อระบุถึงพฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงหลังจากผ่านการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ต่างๆ โดยใช้คำกริยาที่บ่งบอกถึงลักษณะพฤติกรรมที่สามารถวัดพฤติกรรมนั้น แล้วทำการประเมินความสำคัญ XIO ตามระดับความรู้ 3 ระดับ คือ พื้นฐานความรู้ (R) การประยุกต์ความรู้ (A) และการส่งถ่ายความรู้ (T) ผลการประเมินความสำคัญและรายละเอียดเนื้อหาดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความสำคัญและรายละเอียดเนื้อหา

| วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                          | LS | ความสำคัญ | ระดับคะแนน | จำนวนข้อสอบ |
|---------------------------------------------------|----|-----------|------------|-------------|
| หน่วยที่ 1 คณิตศาสตร์พื้นฐานช่างไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า |    |           |            |             |
| 1. อธิบายความรู้พื้นฐานของวงจรไฟฟ้าได้            | R  | X         | 3          | 4           |
| 2. บอกการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม ขนาน และผสมได้    | R  | I         | 3          | 2           |







| วัตถุ<br>ประสงค์<br>ข้อที่ | แบบ<br>ทดสอบ<br>ข้อที่ | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่) |    |    |    |    |    |    |    |    |    | $\Sigma R$ | IOC  |
|----------------------------|------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|------|
|                            |                        | 1                                  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |            |      |
| 4.1                        | 31                     | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 10         | 1.00 |
| 4.2                        | 32                     | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 9          | 0.90 |
|                            | 33                     | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 10         | 1.00 |
|                            | 34                     | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 10         | 1.00 |
|                            | 35                     | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 10         | 1.00 |
| 4.3                        | 36                     | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 10         | 1.00 |
|                            | 37                     | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 10         | 1.00 |
| 4.4                        | 38                     | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 10         | 1.00 |
| 4.5                        | 39                     | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 10         | 1.00 |
|                            | 40                     | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 10         | 1.00 |
| รวม                        |                        | 40                                 | 39 | 39 | 40 | 40 | 39 | 40 | 39 | 40 | 38 | 394        | 39.4 |
| ค่าเฉลี่ย                  |                        |                                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            | 0.98 |

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 10 ท่าน ที่ประเมินแบบทดสอบทั้งหมด จำนวน 40 ข้อ พบว่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง 0.80 - 1.00 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.98 สรุปได้ว่าแบบทดสอบสามารถเป็นตัวแทนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมได้

#### 4.3 ผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้นำชุดสื่อประกอบการเรียนการสอน วิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. ที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 ท่าน มีทั้งหมด 4 ด้าน มีผลการประเมินแสดงได้ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดสื่อประกอบการเรียนการสอน

| ข้อที่      | หัวข้อความคิดเห็น                  | ระดับความคิดเห็น |      |           |
|-------------|------------------------------------|------------------|------|-----------|
|             |                                    | $\bar{x}$        | S.D. | แปลผล     |
| ด้านเนื้อหา |                                    |                  |      |           |
| 1           | เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์     | 4.90             | 0.32 | มากที่สุด |
| 2           | การจัดเรียงลำดับเนื้อหาอย่างชัดเจน | 4.80             | 0.42 | มากที่สุด |

| ข้อที่            | หัวข้อความคิดเห็น                                            | ระดับความคิดเห็น |      |           |
|-------------------|--------------------------------------------------------------|------------------|------|-----------|
|                   |                                                              | $\bar{x}$        | S.D. | แปลผล     |
| 3                 | ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับเนื้อหา                             | 4.70             | 0.48 | มากที่สุด |
| 4                 | เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับผู้เรียน                  | 4.60             | 0.52 | มากที่สุด |
| 5                 | เนื้อหามีความถูกต้อง รายละเอียดมีความน่าสนใจและปริมาณเหมาะสม | 4.70             | 0.48 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย         |                                                              | 4.74             | 0.44 | มากที่สุด |
| ด้านแบบทดสอบ      |                                                              |                  |      |           |
| 1                 | คำถามตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                          | 4.50             | 0.71 | มากที่สุด |
| 2                 | จำนวนข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม               | 4.40             | 0.70 | มาก       |
| 3                 | คำถามและคำตอบมีความชัดเจน                                    | 4.30             | 0.48 | มาก       |
| 4                 | คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือและมีตัวลวงที่ดี                      | 4.50             | 0.53 | มากที่สุด |
| 5                 | คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม                                    | 4.60             | 0.52 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย         |                                                              | 4.46             | 0.57 | มาก       |
| ด้านใบปฏิบัติงาน  |                                                              |                  |      |           |
| 1                 | การทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                  | 4.80             | 0.42 | มากที่สุด |
| 2                 | ขั้นตอนการปฏิบัติงานมีความชัดเจน                             | 4.80             | 0.42 | มากที่สุด |
| 3                 | ปริมาณของวงจรเหมาะสม                                         | 4.50             | 0.53 | มากที่สุด |
| 4                 | การบันทึกผลการทดลอง                                          | 4.50             | 0.53 | มากที่สุด |
| 5                 | สรุปผลการทดลอง                                               | 4.40             | 0.52 | มาก       |
| ค่าเฉลี่ย         |                                                              | 4.60             | 0.49 | มากที่สุด |
| ด้านชุดสื่อการสอน |                                                              |                  |      |           |
| 1                 | ชุดสื่อการสอนเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม              | 4.60             | 0.52 | มากที่สุด |
| 2                 | ชุดสื่อการสอนมีความสวยงาม                                    | 4.40             | 0.48 | มาก       |
| 3                 | ชุดสื่อการสอนมีรายละเอียดชัดเจนและน่าสนใจ                    | 4.50             | 0.52 | มากที่สุด |
| 4                 | ชุดสื่อการสอนมีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน                   | 4.80             | 0.42 | มากที่สุด |
| 5                 | ชุดสื่อการสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาสูงขึ้น         | 4.70             | 0.48 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย         |                                                              | 4.60             | 0.49 | มากที่สุด |

| ข้อที่ | หัวข้อความคิดเห็น  | ระดับความคิดเห็น |      |           |
|--------|--------------------|------------------|------|-----------|
|        |                    | $\bar{x}$        | S.D. | แปลผล     |
|        | คาเฉลี่ยรวมทั้งหมด | 4.60             | 0.51 | มากที่สุด |

จากตารางที่ 4-4 ผลการประเมิน พบว่า มีความคิดเห็นต่อชุดสื่อประกอบการเรียนการสอน วิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. คาเฉลี่ยรวมทั้งหมดเท่ากับ 4.60 อยู่ในระดับมากที่สุด ในด้าน เนื้อหามีคาเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 4.74 รองลงมาคืออยู่ในระดับมากที่สุด ด้านใบปฏิบัติงานและด้าน ชุดสื่อการสอนมีคาเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และ 4.60 ตามลำดับ ลำดับสุดท้ายคือด้านแบบทดสอบ มีคาเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 อยู่ในระดับมาก ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นและขอเสนอแนะว่าควรปรับปรุงแก้ไขในเรื่องของการเรียงลำดับแบบทดสอบให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ให้ระวังในการใช้คำผิดปรับปรุงด้านเนื้อหาให้เชื่อมโยงกับตัวอย่างการใช้งานจริง เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น ควรเพิ่มสมการวิธีการตั้งสมการ และตัวอย่างในทุกหัวข้อเรื่องให้ครบถ้วนสมบูรณ์ ตรวจสอบความสอดคล้องของจำนวนข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เพิ่มคำอธิบายหรือเฉลยแนวคิดในบางข้อที่อาจทำให้ผู้เรียนสับสน และควรเพิ่มรายละเอียดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลการทดลองให้ชัดเจนขึ้น

#### 4.4 ผลการทดสอบคะแนนระหว่างเรียน

เมื่อนำชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน และให้ผู้เรียนทำใบปฏิบัติงาน 4 ชุด แบบทดสอบหลังเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอนมีดังนี้



ภาพที่ 4-3 การสอนโดยใช้เครื่องมือ

4.2.1 ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนคิดจากคะแนนใบปฏิบัติงานและผลการทดสอบก่อน-หลังเรียน แสดงได้ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม)

| รายการ            | จำนวน<br>ผู้เรียน | คะแนน<br>เต็ม | ผลรวม<br>คะแนน | ค่าเฉลี่ย | ร้อยละ |
|-------------------|-------------------|---------------|----------------|-----------|--------|
| แบบทดสอบก่อนเรียน | 10                | 40            | 126            | 12.6      | 31.4   |
| แบบทดสอบหลังเรียน | 10                | 40            | 314            | 31.4      | 78.5   |

จากตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนจากแบบทดสอบ พบว่าคะแนนก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 12.6 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 31.4 และคะแนนการทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ย 31.4 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 78.5

ตารางที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนกลุ่มที่ 2 (กลุ่มทดลอง)

| รายการ            | จำนวน<br>ผู้เรียน | คะแนน<br>เต็ม | ผลรวม<br>คะแนน | ค่าเฉลี่ย | ร้อยละ |
|-------------------|-------------------|---------------|----------------|-----------|--------|
| แบบทดสอบก่อนเรียน | 10                | 40            | 122            | 12.2      | 30.4   |
| แบบทดสอบหลังเรียน | 10                | 40            | 304            | 30.4      | 76     |

จากตารางที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนจากแบบทดสอบ พบว่าคะแนนก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 12.2 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 30.4 และคะแนนการทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ย 30.4 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 76

ตารางที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม)

| รายการ             | จำนวน<br>ผู้เรียน | คะแนน<br>เต็ม | ผลรวม<br>คะแนน | ค่าเฉลี่ย | ร้อยละ |
|--------------------|-------------------|---------------|----------------|-----------|--------|
| ใบปฏิบัติงาน 4 ชุด | 10                | 20            | 128            | 12.8      | 64     |

จากตารางที่ 4-7 ผลการทดสอบคะแนนจากใบปฏิบัติงาน พบว่ามีผลรวม 128 คะแนน ค่าเฉลี่ย 12.8 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 64

ตารางที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนกลุ่มที่ 2 (กลุ่มทดลอง)

| รายการ             | จำนวน<br>ผู้เรียน | คะแนน<br>เต็ม | ผลรวม<br>คะแนน | ค่าเฉลี่ย | ร้อยละ |
|--------------------|-------------------|---------------|----------------|-----------|--------|
| ใบปฏิบัติงาน 4 ชุด | 10                | 20            | 181            | 18.1      | 90.5   |

จากตารางที่ 4-8 ผลการทดสอบคะแนนจากใบปฏิบัติงาน พบว่ามีผลรวม 181 คะแนน ค่าเฉลี่ย 18.1 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 90.5

#### 4.2.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงได้ดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

| รายการ                | จำนวนผู้เรียน | คะแนนเต็ม | ค่าเฉลี่ย | ร้อยละ |
|-----------------------|---------------|-----------|-----------|--------|
| แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ | 20            | 40        | 31.1      | 77.75  |

จากตารางที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน คะแนนเต็ม 40 คะแนน พบว่าผลรวมคะแนนจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเฉลี่ย 31.1 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 77.75 ( $E_2=77.75$ )

#### 4.2.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน

ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอนแบ่งเป็นคะแนนระหว่างเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แสดงได้ดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน

| รายการ                | จำนวนผู้เรียน | คะแนนเต็ม | ค่าเฉลี่ย | ร้อยละ |
|-----------------------|---------------|-----------|-----------|--------|
| คะแนนระหว่างเรียน     | 20            | 60        | 23.25     | 77.33  |
| แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ | 20            | 40        | 31.1      | 77.75  |

จากตารางที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชา คณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน พบว่าผลรวมคะแนนระหว่างเรียน มีค่าเฉลี่ยรวม 23.25 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 77.33 และผลรวมคะแนนจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ มีค่าเฉลี่ย 31.1 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 77.75

ดังนั้นสรุปได้ว่า ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. มีประสิทธิภาพตามกระบวนการ/ประสิทธิภาพตามผลลัพธ์ คือ  $E_1=77.33/E_2=77.75$  เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 75/75

#### 4.5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดการสอน

เมื่อนำชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี ผลการประเมินความพึงพอใจ แสดงได้ดังตารางที่ 4-11 ตารางที่ 4-11 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า

| ข้อที่           | หัวข้อความคิดเห็น                                             | ระดับความคิดเห็น |      |           |
|------------------|---------------------------------------------------------------|------------------|------|-----------|
|                  |                                                               | $\bar{X}$        | S.D. | แปลผล     |
| ด้านเนื้อหา      |                                                               |                  |      |           |
| 1                | เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์                                | 4.80             | 0.41 | มากที่สุด |
| 2                | การจัดเรียงลำดับเนื้อหาอย่างชัดเจน                            | 4.85             | 0.37 | มากที่สุด |
| 3                | ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับเนื้อหา                              | 4.85             | 0.37 | มากที่สุด |
| 4                | เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับผู้เรียน                   | 4.95             | 0.22 | มากที่สุด |
| 5                | เนื้อหามีความถูกต้อง รายละเอียดมีความน่าสนใจ และปริมาณเหมาะสม | 4.60             | 0.60 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย        |                                                               | 4.81             | 0.41 | มากที่สุด |
| ด้านแบบทดสอบ     |                                                               |                  |      |           |
| 1                | คำถามตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                           | 5.00             | 0.00 | มากที่สุด |
| 2                | จำนวนข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                | 5.00             | 0.00 | มากที่สุด |
| 3                | คำถามและคำตอบมีความชัดเจน                                     | 4.80             | 0.52 | มากที่สุด |
| 4                | คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือและมีตัวลวงที่ดี                       | 4.85             | 0.37 | มากที่สุด |
| 5                | คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม                                     | 4.70             | 0.47 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย        |                                                               | 4.87             | 0.36 | มากที่สุด |
| ด้านใบปฏิบัติงาน |                                                               |                  |      |           |
| 1                | การทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                   | 5.00             | 0.00 | มากที่สุด |
| 2                | ขั้นตอนการปฏิบัติงานมีความชัดเจน                              | 5.00             | 0.00 | มากที่สุด |

| ข้อที่              | หัวข้อความคิดเห็น                                    | ระดับความคิดเห็น |      |           |
|---------------------|------------------------------------------------------|------------------|------|-----------|
|                     |                                                      | $\bar{x}$        | S.D. | แปลผล     |
| 3                   | ปริมาณของวงจรเหมาะสม                                 | 4.85             | 0.37 | มากที่สุด |
| 4                   | การบันทึกผลการทดลอง                                  | 5.00             | 0.00 | มากที่สุด |
| 5                   | สรุปผลการทดลอง                                       | 5.00             | 0.00 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย           |                                                      | 4.97             | 0.17 | มากที่สุด |
| ด้านชุดสื่อการสอน   |                                                      |                  |      |           |
| 1                   | ชุดสื่อการสอนเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม      | 5.00             | 0.00 | มากที่สุด |
| 2                   | ชุดสื่อการสอนมีความสวยงาม                            | 5.00             | 0.00 | มากที่สุด |
| 3                   | ชุดสื่อการสอนมีรายละเอียดชัดเจนและน่าสนใจ            | 5.00             | 0.00 | มากที่สุด |
| 4                   | ชุดสื่อการสอนมีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน           | 5.00             | 0.00 | มากที่สุด |
| 5                   | ชุดสื่อการสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาสูงขึ้น | 4.95             | 0.22 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย           |                                                      | 4.99             | 0.10 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด |                                                      | 4.91             | 0.30 | มากที่สุด |

จากตารางที่ 4-11 การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ซึ่งอยู่ในระดับ**มากที่สุด** และมีความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ ดังนี้

**ด้านเนื้อหา** พบว่า เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับผู้เรียน ค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 4.95 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ การจัดเรียงลำดับเนื้อหาอย่างชัดเจน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 อยู่ในระดับมากที่สุด ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับเนื้อหา ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 อยู่ในระดับมากที่สุด เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 อยู่ในระดับมากที่สุด เนื้อหามีความถูกต้อง รายละเอียดมีความน่าสนใจ และปริมาณเหมาะสม ค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 4.60 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ**มากที่สุด**

**ด้านแบบทดสอบ** พบว่า คำถามตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและจำนวนข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 5 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือและมีตัวลวงที่ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ คำถามและคำตอบมีความชัดเจน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 อยู่ในระดับมากที่สุด และคำถามมีความยากง่ายเหมาะสม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ**มากที่สุด**

**ด้านใบปฏิบัติงาน** พบว่า การทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม, ขั้นตอนการปฏิบัติงานมีความชัดเจน, การบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด

เท่ากับ 5 รองลงมา คือ ปริมาณของวงจรเหมาะสม ค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 4.85 โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

**ด้านชุดสื่อการสอน** พบว่า ชุดสื่อการสอนเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม, ชุดสื่อการสอนมีความสวยงาม, ชุดสื่อการสอนมีรายละเอียดชัดเจนและน่าสนใจ และชุดสื่อการสอนมีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน ค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 5 รองลงมา คือ ชุดสื่อการสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาสูงขึ้น เฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 4.95 โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและสร้างชุดสื่อประกอบการเรียนการสอน วิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า 2) เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะด้านการปฏิบัติในการต่อวงจรไฟฟ้าผ่านชุดฝึกต่อ วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน 3) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า 4) เพื่อ ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ชุดสื่อการเรียน การสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ ใบเนื้อหา ใบปฏิบัติงาน ชุดฝึกการต่อ วงจรไฟฟ้า แบบทดสอบ ข้อมูลการสรุปผลการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

##### 5.2 การอภิปรายผลการศึกษาวิจัย

##### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับ ปวช. ประกอบด้วย แผนการจัดการ เรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน ใบเนื้อหา ใบปฏิบัติงาน 4 ชุด ใบเฉลยใบปฏิบัติงาน ชุดฝึกต่อ วงจรไฟฟ้า แบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 40 ข้อ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

5.1.2 ประสิทธิภาพชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับ ปวช. มีประสิทธิภาพ เทากับ 77.33/77.75 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 75/75

#### 5.2 การอภิปรายผลการศึกษาวิจัย

ชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับ ปวช. สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 ประสิทธิภาพชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับ ปวช. มีประสิทธิภาพ เทากับ 77.33/77.75 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ 75/75 เนื่องจากชุดการสอนที่ออกแบบและ สร้างขึ้นได้มีการศึกษาข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องให้อาจารย์ที่ปรึกษาทำการปรับปรุงแก้ไขก่อน นำไปใช้กับผู้เรียน

และมีการประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่าน พบว่า คะแนนความเฉลี่ยรวมทั้งหมดเท่ากับ 4.60 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของ ชุดการสอนพบว่า ผลรวมคะแนนระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 77.33 และผลรวมคะแนนจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 77.75 ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับกุลศรี (2567) ชุดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค TAI หาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ 70/70 กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคยะลา เครื่องมือที่ใช้ในการ วิจัย คือ 1) ชุดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 8 หน่วยการเรียนรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้ แบบฝึกทักษะ แบบทดสอบประจำหน่วย 2) แบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test แบบ Dependent Samples ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ แบบร่วมมือเทคนิค TAI มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2=71.31/70.13$  ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด  $E_1/E_2=70/70$  ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนรู้ในระดับมาก ( $\bar{x}=4.46$ ,  $S.D.=0.47$ )

5.2.2 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับ ปวช. มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30 ซึ่งสอดคล้อง กับสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากเนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ของบทเรียน มีการจัดเรียงลำดับเนื้อหา ชัดเจน ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับเนื้อหาสามารถเข้าใจเนื้อหาได้โดยง่าย เนื้อหามีความยาว กายเหมาะสมกับระดับผู้เรียน เนื้อหามีความถูกต้องและปริมาณเหมาะสม แบบทดสอบมีความสอดคล้อง กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีความชัดเจนไม่คลุมเครือและมีตัวลวงที่ดี ความยากง่ายเหมาะสม ใ้ปฏิบัติงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ขั้นตอนการปฏิบัติงานมีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน มีตารางบันทึกผลการทดลองที่ชัดเจน อีกทั้งยังมีการสรุปผล ชุดสื่อประกอบการสอนเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีความสวยงามง่ายต่อการเรียนรู้ กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และเหมาะสม กับระดับผู้เรียน ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของประภาภรณ์ (2564) ได้ศึกษาความพึงพอใจ ต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคามที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 37 คน ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x}=4.66, S.D.=0.61$ )

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

ชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับ ปวช. ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 ด้านใบเนื้อหาควรเพิ่มสมการ วิธีการตั้งสมการ และตัวอย่างในทุกหัวข้อเรื่องให้ครบถ้วนสมบูรณ์

#### 5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ปรับปรุงแก้ไขในเรื่องของการเรียงลำดับแบบทดสอบให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

5.3.2.2 ปรับปรุงด้านเนื้อหาให้เชื่อมโยงกับตัวอย่างการใช้งานจริง เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น



## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

- กรรณิการ์ รุจิวรโชติ. (2563). **การศึกษาความพึงพอใจและความเชื่อมั่นของผู้รับบริการ ณ ศูนย์บริการแบบเบ็ดเสร็จ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ. สำนักสถานพยาบาลและการประกอบโรคศิลปะ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ (ปฏิบัติราชการที่ศูนย์บริการแบบเบ็ดเสร็จ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ).**
- กุลศรี ส. (2567). “การพัฒนาชุดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค TAI เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ”. วารสารการศึกษาและนวัตกรรมการเรียนรู้. ฉบับที่ 2 ปีที่ 4: 241–253.
- กุศยา แสงเดช. (2545). **ชุดการสอนคู่มือครูพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพมหานคร : แม็คเอดูเคชั่น.**
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). “การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน”. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย. ฉบับที่ 1 ปีที่ 5: 7-26.
- ชัยยุทธ ศศิธร. (2554). **การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วงจรไฟฟ้า กระแสตรง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2554).**
- ธีรภัทร์ สุขสบาย. (2560). **การพัฒนาชุดการสอนรายวิชาการสอนการเขียนภาษาไทย สำหรับ นิสิตปริญญาตรีชั้นปี ที่ 4. (วิทยานิพนธ์ของการศึกษาดำเนินการหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 2560).**
- ธำรงค์ดี หมินก้าหริ่ม. (2563). **คณิตศาสตร์ไฟฟ้า. นนทบุรี : สำนักพิมพ์เอ็มพันธ์.**
- ทิตินา แคมมณี. (2537). **กลุ่มสัมพันธ์เพื่อการทำงานเป็นทีมและการจัดการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.**
- บุญเกื้อ ควรหาเวช. (2550). **นวัตกรรมการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : SR Printing.**
- ประภาภรณ์ จงเจริญชัยสกุล. (2564). **การพัฒนาชุดการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (วิทยานิพนธ์ปริญญา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยธุรกิจ บัณฑิตย. 2564).**

- พิทักษ์ ตรุษทิบ. (2551). **ความพึงพอใจของประชาชนต่อระบบและกระบวนการให้บริการของกรุงเทพมหานคร : ศึกษากรณีสำนักงานเขตยานนาวา**. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- พุทธ ธรรมสุนา. (2560). **การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชา งานไฟฟ้ายานยนต์ รหัสวิชา 3101-2104 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พ.ศ. 2557 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา**. วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1. สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
- ภุชงค์ จันทร์จิระ. “**การออกแบบและสร้างชุดฝึกวงจรไฟฟ้า**” : วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา 13 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2562).
- มนตรี เลียบแหลม. (2536). **ความพึงพอใจในภาระหน้าที่และงานของเกษตรกรอำเภอในจังหวัดภาคเหนือ**. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- รัตติกาล สุทะ. (2566). **การพัฒนาชุดการสอนกำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ด้วย MATLAB GUI สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2564).
- วรารณ ทุมชาติ. (2556). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**. นนทบุรี : ศูนย์ส่งเสริมอาชีว.
- วิรัตน์ ปุยกระโทก. (2560). **การวิจัยและพัฒนาชุดการเรียนรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการปฏิบัติ รวมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) พื้นฐานการสร้างหุ่นยนต์บังคับมือ เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สารที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี รายวิชาหุ่นยนต์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**. (วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์นครศรีธรรมราช. 2560).
- วัลภา ไชยปาก. (2560). **ความพึงพอใจของผู้ปกครองที่มีต่อการบริหารสถานศึกษาของโรงเรียนวัดน้ำขุ่น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจันทบุรี เขต 2**. (วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์นครศรีธรรมราช. 2560).
- ศักดิ์ จีระโพธิ์. (2546). **การประเมินผลความพึงพอใจหลังการฝึกของเกษตรกรผู้เข้ารับการฝึกอบรม โครงการการจัดการผลิตข้าวตามแนวทางโรงเรียนเกษตรกรในพระราชดำริในเขตจังหวัดสุพรรณบุรี ปี 2546**. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต (ส่งเสริมการเกษตร) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี. 2546.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2551). **นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน**\_ กรุงเทพฯ : หางหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพรินต์ติ้ง.

สุธน แกนตณ. (2559). **วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ**. นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

สุธารัตน์ ทองใหม่. (2564). **การพัฒนาสื่อการเรียนการสอน เพื่อแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้นด้วยโปรแกรม Thunkable ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยี อรรถวิทย์พัฒนศึกษา**. งานวิจัยการพัฒนาทางการศึกษา วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์ พัฒนศึกษา กรุงเทพฯ. 2564.

สัญญา เคนาภูมิ และคณะ. (2563). **การสำรวจความพึงพอใจของประชาชนที่มีต่อการให้บริการ ขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองเป็ด อำเภอเมือง จังหวัดยโสธร**. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2556). **หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : สำนักมาตรฐาน การอาชีวศึกษาและวิชาชีพ.

อนุสสรณ์ เฉลิมศรี. (2555). **การพัฒนาชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)**. (รายงานการวิจัยโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรี นครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).

#### ภาษาอังกฤษ

Michael Beer. (1964). **Human resource Management: a general manager's Perpe text and case**. New York: Free Press

Stromborg, M.F. (1984). **Selecting an instrument to measure quality of life**. Oncology Nursing Forum.



ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ

## รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรื่อง ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช.

### 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี ขุนไชย

คุณวุฒิ : ปรัญญาคุษฐ์บัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตำแหน่งงาน : ประธานหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาหุ่นยนต์อุตสาหกรรมและระบบอัตโนมัติ

สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมศรีสงคราม มหาวิทยาลัยนครพนม

### 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา สารสุข

คุณวุฒิ : ปรัญญาคุษฐ์บัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา)

ตำแหน่งงาน : อาจารย์ประจำบัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

สถานที่ทำงาน : คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยนครพนม

### 3. ดร. ปฎิยุทธ์ พรหมแก้ว

คุณวุฒิ : วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตำแหน่งงาน : อาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ สาขาเทคโนโลยีมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สถานที่ทำงาน : สาขาเทคโนโลยีมีเดีย โครงการบริหารร่วมหลักสูตรมีเดียฯ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

### 4. อาจารย์ธัญญาภพ ศิริมาศเกษม

คุณวุฒิ : ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตำแหน่งงาน : อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า

สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

### 5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชนาฏ ชุ่มชื่น

คุณวุฒิ : ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตำแหน่งงาน : อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สถานที่ทำงาน : ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

### 6. นายปรัชญา เยาวลักษณ์

คุณวุฒิ : วิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตำแหน่งงาน : หัวหน้าแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง

สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี

### 7. นายโชติ มณีโชติ

คุณวุฒิ : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ตำแหน่งงาน : อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง

สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคแพร่

### 8. นายมงคล อินทรประดิษฐ์

คุณวุฒิ : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ตำแหน่งงาน : อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง

สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคแพร่

### 9. นางสาวรัตติกาล สุทะ

คุณวุฒิ : วิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตำแหน่งงาน : อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง

สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคแพร่

#### 10. นายนริศ เกิดรูป

คุณวุฒิ : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ตำแหน่งงาน : อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง

สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย



ที่ อว 7104.2/281



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

17 มีนาคม 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชุนไชย

อาจารย์ประจำวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมศรีสงคราม มหาวิทยาลัยนครพนม

ด้วย นางสาวปณิดา เวียงทอง รหัสประจำตัว 66-020258-5602-8 นักศึกษาระดับปริญญาโท  
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์  
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสื่อประกอบ  
การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าระดับชั้น ปวช.” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี ทยะะมิน เป็นอาจารย์  
ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ  
เพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุด  
ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)  
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255

ที่ อว 7104.2/282



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

17 มีนาคม 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดฝึกอบรมที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา สารสุข

อาจารย์ประจำวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

ด้วย นางสาวปณิดา เวียงทอง รหัสประจำตัว 66-020258-5602-8 นักศึกษาระดับปริญญาโท  
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์  
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสื่อประกอบ  
การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าระดับชั้น ปวช.” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี ทยะมื่น เป็นอาจารย์  
ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ  
เพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุด  
ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)  
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255

ที่ อว 7104.2/283



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถนนประชากราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

17 มีนาคม 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดฝึกอบรมที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ดร.ปฎิยุทธ์ พรมแก้ว

อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีมีเดีย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ด้วย นางสาวปณิดา เวียงทอง รหัสประจำตัว 66-020258-5602-8 นักศึกษาระดับปริญญาโท  
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์  
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสื่อประกอบ  
การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าระดับชั้น ปวช.” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี หะยะมิน เป็นอาจารย์  
ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ  
เพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุด  
ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี น้อยยั้ง)  
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255

ที่ อว 7104.2/284



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถนนประชากราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

17 มีนาคม 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดฝึกอบรมที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน อาจารย์อัญญาภพ ศิริมาศเกษม

อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ด้วย นางสาวปณิดา เวียงทอง รหัสประจำตัว 66-020258-5602-8 นักศึกษาระดับปริญญาโท  
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์  
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสื่อประกอบ  
การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าระดับชั้น ปวช.” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี หะยะมิน เป็นอาจารย์  
ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ  
เพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุด  
ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี น้อยยิ่ง)  
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า โทร. 3302

ที่ คพ 145/2568

วันที่ 17 มีนาคม 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองคณาจารย์

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชนาฏ ชุ่มชื่น

ด้วย นางสาวปณิดา เวียงทอง รหัสประจำตัว 66-020258-5602-8 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าระดับชั้น ปวช.” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี ทะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อทำการรับรองคณาจารย์ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ทศ. น้อยยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)  
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า



ที่ อว 7104.2/113

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

10 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยการค้นคว้าอิสระ

เรียน นายปรัชญา เยาวลักษณ์  
อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี

ด้วย นางสาวปณิดา เวียงทอง รหัสประจำตัว 66-020258-5602-8 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าระดับชั้น ปวช." โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี ทะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มิชัย โลหะการ)  
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255

ที่ อว 7104.2/114



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

10 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยการค้นคว้าอิสระ

เรียน นายโชติ มณีโชติ

อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคแพร่

ด้วย นางสาวปณิดา เวียงทอง รหัสประจำตัว 66-020258-5602-8 นักศึกษาระดับปริญญาโท  
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์  
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสื่อประกอบ  
การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าระดับชั้น ปวช.” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี หะยะมิน เป็นอาจารย์  
ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ  
เพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุด  
ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)  
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255

ที่ อว 7104.2/115



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

10 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยการค้นคว้าอิสระ

เรียน นายมงคล อินทรประดิษฐ์

อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคแพร่

ด้วย นางสาวปณิดา เวียงทอง รหัสประจำตัว 66-020258-5602-8 นักศึกษาระดับปริญญาโท  
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์  
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสื่อประกอบ  
การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าระดับชั้น ปวช.” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี หะยะมิน เป็นอาจารย์  
ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ  
เพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุด  
ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)  
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255

ที่ อว 7104.2/116



ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถนนประชาชื่น 1 บางซื่อ กทม. 10800

10 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยการค้นคว้าอิสระ

เรียน นางสาวรัตติกาล สุทะ

อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคแพร่

ด้วย นางสาวปณิดา เวียงทอง รหัสประจำตัว 66-020258-5602-8 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าระดับชั้น ปวช.” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี ทยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)  
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255

ที่ อว 7104.2/117



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

10 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยการค้นคว้าอิสระ

เรียน นายนริศ เกิดรูป

อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย

ด้วย นางสาวปณิดา เวียงทอง รหัสประจำตัว 66-020258-5602-8 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้าระดับชั้น ปวช.” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)  
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255



ภาคผนวก ข

- แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือวิจัย
- แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช.

### แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือวิจัย

แบบประเมินชุดการสอนนี้ เป็นแบบประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในงานวิจัยชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. ซึ่งข้อมูลในแบบสอบถามนี้จะนำไปใช้สำหรับการพัฒนาเครื่องมือวิจัยให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ซึ่งผู้ทำวิจัยขอรับรองว่าผลการประเมินดังกล่าวจะไม่มีผลกระทบต่อผู้ให้ข้อมูล ใด ๆ ทั้งสิ้น

**คำชี้แจง** แบบประเมินชุดนี้ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

**ตอนที่ 1** ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของผู้ตอบแบบประเมิน

**ตอนที่ 2** ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. ทั้งหมด 4 ด้าน ได้แก่

- ด้านเนื้อหา
- ด้านแบบทดสอบ
- ด้านใบปฏิบัติงาน
- ด้านชุดสื่อการสอน

**ตอนที่ 3** ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในการปรับปรุงด้านต่าง ๆ

**ตอนที่ 1** ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของผู้ตอบแบบประเมิน

**คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงในวงเล็บ หน้าข้อความที่ตรงกับความจริง

1. ระดับการศึกษา (....) ปริญญาตรี หรือเทียบเท่า  
(....) ปริญญาโท  
(....) ปริญญาเอก
2. ประสบการณ์/งานสอนที่เกี่ยวข้อง (....) ไฟฟ้า  
(สามารถทำเครื่องหมายได้มากกว่า 1 ช่อง) (....) อิเล็กทรอนิกส์  
(....) โทรคมนาคม  
(....) เครื่องมือวัดและควบคุม  
(....) อื่นๆ (โปรดระบุ).....
3. ประสบการณ์การทำงาน (....) น้อยกว่า 5 ปี  
(....) 5-10 ปี  
(....) 11-15 ปี  
(....) มากกว่า 15 ปี

**ตอนที่ 2** ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน โดยพิจารณาข้อความในแต่ละข้อแล้วทำเครื่องหมาย “✓” ลงในช่องที่ตรงกับความเห็นของท่าน

**ระดับความคิดเห็น**      ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด  
 ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก  
 ระดับ 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง  
 ระดับ 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย  
 ระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

| ข้อที่            | คำถามความคิดเห็น                                              | ระดับความคิดเห็น |   |   |   |   |
|-------------------|---------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                   |                                                               | 5                | 4 | 3 | 2 | 1 |
| ด้านเนื้อหา       |                                                               |                  |   |   |   |   |
| 1                 | เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์                                |                  |   |   |   |   |
| 2                 | การจัดเรียงลำดับเนื้อหาอย่างชัดเจน                            |                  |   |   |   |   |
| 3                 | ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับเนื้อหา                              |                  |   |   |   |   |
| 4                 | เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับผู้เรียน                   |                  |   |   |   |   |
| 5                 | เนื้อหามีความถูกต้อง รายละเอียดมีความน่าสนใจ และปริมาณเหมาะสม |                  |   |   |   |   |
| ด้านแบบทดสอบ      |                                                               |                  |   |   |   |   |
| 1                 | คำถามตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                           |                  |   |   |   |   |
| 2                 | จำนวนข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                |                  |   |   |   |   |
| 3                 | คำถามและคำตอบมีความชัดเจน                                     |                  |   |   |   |   |
| 4                 | คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือและมีตัวลวงที่ดี                       |                  |   |   |   |   |
| 5                 | คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม                                     |                  |   |   |   |   |
| ด้านใบปฏิบัติงาน  |                                                               |                  |   |   |   |   |
| 1                 | การทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                   |                  |   |   |   |   |
| 2                 | ขั้นตอนการปฏิบัติงานมีความชัดเจน                              |                  |   |   |   |   |
| 3                 | ปริมาณของวงจรเหมาะสม                                          |                  |   |   |   |   |
| 4                 | การบันทึกผลการทดลอง                                           |                  |   |   |   |   |
| 5                 | สรุปผลการทดลอง                                                |                  |   |   |   |   |
| ด้านชุดสื่อการสอน |                                                               |                  |   |   |   |   |
| 1                 | ชุดสื่อการสอนเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม               |                  |   |   |   |   |

| ข้อที่ | คำถามความคิดเห็น                                      | ระดับความคิดเห็น |   |   |   |   |
|--------|-------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|        |                                                       | 5                | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2      | ชุดสื่อการสอนมีความสวยงาม                             |                  |   |   |   |   |
| 3      | ชุดสื่อการสอนมีรายละเอียดชัดเจน และน่าสนใจ            |                  |   |   |   |   |
| 4      | ชุดสื่อการสอนมีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน            |                  |   |   |   |   |
| 5      | ชุดสื่อการสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาทางยขึ้น |                  |   |   |   |   |

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในการปรับปรุงด้านต่าง ๆ

1. ด้านใบเนื้อหา

.....

.....

2. ด้านแบบทดสอบ

.....

.....

3. ด้านใบปฏิบัติงาน

.....

.....

4. ด้านชุดสื่อการสอน

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
(.....)

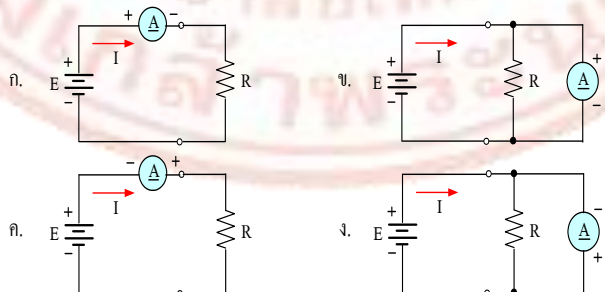
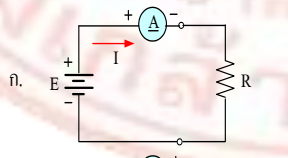
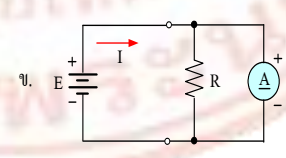
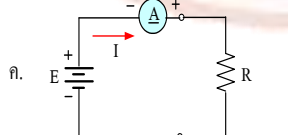
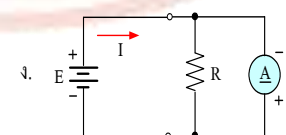
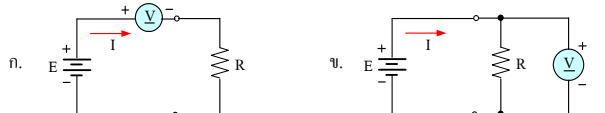
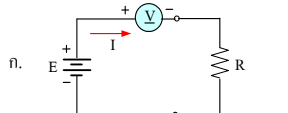
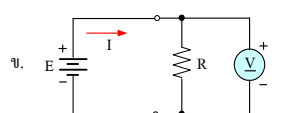
แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่าง  
แบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม  
เรื่อง คณิตศาสตร์พื้นฐานช่างไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี

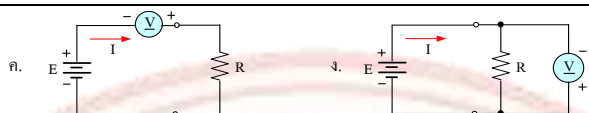
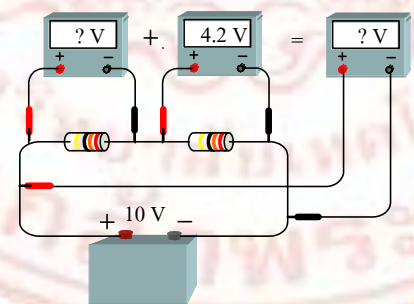
**คำชี้แจง** โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณา  
แบบทดสอบจำนวน 40 ข้อ แล้วแสดงความคิดเห็นว่าสอดคล้องกับพฤติกรรมเรียนรู้ที่ต้องการ  
ประเมินหรือไม่ โดยกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

- +1 หมายถึง มั่นใจว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และพฤติกรรมการวัด  
0 หมายถึง ไม่มั่นใจว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และพฤติกรรมการวัด  
-1 หมายถึง มั่นใจว่าแบบทดสอบไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และพฤติกรรมการวัด

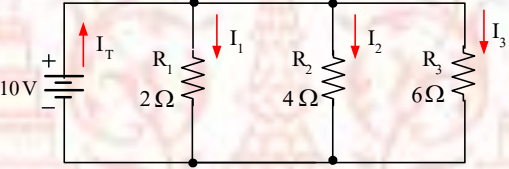
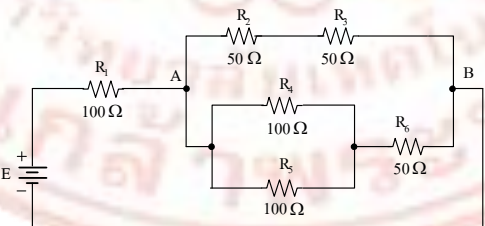
**คำชี้แจง :** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

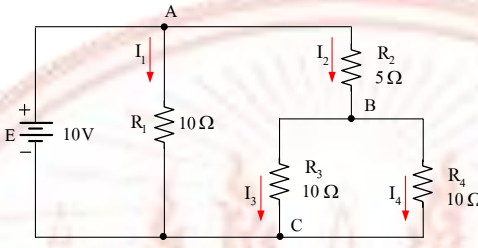
| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม                        | ข้อคำถาม                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                              |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|------------------------------|
|                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                           | +1                         | 0 | -1 | ความ<br>คิดเห็น<br>เพิ่มเติม |
| หน่วยที่ 1 คณิตศาสตร์พื้นฐานช่างไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า       |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                            |   |    |                              |
| 4.1 อธิบาย<br>ความรู้<br>พื้นฐานของ<br>วงจรไฟฟ้า<br>ได้ | 1. ข้อใดบอกส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าได้ถูกต้อง<br>ก. แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Source) และตัวนำไฟฟ้า (Wire)<br>ข. แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Source) และภาระทางไฟฟ้า (Load)<br>ค. แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Source) แรงดันไฟฟ้าและ<br>กระแสไฟฟ้า<br>ง. แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Source) ตัวนำไฟฟ้า (Wire) และ<br>ภาระทางไฟฟ้า (Load) |                            |   |    |                              |
| 4.1 อธิบาย<br>ความรู้<br>พื้นฐานของ<br>วงจรไฟฟ้า<br>ได้ | 2. คุณสมบัติของกระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรมเป็นไปตามข้อใด<br>ก. กระแสไฟฟ้าจะแบ่งแยกไหลตามการต่อตัวต้านทาน<br>ข. กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวเท่ากัน<br>ค. กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวไม่เท่ากัน<br>ง. กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวต้านทานมากขึ้นอยู่กับ<br>กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม   |                            |   |    |                              |
| 4.1 อธิบาย<br>ความรู้<br>พื้นฐานของ                     | 3. ข้อใดเป็นแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทั้งหมด<br>ก. ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ เซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องกำเนิด<br>ไฟฟ้า (AC) และเพาเวอร์ซัพพลาย                                                                                                                                                |                            |   |    |                              |

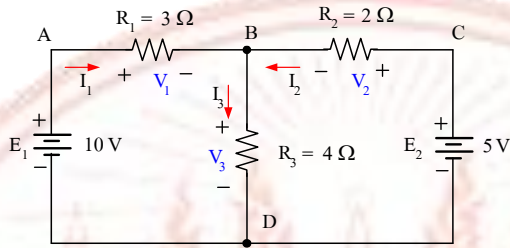
| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม                                                          | ข้อคำถาม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|----------------------|
|                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | +1                         | 0 | -1 | ความคิดเห็นเพิ่มเติม |
| วงจรไฟฟ้า<br>ได้                                                                          | <p>ข. ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ เซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (DC) และเพาเวอร์ซัพพลาย</p> <p>ค. ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ เซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (DC) และมอเตอร์ (DC)</p> <p>ง. ถูกทุกข้อ</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                            |   |    |                      |
| 4.2 บอก<br>การต่อตัว<br>ต้านทาน<br>แบบอนุกรม<br>ขนาน และ<br>ผสมได้                        | <p>4. การนำเอาตัวต้านทานมาต่อเรียงลำดับต่อ ๆ กันไป เป็นค่ากล่าวที่สอดคล้องกับลักษณะการต่อแบบใด</p> <p>ก. อนุกรม ข. ขนาน</p> <p>ค. ผสม ง. อนุกรม-ขนาน</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                            |   |    |                      |
| 4.3<br>คำนวณหา<br>ค่าต่าง ๆ<br>ของการต่อ<br>ตัวต้านทาน<br>แบบอนุกรม<br>ขนาน และ<br>ผสมได้ | <p>5. ตัวต้านทาน 3 ตัว มีค่า <math>100\ \Omega</math>, <math>220\ \Omega</math> และ <math>330\ \Omega</math> นำมาต่อแบบอนุกรมจะได้ค่าความต้านทานรวมเป็นเท่าไร</p> <p>ก. น้อยกว่า <math>330\ \Omega</math></p> <p>ข. <math>550\ \Omega</math></p> <p>ค. <math>650\ \Omega</math></p> <p>ง. ค่าเฉลี่ยของค่าความต้านทานทั้ง 3 ตัว</p>                                                                                                                                                                                                              |                            |   |    |                      |
| 4.7 บอก<br>การต่อวงจร<br>หรือมิเตอร์<br>ทางไฟฟ้าได้<br>ถูกต้อง                            | <p>6. ข้อใดเป็นการใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าในวงจรได้ถูกต้อง</p>  <p>ก. </p> <p>ข. </p> <p>ค. </p> <p>ง. </p> |                            |   |    |                      |
| 4.7 บอก<br>การต่อวงจร<br>หรือมิเตอร์                                                      | <p>7. ข้อใดเป็นการใช้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้ถูกต้อง</p>  <p>ก. </p> <p>ข. </p>                                                                                                                                                                                           |                            |   |    |                      |

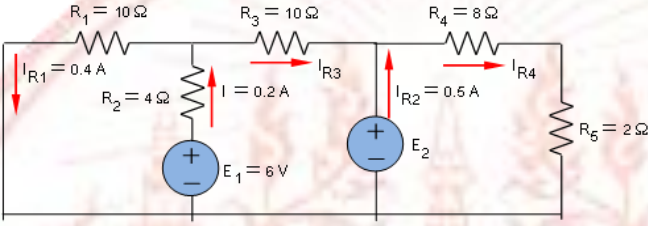
| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม                                                | ข้อคำถาม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|----------------------|
|                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | +1                         | 0 | -1 | ความคิดเห็นเพิ่มเติม |
| ทางไฟฟ้าได้<br>ถูกต้อง                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            |   |    |                      |
| 4.5<br>ประยุกต์ใช้<br>กฎของ<br>โอห์ม ใน<br>การหาค่า<br>ปริมาณทาง<br>ไฟฟ้าได้    | <p>8. ตัวต้านทาน <math>6\ \Omega</math>, <math>33\ \Omega</math>, <math>100\ \Omega</math> และ <math>47\ \Omega</math> ต่ออนุกรมกันและต่อเข้ากับแบตเตอรี่ขนาด <math>9\text{ V}</math> จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเท่าไร</p> <p>ก. <math>36.3\text{ mA}</math> ข. <math>27.6\text{ A}</math> ค. <math>22.3\text{ mA}</math> ง. <math>363\text{ mA}</math></p>                                                                                                        |                            |   |    |                      |
| 4.5<br>ประยุกต์ใช้<br>กฎของ<br>โอห์ม ใน<br>การหาค่า<br>ปริมาณทาง<br>ไฟฟ้าได้    | <p>9. วงจรอนุกรมประกอบด้วยตัวต้านทาน 3 ตัว คือ <math>4.7\text{ k}\Omega</math>, <math>5.6\text{ k}\Omega</math> และ <math>10\text{ k}\Omega</math> ตัวต้านทานใดจะมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสูงสุด</p> <p>ก. <math>4.7\text{ k}\Omega</math><br/>ข. <math>5.6\text{ k}\Omega</math><br/>ค. <math>10\text{ k}\Omega</math><br/>ง. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้ง 3 ตัวเท่ากัน</p>                                                                                               |                            |   |    |                      |
| 4.4 อธิบาย<br>ความสัมพันธ์ของวงจร<br>อนุกรม<br>ขนาน ผสม<br>และเคอร์<br>ชอฟฟ์ได้ | <p>10. จากรูป ข้อใดอธิบายเกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้อง</p>  <p>ก. แรงดันไฟฟ้ารอบวงปิดรวมกันกับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย จะได้ <math>4.2\text{ V} + 10\text{ V} = 14.2\text{ V}</math> เป็นไปตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์</p> <p>ข. แรงดันไฟฟ้ารอบวงปิดรวมกันเท่ากับศูนย์ จะได้ <math>5.8\text{ V} - 5.8\text{ V} = 0\text{ V}</math> เป็นไปตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์</p> |                            |   |    |                      |

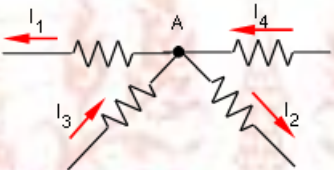
| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม                               | ข้อความถาม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                      |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|----------------------|
|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | +1                         | 0 | -1 | ความคิดเห็นเพิ่มเติม |
|                                                                | <p>ค. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจรรวมกันเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายจะได้ <math>5.8 \text{ V} + 4.2 \text{ V} = 10 \text{ V}</math></p> <p>ง. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวละ <math>10 \text{ V}</math></p>                                                                                                                                                                                                                          |                            |   |    |                      |
| 4.4 อธิบายความสัมพันธ์ของวงจรอนุกรมขนาน ผสม และเคอร์ขอไฟฟ้าได้ | <p>11. จากรูป ถ้ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน <math>R_2</math> มีค่า <math>0.5 \text{ W}</math> กำลังไฟฟ้าที่กำหนดไว้เพียงพอหรือไม่ และถ้าไม่เพียงพอจะเกิดผลอย่างไร</p> <p>ก. เพียงพอ วงจรทำงานปกติ</p> <p>ข. ไม่เพียงพอ เพราะทำให้ <math>R_2</math> ไหม้ได้</p> <p>ค. ไม่เพียงพอ เพราะทำให้ <math>R_2</math> ร้อนแต่ยังทนความร้อนได้</p> <p>ง. เพียงพอ เพราะ <math>R_2</math> มีค่าความต้านทานน้อยทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าน้อยกว่า <math>3 \text{ W}</math></p> |                            |   |    |                      |
| 4.2 บอกการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมขนาน และผสมได้                 | <p>12. การนำเอาปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานทุก ๆ ตัวมาต่อร่วมกันที่จุด ๆ หนึ่ง และปลายที่เหลือของตัวต้านทานทุก ๆ ตัวมาต่อร่วมกันอีกจุดที่เหลือ เป็นลักษณะการต่อตัวต้านทานแบบใด</p> <p>ก. อนุกรม</p> <p>ข. ขนาน</p> <p>ค. ผสม</p> <p>ง. อนุกรม-ขนาน</p>                                                                                                                                                                                                   |                            |   |    |                      |
| 4.1 อธิบายความรู้พื้นฐานของวงจรไฟฟ้าได้                        | <p>13. คุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้าในวงจรขนานเขียนเป็นสมการได้ดังข้อใด</p> <p>ก. <math>E = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} + \dots + V_{Rn}</math></p> <p>ข. <math>E = I(R_1 + R_2 + \dots + R_n)</math></p> <p>ค. <math>V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} + \dots + V_{Rn} = 0</math></p> <p>ง. <math>E = V_{R1} = V_{R2} = V_{R3} = \dots = V_{Rn}</math></p>                                                                                                             |                            |   |    |                      |

| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม                                 | ข้อความถาม                                                                                                                                                                                                                                                                 | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                      |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|----------------------|
|                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            | +1                         | 0 | -1 | ความคิดเห็นเพิ่มเติม |
| 4.4 อธิบายความสัมพันธ์ของวงจรอนุกรม<br>ขนาน ผสม และเคอร์ชอฟฟ์ได้ | 14. จุดต่อหนึ่งมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้า 2 สาขา และไหลออก 1 สาขา คือ สาขาหนึ่งกระแสไฟฟ้าไหลเข้า 5 A และอีกสาขาหนึ่งกระแสไฟฟ้าไหลเข้า 3 A กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากจุดต่อนั้นมีค่าเท่าไร<br>ก. 2 A      ข. 3 A      ค. 5 A      ง. 8 A                                               |                            |   |    |                      |
| 4.5 ประยุกต์ใช้กฎของโอห์มในการหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าได้             | 15. จากรูป กระแสไฟฟ้า $I_2$ มีค่าเท่าไร<br><br>ก. $I_2 = \frac{10}{2} = 2A$<br>ข. $I_2 = \frac{10}{6} = 1.67 A$<br>ค. $I_2 = \frac{10}{4} = 2.5 A$<br>ง. $I_2 = \frac{10}{12} = 0.83 A$ |                            |   |    |                      |
| 4.6 ประยุกต์ใช้สูตรในวงจรอนุกรมขนาน และผสมได้                    | 16. จากรูป ความต้านทานรวมระหว่างจุด A-B มีค่าเท่าไร<br><br>ก. 50 Ω<br>ข. 100 Ω<br>ค. 150 Ω<br>ง. 350 Ω                                                                                 |                            |   |    |                      |

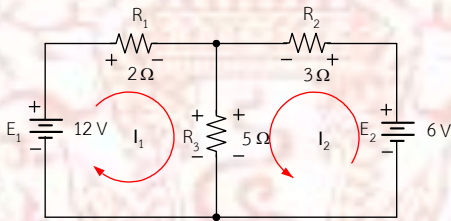
| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม                                                             | ข้อความถาม                                                                               | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|----------------------|
|                                                                                              |                                                                                          | +1                         | 0 | -1 | ความคิดเห็นเพิ่มเติม |
| จากรูป จงตอบคำถามข้อ 17-19                                                                   |                                                                                          |                            |   |    |                      |
| <div></div> |                                                                                          |                            |   |    |                      |
| 4.3<br>คำนวณหา<br>ค่าต่าง ๆ<br>ของการต่อ<br>ตัวต้านทาน<br>แบบอนุกรม<br>ขนาน และ<br>ผสมได้    | 17. จากรูป กระแสไฟฟ้ารวมของวงจรมีค่าเท่าไร<br>ก. 10 A    ข. 5 A    ค. 2 A    ง. 0.5 A    |                            |   |    |                      |
| 4.5<br>ประยุกต์ใช้<br>กฎของ<br>โอห์ม ใน<br>การหาค่า<br>ปริมาณทาง<br>ไฟฟ้าได้                 | 18. จากรูป กระแสไฟฟ้า $I_2$ มีค่าเท่าไร<br>ก. 1 A    ข. 2 A    ค. 15 A    ง. 50 A        |                            |   |    |                      |
| 4.6<br>ประยุกต์ใช้<br>สูตรในวงจร<br>อนุกรม<br>ขนาน และ<br>ผสมได้                             | 19. จากรูป แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม $R_4$ มีค่าเท่าไร<br>ก. 2V    ข. 5V    ค. 10V    ง. 20V |                            |   |    |                      |

| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม                                                     | ข้อความคำถาม                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|--------------------------|
|                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | +1                         | 0 | -1 | ความคิดเห็น<br>เพิ่มเติม |
| จากรูป จงตอบคำถามข้อ 20-23                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                            |   |    |                          |
|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                            |   |    |                          |
| 4.4 อธิบาย<br>ความสัมพันธ์<br>ของวงจร<br>อนุกรม<br>ขนาน ผสม<br>และเคอร์<br>ซอฟต์แวร์ | 20. จากรูป ที่จุด B เขียนสมการกระแสไฟฟ้าได้ตรงกับข้อใด<br>ก. ตามกฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าจะได้ $I_1 + I_2 = I_3$<br>ข. ตามกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์<br>จะได้ $I_1 + I_2 - I_3 = 0$<br>ค. ตามกฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าจะได้ $I_1 + I_2 + I_3 = 0$<br>ง. ตามกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์<br>จะได้ $I_1 + I_2 + I_3 = 0$ |                            |   |    |                          |
| 4.4 อธิบาย<br>ความสัมพันธ์<br>ของวงจร<br>อนุกรม<br>ขนาน ผสม<br>และเคอร์<br>ซอฟต์แวร์ | 21. จากรูป ในวง CBDC เขียนสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎ<br>แรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ และแทน V ตามกฎของโอห์มจะ<br>ได้สมการตรงกับข้อใด<br>ก. $I_2 R_1 + I_3 R_3 = 0$<br>ข. $I_2 R_1 + I_3 R_3 + E_2 = 0$<br>ค. $I_2 R_2 + I_3 R_3 - E_2 = 0$<br>ง. $I_2 R_2 + I_3 R_3 = -E_2$                                     |                            |   |    |                          |
| 4.4 อธิบาย<br>ความสัมพันธ์<br>ของวงจร<br>อนุกรม<br>ขนาน ผสม<br>และเคอร์<br>ซอฟต์แวร์ | 22. จากรูป สมการที่จะใช้หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร<br>ตามกฎของเคอร์ชอฟฟ์ ตรงตามข้อใด<br>ก. $7I_1 + 4I_2 = 10$ และ $4I_1 + 6I_2 = 5$<br>ข. $3I_1 + 4I_2 = 10$ และ $4I_1 + 2I_2 = 5$<br>ค. $3I_1 + 4I_2 = -10$ และ $4I_1 + 6I_2 = 10$<br>ง. $7I_1 + 4I_2 = 5$ และ $4I_1 + 2I_2 = 15$                    |                            |   |    |                          |
| 4.6<br>ประยุกต์ใช้<br>สูตรในวงจร<br>อนุกรม                                           | 23. จากรูป กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3$ มีค่าเท่าไร<br>ก. 1.54 A    ข. 1.35 A<br>ค. 1.73 A    ง. 0.19 A                                                                                                                                                                                                  |                            |   |    |                          |

| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม                                                  | ข้อความถาม                                                                                                                                                 | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|----------------------|
|                                                                                   |                                                                                                                                                            | +1                         | 0 | -1 | ความคิดเห็นเพิ่มเติม |
| ขนาน และ<br>ผสมได้                                                                |                                                                                                                                                            |                            |   |    |                      |
| จากวงจรที่กำหนดให้ จงตอบคำถามข้อ 24–15                                            |                                                                                                                                                            |                            |   |    |                      |
|  |                                                                                                                                                            |                            |   |    |                      |
| 4.6<br>ประยุกต์ใช้<br>สูตรในวงจร<br>อนุกรม<br>ขนาน และ<br>ผสมได้                  | 24. กระแส $I_{R3}$ มีค่าเท่าไร<br>ก. 0.15 A<br>ข. 0.1 A<br>ค. 0.2 A<br>ง. 0.3 A                                                                            |                            |   |    |                      |
| 4.6<br>ประยุกต์ใช้<br>สูตรในวงจร<br>อนุกรม<br>ขนาน และ<br>ผสมได้                  | 25. แรงดันตกคร่อม $R_3$ มีค่าเท่าไร<br>ก. 4 V<br>ข. 3 V<br>ค. 2 V<br>ง. 1 V                                                                                |                            |   |    |                      |
| 4.6<br>ประยุกต์ใช้<br>สูตรในวงจร<br>อนุกรม<br>ขนาน และ<br>ผสมได้                  | 26. แหล่งจ่าย $E_2$ มีค่าเท่าไร<br>ก. 3 V<br>ข. 4 V<br>ค. 5 V<br>ง. 6 V                                                                                    |                            |   |    |                      |
| 4.4 อธิบาย<br>ความสัมพันธ์<br>ของวงจร<br>อนุกรม                                   | 27. ข้อใดไม่ใช่กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์<br>ก. ผลรวมทางพีชคณิตของกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับศูนย์<br>ข. ณ จุดใด ๆ ผลรวมทางพีชคณิตของกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับหนึ่ง |                            |   |    |                      |

| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม                                                     | ข้อความถาม                                                                                                                                                                                                                                                                     | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|----------------------|
|                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                | +1                         | 0 | -1 | ความคิดเห็นเพิ่มเติม |
| ขนาน ผสม<br>และเคอร์<br>ซอฟต์แวร์                                                    | ค. ผลรวมกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าและไหลออกมีค่าเท่ากับศูนย์<br>ง. ผลรวมกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลออก                                                                                                                                                          |                            |   |    |                      |
| จากวงจรที่กำหนดให้ จงตอบคำถามข้อ 28–29                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                            |   |    |                      |
|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                            |   |    |                      |
| 4.4 อธิบาย<br>ความสัมพันธ์<br>ของวงจร<br>อนุกรม<br>ขนาน ผสม<br>และเคอร์<br>ซอฟต์แวร์ | 28. กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าจุด A คือกระแสไฟฟ้าตามข้อใด<br>ก. $I_1$ กับ $I_4$ ข. $I_1$ กับ $I_2$<br>ค. $I_3$ กับ $I_4$ ง. $I_3$ กับ $I_2$                                                                                                                                          |                            |   |    |                      |
| 4.4 อธิบาย<br>ความสัมพันธ์<br>ของวงจร<br>อนุกรม<br>ขนาน ผสม<br>และเคอร์<br>ซอฟต์แวร์ | 29. กระแส $I_3$ มีสมการตามข้อใด<br>ก. $I_1 - I_2 + I_4 = I_3$<br>ข. $I_1 + I_2 + I_4 = I_3$<br>ค. $I_1 - I_2 - I_4 = I_3$<br>ง. $I_1 + I_2 - I_4 = I_3$                                                                                                                        |                            |   |    |                      |
| 4.4 อธิบาย<br>ความสัมพันธ์<br>ของวงจร<br>อนุกรม<br>ขนาน ผสม<br>และเคอร์<br>ซอฟต์แวร์ | 30. กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ซอฟต์แวร์คือข้อใด<br>ก. ในวงจรปิดไฟฟ้าใด ๆ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้ามีค่าเท่ากับศูนย์<br>ข. ในวงจรปิดไฟฟ้าใด ๆ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้ามีค่าเท่ากับหนึ่ง<br>ค. ในวงจรปิดไฟฟ้าใด ๆ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานมีค่าเท่ากับศูนย์ |                            |   |    |                      |

| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม                               | ข้อความถาม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                              |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|------------------------------|
|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | +1                         | 0 | -1 | ความ<br>คิดเห็น<br>เพิ่มเติม |
|                                                                | ง. ในวงจรปิดไฟฟ้าใด ๆ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้ามีค่าเท่ากับผลรวมของแหล่งจ่าย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                            |   |    |                              |
| หน่วยที่ 3 เมตริกซ์                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                            |   |    |                              |
| 4.1 บอก<br>ความหมาย<br>ของเมตริกซ์<br>ได้                      | 31. ข้อใดให้ความหมายของเมตริกซ์ได้ถูกต้องที่สุด<br>ก. กลุ่มของจำนวนตัวเลขที่เขียนแทนระบบสมการเชิงเส้น<br>ข. การดำเนินการบวก ลบ หรือคูณจำนวนที่อยู่ในเครื่องหมาย [ ]<br>ค. กลุ่มจำนวนที่เขียนเรียงเป็นแถวและหรือเป็นหลักอยู่ในวงเล็บ ( ) หรือ [ ]<br>ง. จำนวนตัวเลขที่เป็นสมาชิกที่เขียนอยู่ในเครื่องหมาย ( )                                                                                                                 |                            |   |    |                              |
| 4.2 บวก ลบ<br>และคูณตาม<br>วิธีดำเนินการ<br>ของ<br>เมตริกซ์ได้ | 32. กำหนดให้ $A = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 4 \\ 0 & -2 & 5 \end{bmatrix}$ ข้อใดถูกต้อง<br>ก. A มีขนาด $3 \times 2$<br>ข. A มีขนาด $2 \times 3$<br>ค. A เป็นเมตริกซ์สามเหลี่ยมบน<br>ง. ดีเทอร์มิแนนต์ของ $A = 2$                                                                                                                                                                                                               |                            |   |    |                              |
| 4.2 บวก ลบ<br>และคูณตาม<br>วิธีดำเนินการ<br>ของ<br>เมตริกซ์ได้ | 33. กำหนดให้ $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$ , $B = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 4 & 3 \end{bmatrix}$ และ $C = \begin{bmatrix} -1 & 7 \\ 6 & -8 \end{bmatrix}$ แล้ว $A + B - C$ เท่ากับข้อใด<br>ก. $\begin{bmatrix} 2 & 4 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ ข. $\begin{bmatrix} 2 & -4 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$ ค. $\begin{bmatrix} 2 & -4 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$ ง. $\begin{bmatrix} 4 & -4 \\ 1 & 15 \end{bmatrix}$ |                            |   |    |                              |
| 4.2 บวก ลบ<br>และคูณตาม<br>วิธีดำเนินการ<br>ของ<br>เมตริกซ์ได้ | 34. กำหนดให้ $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$ , $B = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 4 & 3 \end{bmatrix}$ แล้ว $AB$ เท่ากับข้อใด<br>ก. $\begin{bmatrix} 2 & -2 \\ 12 & -12 \end{bmatrix}$ ข. $\begin{bmatrix} 3 & -1 \\ 7 & 1 \end{bmatrix}$ ค. $\begin{bmatrix} 10 & -7 \\ 22 & -15 \end{bmatrix}$ ง. ไม่มีข้อถูก                                                                                                |                            |   |    |                              |
| 4.2 บวก ลบ<br>และคูณตาม<br>วิธีดำเนินการ                       | 35. กำหนดให้ $A = \begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 6 & 9 \end{bmatrix}$ แล้ว $\det(A)$ เท่ากับข้อใด<br>ก. 20 ข. -15 ค. 15 ง. -9                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                            |   |    |                              |

| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม                                                         | ข้อคำถาม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|----------------------|
|                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | +1                         | 0 | -1 | ความคิดเห็นเพิ่มเติม |
| รของ<br>เมตริกซ์ได้                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                            |   |    |                      |
| 4.3<br>คำนวณหา<br>เมตริกซ์<br>ผกผัน<br>สำหรับการ<br>คูณจาก<br>เมตริกซ์ที่<br>กำหนดให้ได้ | <p>36. กำหนดให้ <math>A = \begin{bmatrix} 1 &amp; 4 \\ 2 &amp; 5 \end{bmatrix}</math> แล้ว <math>A^{-1}</math> ตรงกับข้อใด</p> <p>ก. <math>A^{-1} = \frac{1}{-3} \begin{bmatrix} 5 &amp; -4 \\ -2 &amp; 1 \end{bmatrix}</math></p> <p>ข. <math>A^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 5 &amp; 4 \\ 2 &amp; 1 \end{bmatrix}</math></p> <p>ค. <math>A^{-1} = \frac{1}{-3} \begin{bmatrix} 1 &amp; -4 \\ -2 &amp; 5 \end{bmatrix}</math></p> <p>ง. <math>A^{-1}</math> ไม่มี</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                            |   |    |                      |
|                                                                                          | <p>รูปวงจรต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อ 37-40</p>  <p>เขียนระบบสมการของวงจรโดยใช้วิธีกระแสเมช ได้เป็น</p> <p><math>7I_1 + 5I_2 = 12</math> ..... ①</p> <p><math>5I_1 + 8I_2 = 6</math> ..... ②</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                            |   |    |                      |
| 4.3<br>คำนวณหา<br>เมตริกซ์<br>ผกผัน<br>สำหรับการ<br>คูณจาก<br>เมตริกซ์ที่<br>กำหนดให้ได้ | <p>37. เมื่อใช้เมตริกซ์ผกผัน <math>A^{-1}</math> เท่ากับข้อใด</p> <p>ก. <math>A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \begin{bmatrix} d &amp; b \\ c &amp; a \end{bmatrix} = \frac{1}{31} \begin{bmatrix} 8 &amp; 5 \\ 5 &amp; 7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.258 &amp; 0.16 \\ 0.16 &amp; 0.226 \end{bmatrix}</math></p> <p>ข.</p> <p><math>A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \begin{bmatrix} d &amp; -b \\ -c &amp; a \end{bmatrix} = \frac{1}{31} \begin{bmatrix} 8 &amp; -5 \\ -5 &amp; 7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.258 &amp; -0.16 \\ -0.16 &amp; 0.226 \end{bmatrix}</math></p> <p>ค.</p> <p><math>A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \begin{bmatrix} a &amp; -b \\ -c &amp; d \end{bmatrix} = \frac{1}{31} \begin{bmatrix} 7 &amp; -5 \\ -5 &amp; 8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.226 &amp; -0.16 \\ -0.16 &amp; 0.258 \end{bmatrix}</math></p> <p>ง. <math>A^{-1}</math> ไม่มี</p> |                            |   |    |                      |

| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม                                                          | ข้อความถาม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|----------------------|
|                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | +1                         | 0 | -1 | ความคิดเห็นเพิ่มเติม |
| 4.4<br>ประยุกต์ใช้<br>เมตริกซ์<br>ผกผันเพื่อ<br>หาค่า<br>ปริมาณทาง<br>ไฟฟ้าได้            | <p>38. เมื่อใช้เมตริกซ์ผกผันและ <math>X = A^{-1}B</math> แล้วแทนค่าได้ตามข้อใด</p> <p>ก. <math>\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.258 &amp; 0.16 \\ 0.16 &amp; 0.226 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 12 \\ 6 \end{bmatrix}</math> แล้วจึงดำเนินการหาผลคูณต่อไป</p> <p>ข. <math>\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.226 &amp; -0.16 \\ -0.16 &amp; 0.258 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 12 \\ 6 \end{bmatrix}</math> แล้วจึงดำเนินการหาผลคูณต่อไป</p> <p>ค. <math>\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.258 &amp; -0.16 \\ -0.16 &amp; 0.226 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 12 \\ 6 \end{bmatrix}</math> แล้วจึงดำเนินการหาผลคูณต่อไป</p> <p>ง. ไม่มีข้อถูก เนื่องจาก <math>A^{-1}</math> ไม่มี</p>                                     |                            |   |    |                      |
| 4.5<br>ประยุกต์ใช้<br>กฎของคราเมอร์ของ<br>เมตริกซ์เพื่อ<br>หาค่า<br>ปริมาณทาง<br>ไฟฟ้าได้ | <p>39. เมื่อใช้กฎของคราเมอร์ ได้ <math>I_1</math> เท่ากับข้อใด</p> <p>ก. <math>I_1 = \frac{\det \begin{bmatrix} 6 &amp; 5 \\ 12 &amp; 8 \end{bmatrix}}{31} = \frac{\det \begin{bmatrix} 6 &amp; 5 \\ 12 &amp; 8 \end{bmatrix}}{31} = -0.38</math></p> <p>ข. <math>I_1 = \frac{\det \begin{bmatrix} 7 &amp; 6 \\ 5 &amp; 12 \end{bmatrix}}{31} = \frac{\det \begin{bmatrix} 7 &amp; 6 \\ 5 &amp; 12 \end{bmatrix}}{31} = 1.74</math></p> <p>ค. <math>I_1 = \frac{\det \begin{bmatrix} 7 &amp; 12 \\ 5 &amp; 6 \end{bmatrix}}{31} = \frac{\det \begin{bmatrix} 7 &amp; 12 \\ 5 &amp; 6 \end{bmatrix}}{31} = -0.58</math></p> <p>ง. <math>I_1 = \frac{\det \begin{bmatrix} 12 &amp; 5 \\ 6 &amp; 8 \end{bmatrix}}{31} = \frac{\det \begin{bmatrix} 12 &amp; 5 \\ 6 &amp; 8 \end{bmatrix}}{31} = 2.13</math></p> |                            |   |    |                      |
| 4.5<br>ประยุกต์ใช้<br>กฎของคราเมอร์ของ<br>เมตริกซ์เพื่อ<br>หาค่า                          | <p>40. เมื่อใช้กฎของคราเมอร์ ได้ <math>I_2</math> เท่ากับข้อใด</p> <p>ก. <math>I_2 = \frac{\det \begin{bmatrix} 7 &amp; 12 \\ 5 &amp; 6 \end{bmatrix}}{31} = \frac{\det \begin{bmatrix} 7 &amp; 12 \\ 5 &amp; 6 \end{bmatrix}}{31} = -0.58</math></p> <p>ข. <math>I_2 = \frac{\det \begin{bmatrix} 12 &amp; 5 \\ 6 &amp; 8 \end{bmatrix}}{31} = \frac{\det \begin{bmatrix} 12 &amp; 5 \\ 6 &amp; 8 \end{bmatrix}}{31} = 2.13</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                            |   |    |                      |

| วัตถุประสงค์<br>เชิง<br>พฤติกรรม | ข้อคำถาม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |    |                          |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|----|--------------------------|
|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | +1                         | 0 | -1 | ความคิดเห็น<br>เพิ่มเติม |
| ปริมาณทาง<br>ไฟฟ้าได้            | <p>ค. <math>I_2 = \frac{\det \begin{bmatrix} 6 &amp; 5 \\ 12 &amp; 8 \end{bmatrix}}{31} = \frac{\det \begin{bmatrix} 6 &amp; 5 \\ 12 &amp; 8 \end{bmatrix}}{31} = -0.38</math></p> <p>ง. <math>I_2 = \frac{\det \begin{bmatrix} 7 &amp; 6 \\ 5 &amp; 12 \end{bmatrix}}{31} = \frac{\det \begin{bmatrix} 7 &amp; 6 \\ 5 &amp; 12 \end{bmatrix}}{31} = 1.74</math></p> |                            |   |    |                          |

(ลงชื่อ).....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

วันที่.....เดือน.....ปี.....

### แบบประเมินความพึงพอใจ (สำหรับนักเรียน)

แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์  
ไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหา

ด้านที่ 2 ด้านแบบทดสอบ

ด้านที่ 3 ด้านใบปฏิบัติงาน

ด้านที่ 4 ด้านชุดสื่อการสอน

**ระดับความพึงพอใจ** กำหนดให้มีระดับคะแนน ดังต่อไปนี้

5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

4 หมายถึง พึงพอใจมาก

3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

2 หมายถึง พึงพอใจน้อย

1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

#### ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

**คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงหน้าข้อความที่เป็นความจริง

1. หลักสูตรที่ศึกษา (.....) ประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
(.....) ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง  
(.....) อื่น ๆ .....
2. สาขาวิชาที่ศึกษา (.....) ไฟฟ้ากำลัง  
(.....) อิเล็กทรอนิกส์  
(.....) อื่น ๆ .....
3. รายวิชาที่ศึกษา (.....) วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ  
(.....) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์  
(.....) อื่น ๆ .....
4. เกรดเฉลี่ย (GPA) (.....) น้อยกว่า 2.00  
(.....) 2.01-2.50  
(.....) 2.51-3.00  
(.....) 3.01-3.50  
(.....) 3.51-4.00

**ตอนที่ 2** ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดการสอน ทำเครื่องหมาย ( ✓ ) ลงในช่องที่ตรงกับความพึงพอใจของท่าน

| ข้อที่                   | คำถามความคิดเห็น                                              | ระดับความคิดเห็น |   |   |   |   |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                          |                                                               | 5                | 4 | 3 | 2 | 1 |
| <b>ด้านเนื้อหา</b>       |                                                               |                  |   |   |   |   |
| 1                        | เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์                                |                  |   |   |   |   |
| 2                        | การจัดเรียงลำดับเนื้อหาอย่างชัดเจน                            |                  |   |   |   |   |
| 3                        | ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับเนื้อหา                              |                  |   |   |   |   |
| 4                        | เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับผู้เรียน                   |                  |   |   |   |   |
| 5                        | เนื้อหามีความถูกต้อง รายละเอียดมีความน่าสนใจ และปริมาณเหมาะสม |                  |   |   |   |   |
| <b>ด้านแบบทดสอบ</b>      |                                                               |                  |   |   |   |   |
| 1                        | คำถามตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                           |                  |   |   |   |   |
| 2                        | จำนวนข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                |                  |   |   |   |   |
| 3                        | คำถามและคำตอบมีความชัดเจน                                     |                  |   |   |   |   |
| 4                        | คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือและมีตัวลวงที่ดี                       |                  |   |   |   |   |
| 5                        | คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม                                     |                  |   |   |   |   |
| <b>ด้านใบปฏิบัติงาน</b>  |                                                               |                  |   |   |   |   |
| 1                        | การทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                   |                  |   |   |   |   |
| 2                        | ขั้นตอนการปฏิบัติงานมีความชัดเจน                              |                  |   |   |   |   |
| 3                        | ปริมาณของวงจรเหมาะสม                                          |                  |   |   |   |   |
| 4                        | การบันทึกผลการทดลอง                                           |                  |   |   |   |   |
| 5                        | สรุปผลการทดลอง                                                |                  |   |   |   |   |
| <b>ด้านชุดสื่อการสอน</b> |                                                               |                  |   |   |   |   |
| 1                        | ชุดสื่อการสอนเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม               |                  |   |   |   |   |
| 2                        | ชุดสื่อการสอนมีความสวยงาม                                     |                  |   |   |   |   |
| 3                        | ชุดสื่อการสอนมีรายละเอียดชัดเจน และน่าสนใจ                    |                  |   |   |   |   |
| 4                        | ชุดสื่อการสอนมีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน                    |                  |   |   |   |   |
| 5                        | ชุดสื่อการสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาสูงขึ้น          |                  |   |   |   |   |

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนออื่น ๆ (ถ้ามี)

.....

.....

.....



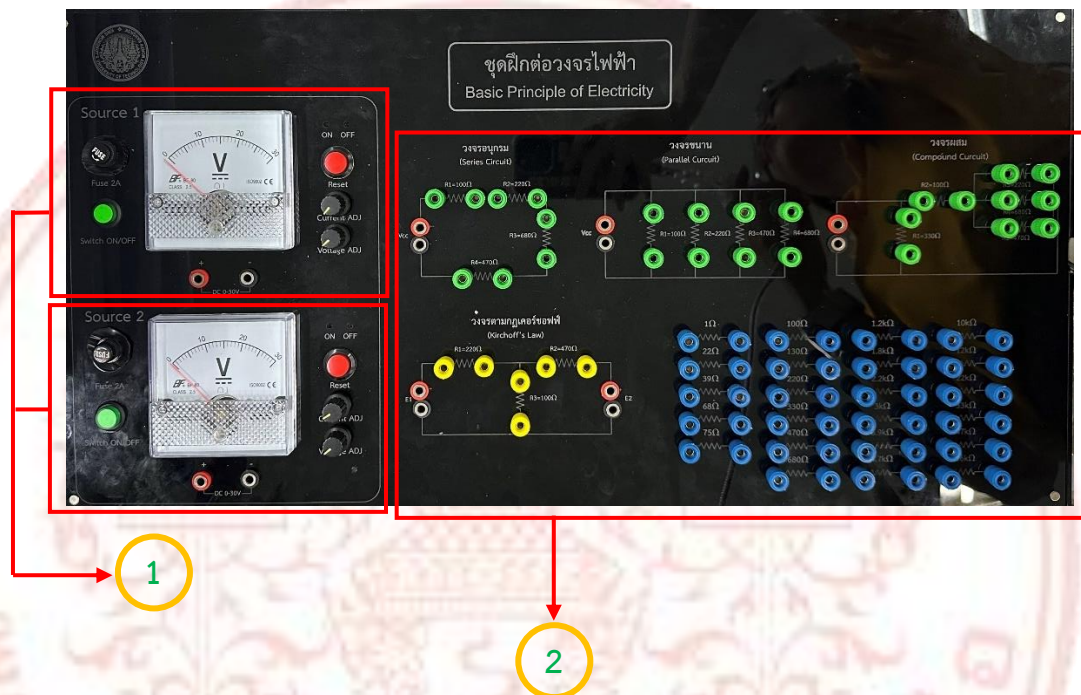


ภาคผนวก ค

- คู่มือการใช้งานชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า

## คู่มือการใช้งานชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า

ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ของระดับชั้น ปวช. นั้นประกอบด้วย ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า แผนการจัดการเรียนรู้ ใบปฏิบัติงาน แต่คู่มือในส่วนนี้จะสอนเฉพาะการใช้ชุดฝึกต่อวงจรไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดดังนี้



หมายเลข 1 แหล่งจ่าย (Source)



### วิธีการใช้ชุดฝึก

1. เลือกแหล่งจ่ายที่ 1 หรือ 2 ก็ได้
2. เมื่อเสียบปลั๊กแรงดันไฟฟ้าบ้าน 220V ให้กดปุ่ม Switch ON/OFF เพื่อทำการเปิดการทำงานของแหล่งจ่าย
3. กดปุ่ม Reset เพื่อทำการปรับแรงดัน 0-30V
4. ต่อวงจรตัวต้านทานในหมายเลข 2 ตามใบปฏิบัติงาน มีทั้งอนุกรม ขนาน ผสม วงจรเคอร์ชอฟฟ์ และวงจรอิสระ ให้เลือกต่อใช้งาน

## ประวัติผู้เขียน

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ                | นางสาวปณิดา เวียงทอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ชื่อการค้นคว้าอิสระ | ชุดสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ระดับชั้น<br>ปวช.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| สาขาวิชา            | วิศวกรรมไฟฟ้า                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ประวัติ             | <p>เกิดวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2541</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สายวิทย์-คณิต โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ ปีการศึกษา 2559</li> <li>- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2564</li> <li>- บรรจุข้าราชการครู แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี วันที่ 18 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 จนถึงปัจจุบัน</li> </ul> |