

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการออกแบบสร้างและพัฒนาชุดการสอน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ผู้รายงานขอเสนอขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา ดังนี้

1. วัตถุประสงค์ของการศึกษา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
3. วิธีดำเนินการศึกษา
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สรุปผลการศึกษา
6. อภิปรายผล
7. ข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การวิจัยและพัฒนาในครั้งนี้ผู้รายงานได้ออกแบบสร้างและพัฒนาชุดการสอนวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อออกแบบสร้างชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกที่มีระบบป้องกัน
2. เพื่อออกแบบสร้างชุดฝึกดิจิทัลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัยที่มีระบบป้องกัน
3. เพื่อออกแบบสร้างชุดฝึกดิจิทัลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัยอัตโนมัติที่มีระบบป้องกัน
4. เพื่อออกแบบสร้างชุดฝึกการใช้งานมัลติมิเตอร์และทดลองขยายพิสัยการวัดแอนะล็อกมัลติมิเตอร์
5. เพื่อออกแบบสร้างชุดฝึกมาตรวัดกำลังไฟฟ้าและอิมพีแดนซ์เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
6. เพื่อพัฒนาเอกสารประกอบการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556
7. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ 80/80
8. เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

9. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่เรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอนวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ก่อนเรียนและหลังเรียน

10. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

11. เพื่อประเมินชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 โดยครูที่ได้รับการเผยแพร่ที่มีต่อชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. ชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกที่มีระบบป้องกัน
2. ชุดฝึกดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัยที่มีระบบป้องกัน
3. ชุดฝึกดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัยอัตโนมัติที่มีระบบป้องกัน
4. ชุดฝึกการใช้งานมัลติมิเตอร์และทดลองขยายพิสัยการวัดแอนะล็อกมัลติมิเตอร์
5. ชุดฝึกมาตรวัดกำลังไฟฟ้าและอิมพีแดนซ์เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
6. เอกสารประกอบการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 จำนวน 15 หน่วย ประกอบด้วย

หน่วยที่ 1 เรื่อง ความรู้พื้นฐานในการวัดและมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อก

หน่วยที่ 2 เรื่อง มาตรวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

หน่วยที่ 3 เรื่อง มาตรวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

หน่วยที่ 4 เรื่อง มาตรวัดกระแสไฟตรง

หน่วยที่ 5 เรื่อง มาตรวัดความต้านทาน

หน่วยที่ 6 เรื่อง มัลติมิเตอร์ชนิดดิจิตอล

หน่วยที่ 7 เรื่อง โครงสร้างและการทำงานของขดลวดเคลื่อนที่

หน่วยที่ 8 เรื่อง การขยายพิสัยวัดกระแสไฟตรง

หน่วยที่ 9 เรื่อง การขยายพิสัยวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

หน่วยที่ 10 เรื่อง การขยายพิสัยวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

หน่วยที่ 11 เรื่อง การขยายพิสัยวัดความต้านทาน

หน่วยที่ 12 เรื่อง มาตรวัดกำลังไฟฟ้า

หน่วยที่ 13 เรื่อง ออสซิลโลสโคป

หน่วยที่ 14 เรื่อง เครื่องกำเนิดสัญญาณ

หน่วยที่ 15 เรื่อง อิมพีแดนซ์ภายในเครื่องมือวัดไฟฟ้า

7. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 จำนวน 2 ชุด แบบคู่ขนาน ชุดละจำนวน 60 ข้อ

8. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการรู้โดยใช้ชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 จำนวน 15 ชุด

9. แบบประเมินคุณภาพชุดการสอน โดยครูที่ได้รับการเผยแพร่ที่มีต่อชุดการสอน วิชา เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 แบ่งเป็น 5 ด้าน รวมจำนวน 21 ข้อ

วิธีการดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้รายงานได้ทำการทดลองกับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่เรียนในรายวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่ายโดยวิธีการจับสลาก จำนวน 20 คน โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2. เมื่อเริ่มต้นดำเนินการทดลอง ชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงกิจกรรมการเรียนการสอน
3. ดำเนินการสอนตามขั้นตอนของการใช้ชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556
4. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทำใบงาน และแบบทดสอบหลังเรียนของแต่ละชุด เพื่อนำไปวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ
5. หลังการเรียนการสอนทุกหน่วยจบลงแล้วจึงทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน
6. เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ ผู้รายงานได้วางแผนการจัดทำข้อมูลและดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ ตอนที่ 1 ชุดการสอนวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยชุดฝึก จำนวน 5 เครื่อง ดังนี้

- 1.1 ชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกที่มีระบบป้องกัน
- 1.2 ชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดดิจิทัลแบบปรับเลือกพิสัยที่มีระบบป้องกัน
- 1.3 ชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดดิจิทัลแบบปรับเลือกพิสัยอัตโนมัติที่มีระบบป้องกัน
- 1.4 ชุดฝึกการใช้งานมัลติมิเตอร์และทดลองขยายพิสัยการวัดแอนะล็อกมัลติมิเตอร์
- 1.5 ชุดฝึกมาตรวัดกำลังไฟฟ้าและอิมพีแดนซ์เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ตอนที่ 2 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ตามเกณฑ์ 80/80 โดยใช้สูตร E_1/E_2

ตอนที่ 3 วิเคราะห์หาดัชนีประสิทธิผลของชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

ตอนที่ 4 วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 โดยใช้ t-test (Dependent Samples)

ตอนที่ 5 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 โดยใช้สูตรค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตอนที่ 6 วิเคราะห์ความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 โดยครูที่ได้รับการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ โดยใช้สูตรค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สรุปผลการศึกษา

1. ชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกที่มีระบบป้องกัน

การทดสอบคุณภาพของชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกที่มีระบบป้องกัน

การทดสอบคุณภาพของชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกให้มีระบบป้องกันการชำรุดขณะใช้งานสามารถทดสอบคุณภาพตามการออกแบบสร้างได้ดังนี้ คือ

ตารางที่ 5.1 การทดสอบคุณภาพของชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกที่มีระบบป้องกัน

ลำดับ	รายการ	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
1	ระบบป้องกันฟิวส์ขาด	✓	
2	ระบบป้องกันการวัดค่าเกินพิสัย	✓	
3	ระบบป้องกันเมื่อตั้งพิสัยวัดไม่สอดคล้องกับการวัดหรือผิดฟังก์ชันการวัด	✓	
4	วงจรสร้างแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 3 V	✓	
5	วงจรสร้างแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 9 V	✓	
6	ทดสอบการทำงานของแอนะล็อกมัลติมิเตอร์และชุดขดลวดเคลื่อนที่	✓	

จากตารางที่ 5.1 เป็นการทดสอบคุณภาพของชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกที่มีระบบป้องกัน ซึ่งมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกโดยทั่วไปจะมีระบบป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการใช้งานที่

ผิดพลาดอยู่น้อยมาก ปกติจะใช้ฟิวส์ 0.5 A ป้องกันฟิวส์การวัด 250 mADC การใช้ฟิวส์วัดต่ำกว่า 250 mA จะมีโอกาสทำให้มาตรวัดชำรุดได้ง่าย เนื่องจากเน้นป้องกันเฉพาะฟิวส์วัดสูงสุด เมื่อเกิดการตั้งฟิวส์วัดไม่สอดคล้องกับการวัด เช่น กรณีเลือกฟิวส์วัดกระแสแต่นำไปใช้วัดแรงดัน ฟิวส์ที่ต่ออนุกรมกับขั้วบวกของสายวัดจะขาด มัลติมิเตอร์ใช้งานในฟิวส์ใด ๆ ไม่ได้ เมื่อฟิวส์ขาดแต่ละครั้งเป็นการสะสมการเสื่อมสภาพของมาตรวัด กรณีเลือกฟิวส์ที่มีการทนกระแสสูงขึ้นไปจะเพิ่มโอกาสที่จะทำให้มาตรวัดชำรุดเร็วขึ้น เนื่องจากปกติฟิวส์จะขาดได้กระแสจะต้องมีค่าสูงกว่าค่าฟิวส์ที่ป้องกันประมาณ 2 เท่า ในที่นี้การวัดกระแสฟิวส์ 250 mA ฟิวส์จะขาด แสดงว่าเกิดการวัดกระแส $0.5 \text{ A} \times 2 = 1 \text{ A}$ ในระยะเวลาตามคุณสมบัติของฟิวส์ ตัวอย่างเช่น ต้องการวัดกระแส 200 mA แต่ตั้งฟิวส์การวัดไปที่ 2.5 mA มาตรวัดจะรับกระแสเกิน $250/2.5 = 100$ เท่า ซึ่งมาตรฐานการออกแบบขดลวดเคลื่อนที่จะทนได้ 3-5 เท่า มาตรวัดจึงมีโอกาสชำรุดโดยที่ฟิวส์ไม่ขาดหลายเท่าตัว เมื่อเกิดขึ้นบ่อย ๆ ครั้งจะให้มาตรวัดชำรุดหรือมีความคลาดเคลื่อนสูงขึ้นไปตามจำนวนครั้งที่วัดโหลดเกินฟิวส์ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเครื่องมือที่ถูกใช้งานมานานจะเริ่มเสื่อมสภาพและมีความคลาดเคลื่อนสูงขึ้น ด้วยสาเหตุการวัดค่าเกินฟิวส์หรือผิดฟังก์ชันการวัด

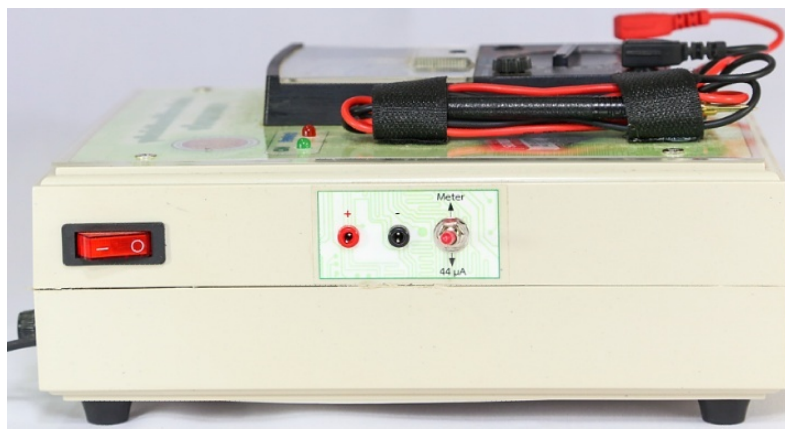
ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกที่มีระบบป้องกัน ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับฝึกทักษะการใช้งานมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อก โดยพัฒนาให้มีระบบต่าง ๆ ภายในตัวเครื่อง ดังนี้ คือ ระบบป้องกันฟิวส์ขาดสามารถใช้งานได้ ระบบป้องกันการวัดค่าเกินฟิวส์สามารถใช้งานได้ ระบบป้องกันเมื่อตั้งฟิวส์วัดไม่สอดคล้องกับการวัดหรือผิดฟังก์ชันการวัดสามารถใช้งานได้ และระบบใช้ไฟฟ้าแทนแบตเตอรี่ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแบตเตอรี่และแก้ปัญหาการให้เข็มชี้ตำแหน่งศูนย์ไม่ได้ในฟิวส์การวัดความต้านทาน ในกรณีแบตเตอรี่อ่อนสามารถใช้งานได้ กล่าวคือ ระบบป้องกันสามารถป้องกันได้ทุกฟิวส์และมีความเที่ยงตรงในการวัดค่าความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลจากการเพิ่มระบบป้องกันน้อยมาก ไม่เกินร้อยละ ± 1 และไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อการใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบกับมัลติมิเตอร์ที่มีรุ่นและยี่ห้อเดียวกันขณะใช้งานอิสระ

ผลจากการทดสอบการทำงานของแอนะล็อกมัลติมิเตอร์และชุดขดลวดเคลื่อนที่ โดยการโยกไป “บน” จะเป็นการต่อใช้งานมัลติมิเตอร์แบบปกติทำการทดสอบโดยปรับไปที่ฟิวส์โอห์ม Rx1 และทำการปรับตำแหน่งศูนย์ค่าที่ได้ 0Ω และโยกลง “ล่าง” จะเป็นการต่อใช้งานกับขดลวดเคลื่อนที่ภายในมัลติมิเตอร์โดยตรง ($44 \mu\text{A}$) ซึ่งทดสอบโดยการใช้อิทธิพลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกฟิวส์ เลือกฟิวส์การวัดค่าความต้านทาน $20 \text{ k}\Omega$ แล้วนำปลายสายวัดสีแดงและปลายสายวัดสีดำต่อเข้าขั้วบวกและลบชุดขยายขดลวดแอนะล็อกมัลติมิเตอร์ เข็มมิเตอร์ของแอนะล็อกจะขึ้นเต็มสเกลพอดี ค่าความต้านทานที่ได้จากดิจิตอลมัลติมิเตอร์ประมาณ $1.1 \text{ k}\Omega$ หรือปรับเลือกไปฟิวส์การวัดค่าความต้านทาน $200 \text{ k}\Omega$ เข็มของมัลติมิเตอร์แอนะล็อกจะเกิดการบ่ายเบนเล็กน้อย ค่าความต้านทานที่วัดได้จากดิจิตอลมัลติมิเตอร์ประมาณ $1.1 \text{ k}\Omega$

ดังนั้น จึงสรุปผลการทดสอบจากการทดลองคุณสมบัติของชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกสามารถทำงานได้ 2 ทางเลือกโดยการเลือกผ่านสวิตช์โยก คือ 1 โยกไปบนจะเป็นการต่อใช้งานแอนะล็อกมัลติมิเตอร์แบบปกติ และ 2 โยกสวิตช์ลงล่างจะเป็นการต่อใช้งานกับขดลวดเคลื่อนที่ภายในมัลติมิเตอร์โดยตรง ($44\mu\text{A}$) เมื่อทำการทดสอบมัลติมิเตอร์แอนะล็อกดังกล่าว ผลที่ได้ปรากฏว่ามัลติมิเตอร์แอนะล็อก เมื่อโยกสวิตช์ไปบนสามารถใช้งานได้ปกติและเมื่อโยกสวิตช์ไปล่าง สามารถวัดชุดขยายพิสัยการวัดได้ตามจุดประสงค์การออกแบบสร้าง



(ก) ด้านหน้า



(ข) ด้านข้าง



(ค) ด้านบน

รูปที่ 5.1 ชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกที่มีระบบป้องกัน

จากรูปที่ 5.1 เป็นชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกที่มีระบบป้องกัน ซึ่งออกแบบให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในห้องปฏิบัติการ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง เหมือนมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกทั่วไป

2. ชุดฝึกมัลติมิเตอร์ชนิดดิจิทัลแบบปรับเลือกพิสัยที่มีระบบป้องกัน

การทดสอบคุณภาพของชุดฝึกดิจิทัลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัยที่มีระบบป้องกัน

การทดสอบคุณภาพของชุดฝึกดิจิทัลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัยให้มีระบบป้องกันการชำรุดขณะใช้งานสามารถทดสอบคุณภาพตามการออกแบบสร้างได้ดังนี้

ตารางที่ 5.2 การทดสอบคุณภาพของชุดฝึกดิจิทัลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัยที่มีระบบป้องกัน

ลำดับ	รายการ	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
1	ระบบป้องกันพิสัยพิสัยการวัด 200 mA, วัดค่ากระแสต่ำ	✓	
2	ระบบป้องกันพิสัยพิสัยการวัด 10 A, วัดค่ากระแสสูง	✓	
3	วงจรป้องกันพิสัยพิสัยการวัดตัวเก็บประจุ	✓	
4	ระบบป้องกันเมื่อตั้งพิสัยวัดไม่สอดคล้องกับการวัดหรือผิดพลาดฟังก์ชันการวัด	✓	
5	วงจรสร้างแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 9 V	✓	

จากตารางที่ 5.2 เป็นการทดสอบคุณภาพของชุดฝึกดิจิทัลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัย ที่มีระบบป้องกัน ซึ่งระบบป้องกันพิสัยภายในมี 3 จุด คือ วัดกระแสค่าต่ำ ป้องกันพิสัยที่พิสัยการวัด 200 mA วัดกระแสค่าสูงป้องกันพิสัยที่พิสัยการวัด 10 A และวัดกระแสจากพิสัยวัดตัวเก็บประจุ เมื่อขณะใช้งานเกิดความผิดพลาดจะช่วยทำให้ดิจิทัลมัลติมิเตอร์ไม่เกิดความเสียหายง่าย มีแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับมัลติมิเตอร์เพื่อแก้ไขปัญหาแบตเตอรี่หมดวงจร ของดิจิทัลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัย คุณสมบัติของดิจิทัลมัลติมิเตอร์จะวัดกระแสไฟฟ้าได้ทั้งกระแสไฟตรงและกระแสไฟสลับ การทดสอบจะใช้การป้องกันกระแสไฟสลับเป็นหลัก เนื่องจากการวัดกระแสไฟตรงจะสามารถป้องกันร่วมกันโดยอัตโนมัติ ดังนั้น ระบบป้องกันสามารถป้องกันได้ทุกพิสัยและมีความเที่ยง ตรงในการวัดค่าความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลจากการเพิ่มระบบป้องกันน้อยมากและไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อการใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบกับดิจิทัลมัลติมิเตอร์ที่มีรุ่นและยี่ห้อเดียวกันขณะใช้งานอิสระ



(ก) ด้านหน้า



(ข) ด้านข้าง



(ค) ด้านบน

รูปที่ 5.2 ชุดฝึกดิจิทัลออสซิลโลสโคปแบบปรับเลือกพิสัยที่มีระบบป้องกัน

จากรูปที่ 5.2 เป็นชุดฝึกดิจิทัลออสซิลโลสโคปแบบปรับเลือกพิสัยที่มีระบบป้องกัน ซึ่งออกแบบให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในห้องปฏิบัติการ และสามารถนำไปใช้งานได้จริงเหมือนดิจิทัลออสซิลโลสโคปแบบปรับเลือกพิสัยทั่วไป

3. ชุดฝึกออสซิลโลสโคปชนิดดิจิทัลแบบปรับเลือกพิสัยอัตโนมัติที่มีระบบป้องกัน

การทดสอบคุณภาพของชุดฝึกดิจิทัลออสซิลโลสโคปแบบปรับเลือกพิสัยอัตโนมัติที่มีระบบป้องกัน

การทดสอบคุณภาพของชุดฝึกดิจิทัลออสซิลโลสโคปแบบปรับเลือกพิสัยอัตโนมัติให้มีระบบป้องกันการชำรุดขณะใช้งานสามารถทดสอบคุณภาพตามการออกแบบสร้างได้ดังนี้

ตารางที่ 5.3 การทดสอบคุณภาพของชุดฝึกดิจิทัลออสซิลโลสโคปแบบปรับเลือกพิสัยที่มีระบบป้องกัน

ลำดับ	รายการ	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
1	ระบบป้องกันพิสัยพิสัยการวัดเกิน 400 mA	✓	
2	ระบบป้องกันพิสัยพิสัยการวัดเกิน 10 A	✓	
3	ระบบป้องกันเมื่อตั้งพิสัยวัดไม่สอดคล้องกับการวัดหรือผิดฟังก์ชันการวัด	✓	
4	วงจรสร้างแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 9 V	✓	

จากตารางที่ 5.3 เป็นการทดสอบคุณภาพของชุดฝึกดิจิทัลออสซิลโลสโคปแบบปรับเลือกพิสัยอัตโนมัติ ที่มีระบบป้องกัน ซึ่งระบบป้องกันพิสัยภายในมี 2 จุด คือ ป้องกันพิสัยที่พิสัยการวัดเกิน 400 mA ซึ่งวัดกระแสค่าต่ำ และป้องกันพิสัยที่พิสัยการวัด 10 A ที่ใช้วัดกระแสค่าสูง เมื่อขณะใช้งานเกิดความผิดพลาดจะช่วยทำให้ดิจิทัลออสซิลโลสโคปไม่เกิดความเสียหายง่าย มีแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ

ดิจิตอลมัลติมิเตอร์เพื่อแก้ไขปัญหาเบตเตอร์หมดวงจร ซึ่งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัยอัตโนมัติ คุณสมบัติของดิจิตอลมัลติมิเตอร์จะวัดกระแสไฟฟ้าได้ทั้งกระแสไฟตรงและกระแสไฟสลับ

ดังนั้น การทดสอบจะใช้การป้องกันกระแสไฟสลับเป็นหลัก เนื่องจากการวัดกระแสไฟตรงจะสามารถป้องกันร่วมกันโดยอัตโนมัติ ดังนั้น ระบบป้องกันสามารถป้องกันได้ทุกพิสัยและมีความเที่ยง ตรงในการวัดค่าความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลจากการเพิ่มระบบป้องกันน้อยมาก ไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อการใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบกับดิจิตอลมัลติมิเตอร์ที่มีรุ่นและยี่ห้อเดียวกันขณะใช้งานอิสระ



(ก) ด้านหน้า



(ข) ด้านข้าง



(ค) ด้านบน

รูปที่ 5.3 ชุดฝึกดิจิทัลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัยอัตโนมัติที่มีระบบป้องกัน

จากรูปที่ 5.3 แสดงลักษณะของชุดฝึกดิจิทัลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัยอัตโนมัติ ที่มีระบบป้องกัน ซึ่งออกแบบให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในห้องปฏิบัติการ และสามารถนำไปใช้งานได้จริงเหมือนดิจิทัลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัยอัตโนมัติทั่วไป

4. ชุดฝึกการใช้งานมัลติมิเตอร์และทดลองขยายพิสัยการวัดแอมโพลมัลติมิเตอร์
การทดสอบคุณภาพของจุดวัดค่าอ้างอิง

ตารางที่ 5.4 ผลการทดสอบคุณภาพของจุดวัดค่าอ้างอิงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ลำดับ	รายการ	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับเลือกพิสัยอัตโนมัติ ที่ V ... ต่อขั้วบวก (V) และขั้ว COM			
1	วัดขั้วบวกและขั้วลบของเอาต์พุต 0.05 VDC	✓	
2	วัดขั้วบวกและขั้วลบของเอาต์พุต 0.39 VDC	✓	
3	วัดขั้วบวกและขั้วลบของเอาต์พุต 2.36 VDC	✓	
4	วัดขั้วบวกและขั้วลบของเอาต์พุต 6.31 VDC	✓	
5	วัดขั้วบวกและขั้วลบของเอาต์พุต 39.2 VDC	✓	
6	วัดขั้วบวกและขั้วลบของเอาต์พุต 232.0 VDC	✓	
7	วัดขั้วบวกและขั้วลบของเอาต์พุต 272.0 VDC	✓	

ตารางที่ 5.5 ผลการทดสอบคุณภาพของจุดวัดค่าอ้างอิงกระแสไฟตรง

ลำดับ	รายการ	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
1	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติ ที่ μA ... ต่อขั้วบวก (μA) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ไปวัดขั้วบวกและขั้วลบของเอาต์พุต 30 μA	✓	
2	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติ ที่ mA ... ต่อขั้วบวก (mA) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ไปวัดขั้วบวกและขั้วลบของเอาต์พุต 1.76 mA	✓	
3	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติ ที่ mA ... ต่อขั้วบวก (mA) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ไปวัดขั้วบวกและขั้วลบของเอาต์พุต 14.2 mA	✓	
4	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติ ที่ mA ... ต่อขั้วบวก (mA) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ไปวัดขั้วบวกและขั้วลบของเอาต์พุต 184 mA	✓	
5	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติ ที่ A ... ต่อขั้วบวก (10A) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ไปวัดขั้วบวกและขั้วลบของเอาต์พุต 450 mA	✓	

ตารางที่ 5.6 ผลการทดสอบคุณภาพของจุดวัดค่าอ้างอิงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

ลำดับ	รายการ	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
1	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติที่พิสัย V~ ต่อขั้วบวก (V) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ไปยัง ช่องเสียบสีแดงและช่องเสียบสีดำของเอาต์พุต ปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ ให้ได้แรงดันไฟสลับ 1.8 VAC เพื่อให้ชุดฝึกพร้อมใช้งาน ซึ่ง	✓	
2	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติที่พิสัย V~ ต่อขั้วบวก (V) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ไปยัง ช่องเสียบสีแดงและช่องเสียบสีดำของเอาต์พุต ปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ ให้ได้แรงดันไฟสลับ 5.4 VAC เพื่อให้ชุดฝึกพร้อมใช้งาน ซึ่ง	✓	
3	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติที่พิสัย V~ ต่อขั้วบวก (V) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ไปยัง ช่องเสียบสีแดงและช่องเสียบสีดำของเอาต์พุต ปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ ให้ได้แรงดันไฟสลับ 31 VAC เพื่อให้ชุดฝึกพร้อมใช้งาน ซึ่ง	✓	
4	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติที่พิสัย V~ ต่อขั้วบวก (V) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ไปยัง ช่องเสียบสีแดงและช่องเสียบสีดำของเอาต์พุต ปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ ให้ได้แรงดันไฟสลับ 235 VAC เพื่อให้ชุดฝึกพร้อมใช้งาน ซึ่ง	✓	
5	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติที่พิสัย V~ ต่อขั้วบวก (V) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ไปยัง ช่องเสียบสีแดงและช่องเสียบสีดำของเอาต์พุต ปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ ให้ได้แรงดันไฟสลับ 252 VAC เพื่อให้ชุดฝึกพร้อมใช้งาน ซึ่ง	✓	

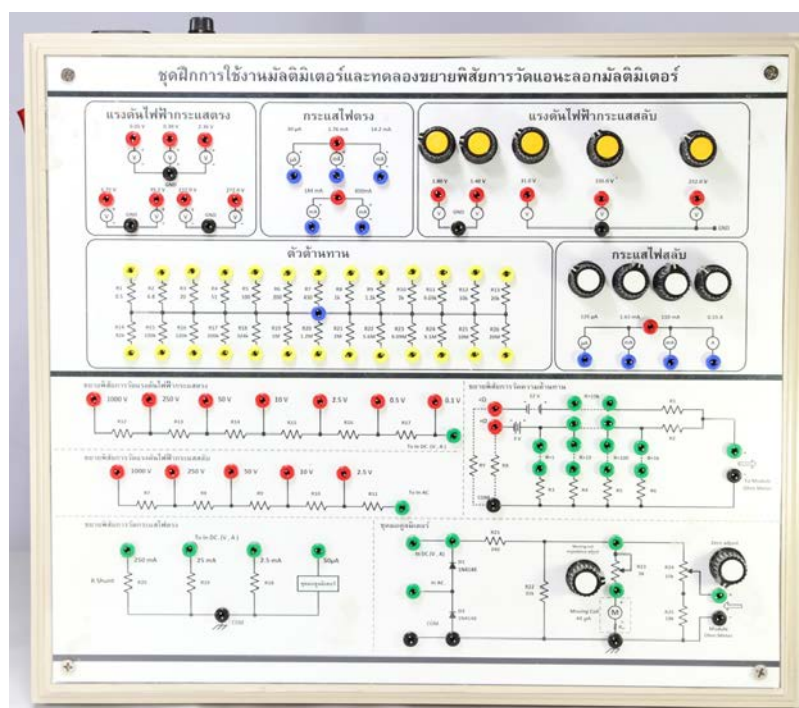
ตารางที่ 5.7 ผลการทดสอบคุณภาพของจุดวัดค่าอ้างอิงกระแสไฟสลับ

ลำดับ	รายการ	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
1	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติ ที่พิสัย μA ~ ต่อขั้วบวก (μA) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ไปยัง ช่องเสียบสีแดงและช่องเสียบสีดำของเอาต์พุต ปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ ให้ได้กระแสไฟสลับ $125\mu A$ เพื่อให้ชุดฝึกพร้อมใช้งาน ซึ่ง	✓	
2	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติ ที่พิสัย mA~ ต่อขั้วบวก (mA) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ไปยัง ช่องเสียบสีแดงและช่องเสียบสีดำของเอาต์พุต ปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ ให้ได้กระแสไฟสลับ 1.65 mA เพื่อให้ชุดฝึกพร้อมใช้งาน ซึ่ง	✓	

ตารางที่ 5.7 (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
3	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติ ที่พิสัย mA~ ต่อขั้วบวก (mA) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ไปยัง ช่องเสียบสีแดงและช่องเสียบสีดำของเอาต์พุต ปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ ให้ได้กระแสไฟสลับ 110 mA เพื่อให้ชุดฝึกพร้อมใช้งาน ซึ่ง	✓	
4	ตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบปรับพิสัยอัตโนมัติ ที่พิสัย A~ ต่อขั้วบวก (A) และขั้ว COM ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ไปยัง ช่องเสียบสีแดงและช่องเสียบสีดำของเอาต์พุต ปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ ให้ได้กระแสไฟสลับ 0.55 A เพื่อให้ชุดฝึกพร้อมใช้งาน ซึ่ง	✓	

จากตารางที่ 5.4 – 5.7 แสดงผลการทดสอบคุณภาพของจุดวัดค่าอ้างอิงต่าง ๆ จากชุดฝึกการใช้งานมัลติมิเตอร์ ๆ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติในการนำไปใช้งานตามทีออกแบบสร้างของชุดฝึก ๆ อ้างอิง สรุปได้ว่าจุดวัดค่าอ้างอิงต่าง ๆ จากชุดฝึกการใช้งานมัลติมิเตอร์ ๆ สามารถนำไปใช้ได้กับทุกพิสัยการวัดของมัลติมิเตอร์ชนิดแอนะล็อกและชนิดดิจิตอล



(ก) ด้านหน้า



(ข) ด้านข้าง



(ค) ด้านบน



(ง) ด้านล่าง

รูปที่ 5.4 ชุดฝึกใช้งานมัลติมิเตอร์และทดลองขยายพิกัดการวัดแอมโกลมัลติมิเตอร์

5. ชุดฝึกมาตรฐานวัดกำลังไฟฟ้าและอิมพีแดนซ์เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
การทดสอบคุณภาพของการสร้างชุดฝึกมาตรฐานวัดกำลังไฟฟ้าและอิมพีแดนซ์ เครื่องมือวัด
ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

การทดสอบคุณภาพของชุดฝึกมาตรฐานวัดกำลังไฟฟ้าและอิมพีแดนซ์ เครื่องมือวัดไฟฟ้า
และอิเล็กทรอนิกส์ สามารถทดสอบคุณภาพตามการออกแบบสร้างได้ดังนี้

ตารางที่ 5.8 ผลการทดสอบคุณภาพของโหลดชนิดต่าง ๆ จากมาตรฐานวัดกำลังไฟฟ้าแบบมาตรฐาน

บันทึกผล	VAC (V)		I (A)		P (W)		Q (VAR)		S (VA)		PF	
	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
R 1 k Ω 200 W	✓		✓		✓		✓		✓		✓	
L 3A	✓		✓		✓		✓		✓		✓	
C 30 μ F 450VAC	✓		✓		✓		✓		✓		✓	
R 136 Ω อนุกรม L 3A	✓		✓		✓		✓		✓		✓	
R 136 Ω อนุกรม C 30 μ F	✓		✓		✓		✓		✓		✓	

จากตารางที่ 5.8 ในทางปฏิบัติไม่ได้ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกควบคุมให้ค่าคงที่
เนื่องจากมีราคาแพงมาก จึงใช้แหล่งจ่ายไฟสลับภายในอาคารหรือห้องปฏิบัติการทดลองทางไฟฟ้า
ตามปกติ แต่ค่าแรงดันไฟฟ้ามีผลทำให้ค่า I, P, Q, S เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากแรงดันไฟฟ้า
กระแสสลับภายในอาคารหรือห้องปฏิบัติการทดลองไม่คงที่ ดังนั้น ค่าต่าง ๆ เมื่อทดสอบในเวลา
ที่แตกต่างกันค่าต่าง ๆ จึงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในการทดสอบต้องกดปุ่ม HOLD ของมาตรวัด
กำลังไฟฟ้าแบบมาตรฐาน เพื่อล็อกค่าไว้ทั้งหมด ซึ่งมี 6 ค่าที่อ่านได้ในเวลาเดียวกัน จึงจะได้ค่าที่
ถูกต้องที่แรงดันไฟฟ้านั้น ๆ แต่ค่า PF จะไม่แปรผันตามแรงดัน

ผลการทดสอบตัวต้านทาน (1 k Ω 200 W) เพียงอย่างเดียวมาประกอบในวงจรไฟฟ้ากระแส
สลับสามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ ผลที่ได้ คือ วัดค่ากำลังไฟฟ้าจริงได้ วัดค่า
ไฟฟ้ากำลังปรากฏได้ และจะมีค่าเท่ากันเสมอ วัดค่ากำลังไฟฟ้าจินตภาพเป็น 0 VAR เสมอ และวัดค่า
PF = 1.00 เสมอ เนื่องจากโหลดเป็นตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว เมื่อคำนวณมุม θ ได้ 0° จึงถูกต้อง

ตามทฤษฎี คือ กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมดังกล่าวมีมุมเฟสไม่แตกต่างกัน ดังนั้น สรุปได้ว่าผลการทดสอบโดยใช้โพลิตัวด้านทานอย่างเดียวยังมีความถูกต้องตามหลักทางทฤษฎีทุกประการ

การทดสอบเมื่อนำตัวเหนี่ยวนำ (L 3 A) เพียงอย่างเดียวมาประกอบในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ ผลที่ได้ คือ วัดค่ากำลังไฟฟ้าจริงได้ วัดค่ากำลังไฟฟ้าจินตภาพได้ วัดค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏได้ โดยปกติค่า Q จะมีค่าน้อยกว่าค่า S ประมาณ -1 และวัดค่า PF ได้ ถูกต้องตามทฤษฎี คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะมีเฟสเกิดขึ้นล่าช้าหลังแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำอยู่ 90° ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าผลการทดสอบโดยใช้โพลิตัวเหนี่ยวนำอย่างเดียวยังมีความถูกต้องตามหลักทางทฤษฎีทุกประการ

ผลการทดสอบเมื่อนำตัวเก็บประจุ (C 30 μ F) เพียงอย่างเดียวมาประกอบในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ ผลที่ได้ คือ วัดค่ากำลังไฟฟ้าจริงได้ วัดค่ากำลังไฟฟ้าจินตภาพและวัดค่ากำลังปรากฏได้เท่ากัน และวัดค่า PF ได้ ซึ่งถูกต้องตามทฤษฎี คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะมีเฟสเกิดขึ้นนำหน้าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุอยู่ 90° ดังนั้น สรุปได้ว่าผลการทดสอบโดยใช้โพลิตัวเก็บประจุอย่างเดียวยังมีความถูกต้องตามหลักทางทฤษฎีทุกประการ

ผลการทดสอบเมื่อนำตัวด้านทาน (136 Ω 300 W) และตัวเหนี่ยวนำ (L 3 A) ต่อกันแบบอนุกรมและต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ผลที่เกิดขึ้น คือ ค่า I, P, Q และ S จะแปรผันตรงตามแรงดัน วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ วัดค่า PF ได้ คำนวณมุม θ ได้ค่าน้อยกว่า 90° เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะเกิดการร่วมเฟสกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวด้านทาน แต่ล่าช้าแรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำเป็นมุม 90° วัดค่ากำลังไฟฟ้าจริงได้ วัดค่ากำลังไฟฟ้าจินตภาพเนื่องจากเป็นวงจรอนุกรม R-L ที่ค่า $R \gg Z_L$ ค่า P จึงมากกว่า Q เสมอ วัดค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏได้ จึงสรุปได้ว่าสามารถทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าของโพลิตัวด้านทานและตัวเหนี่ยวนำมาต่อกันแบบอนุกรมได้ถูกต้อง

ผลการทดสอบเมื่อนำตัวด้านทาน (136 Ω 300 W) และตัวเก็บประจุ (C 30 μ F) มาต่อกันแบบอนุกรมและต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ผลที่ได้กระแสไฟฟ้าในวงจรจะนำหน้าแรงดันไฟฟ้าเสมอ วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ วัดค่ากำลังไฟฟ้าจริงได้ ซึ่งปกติจะแปรผันตรงกับค่าความต้านทาน วัดค่ากำลังไฟฟ้าจินตภาพได้ เนื่องจากประกอบด้วยตัวด้านทานและตัวเก็บประจุต่อกันแบบอนุกรม จึงมีค่าเป็นลบเสมอ วัดค่า PF ได้ และค่ากำลังไฟฟ้า Q จะแปรผกผันกับค่าความต้านทานที่นำมาต่ออนุกรม เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะเกิดการร่วมเฟสกับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวด้านทานแต่นำหน้าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุเป็นมุม 90° จึงสรุปได้ว่าผลการทดสอบเป็นค่าที่ยอมรับได้ สามารถต่อวงจรและใช้งานมาตรวัดกำลังไฟฟ้าแบบมาตรฐานสำหรับวัดและทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าจริง, กำลังไฟฟ้าปรากฏ, กำลังไฟฟ้าจินตภาพและค่าปริมาณไฟฟ้าอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กันของโพลิตัวแต่ละชนิดได้

การทดสอบคุณภาพของชุดฝึกมาตรวัดกำลังไฟฟ้าชนิดดิจิทัลแบบทั่วไป

ตารางที่ 5.9 ผลการทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าโดยประมาณของโหลดชนิดต่าง ๆ

บันทึกผล		P(W)		VAC(V)		I(A)		PF	
		ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
หลอดไส้ (25 W)		✓		✓		✓		✓	
หลอดไส้ LED (5 W)		✓		✓		✓		✓	
หลอดคอมแพค (11 W)		✓		✓		✓		✓	
หลอด LED (6 W)		✓		✓		✓		✓	
หม้อแปลง	ไม่มีโหลด	✓		✓		✓		✓	
	มีโหลด ใช้ R 136 Ω	✓		✓		✓		✓	
สวิตช์	หลอดดับ	✓		✓		✓		✓	
อัตโนมัติ	หลอดติด หลอดไส้ (25 W)	✓		✓		✓		✓	

ผลการทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าโดยประมาณของโหลดชนิดต่าง ๆ จากตารางที่ 5.9 หลอดไส้ 25 W วัดค่ากำลังจริงได้ แต่ความคลาดเคลื่อนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะกำลังไฟฟ้าจริง จะแปรผันตรงกับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขณะทดสอบ ซึ่งค่ากำลังจะเพิ่มหรือลดตามแรงดันไฟฟ้าขณะทดลองตลอดเวลา นอกเหนือจากความคลาดเคลื่อนปกติของมาตรวัดกำลังไฟฟ้าและวัดค่า PF ได้เป็นไปตามคุณสมบัติของโหลด R ที่ใช้ผลิตหลอดไส้

ผลการวัดหลอดไส้ LED ขนาด 5 W วัดค่ากำลังจริงได้ ซึ่งเกิดความคลาดเคลื่อนสูง โดยอาจเกิดจากขีดจำกัดของมาตรวัดในการใช้วัดค่าต่ำ ๆ ส่งผลให้ความคลาดเคลื่อนจะสูง เนื่องจากออกแบบมาเพื่อให้ใช้วัดค่ากำลังไฟฟ้ามัก แต่เพื่อให้เกิดการเรียนรู้มาตรวัดกำลังไฟฟ้าที่หลากหลาย ซึ่งอาจมีประเด็นที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูง ถือว่าไม่ผิดเงื่อนไข เนื่องจากเป็นการทดลองระดับพื้นฐาน ส่วนค่า PF วัดได้ มีคุณสมบัติเป็นตัวเหนี่ยวนำ ด้วยเหตุผลว่าตัวต้านทานหรือเส้นลวดที่นำมาขดจะมีค่าความเหนี่ยวนำร่วมด้วยเสมอ ไม่ใช่เกิดขึ้นได้เฉพาะโหลดหม้อแปลงหรือขดลวดไฟฟ้า

ผลการวัดหลอดคอมแพคขนาด 11 W วัดค่ากำลังจริงได้ถูกต้อง วัดค่า PF ได้ มีคุณสมบัติเป็นตัวเหนี่ยวนำ ด้วยเหตุผลจากโครงสร้างและวงจรของหลอดคอมแพคภายในเป็นวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตซิ่งมีโหลดหม้อแปลงความถี่สูง เป็นตัวจ่ายแรงดันให้หลอด จึงทำให้เกิดค่าความเหนี่ยวนำร่วมกับค่าตัวต้านทาน เนื่องจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปจะมีคุณสมบัติเป็นตัวต้านทานเสมอ แต่ผลรวมอาจมีค่าความเหนี่ยวนำหรือค่าความจุปนรวมกับตัวต้านทานได้

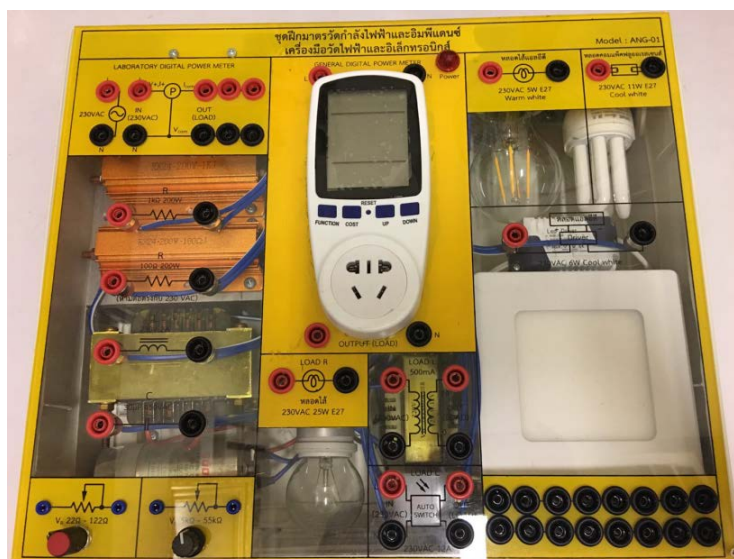
ผลการวัดหลอด LED ขนาด 6 W วัดค่ากำลังไฟฟ้าจริงได้ มีค่าที่ใกล้เคียงกัน วัดค่า PF ได้ มีคุณสมบัติเป็นตัวเหนี่ยวนำ วิเคราะห์จากกล่องไดร์เวอร์ที่ติดมาพร้อมชุดหลอด ซึ่งเป็นตัวคอนเวอร์เตอร์เปลี่ยนไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรงไปเลี้ยงหลอดแอลอีดี ซึ่งวงจรภายในเป็นแหล่งจ่ายจ่ายไฟแบบสวิตซิ่งที่มีหม้อแปลงเป็นโหลดแล้วใช้ไดโอดและตัวเก็บประจุเปลี่ยนให้เป็นแรงดันไฟฟ้า

ผลการวัดและทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าของหม้อแปลง พบว่าขณะมีโหลดเกิดกำลังไฟฟ้าจริงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ตามโหลดที่นำมาต่อทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าจริงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เป็นไปตามคุณสมบัติของโหลด L

ผลการวัดและทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าของสวิตช์อัตโนมัติ พบว่าขณะหลอดติดวัดกำลังไฟฟ้าจริงได้ วัดค่า PF ได้ เป็นไปตามคุณสมบัติของโหลด C โดยวิเคราะห์แหล่งจ่ายภายในสวิตช์อัตโนมัติที่มีตัวเก็บประจุเป็นโหลด

จึงสรุปได้ว่าผลการทดสอบเป็นค่าที่ยอมรับได้ สามารถต่อวงจรและใช้งานมาตรวัดกำลังไฟฟ้าชนิดดิจิตอลแบบทั่วไป สำหรับวัดและทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าจริง และคำนวณหาค่าตัวประกอบกำลังของโหลดชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

จากรูปที่ 5.5 เป็นชุดฝึกมาตรวัดกำลังไฟฟ้าและอิมพีแดนซ์ เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่สมบูรณ์ ซึ่งออกแบบให้มีความเหมาะสมและหลากหลายสอดคล้องกับการเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้งานวัตต์มิเตอร์ วาร์มิเตอร์ และเพาเวอร์แฟกเตอร์



(ก) ชุดฝึกมาตรวัดกำลังไฟฟ้าและอิมพีแดนซ์ เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์



(ข) ด้านบนชุดฝึกมาตรวัดกำลังไฟฟ้าและอิมพีแดนซ์ เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์



(ค) ด้านข้างชุดฝึกมาตรวัดกำลังไฟฟ้าและอิมพีแดนซ์ เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 5.5 ชุดฝึกมาตรวัดกำลังไฟฟ้าและอิมพีแดนซ์ เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

6. ประสิทธิภาพของชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 มีค่าเฉลี่ย E_1/E_2 เท่ากับ 84.33/85.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ E_1/E_2 เท่ากับ 80/80

7. ดัชนีประสิทธิผลของชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 มีค่าเท่ากับ 0.7614 แสดงว่านักเรียนมีคะแนนเพิ่มจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 76.14

8. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 มีค่า

เฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน เท่ากับ 22.77 และค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 51.10 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

9. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 โดยภาพรวม พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.34 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.46

10. ความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเหมาะสมมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.28

อภิปรายผล

จากการออกแบบสร้างและพัฒนาชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 มีประเด็นที่นำมาอภิปรายผลดังนี้

1. ผลการพัฒนาชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 พบว่า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.33/85.17 หมายความว่า นักเรียนทั้งหมดได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำใบงานและแบบทดสอบหลังเรียนของแต่ละชุด ทั้ง 15 ชุด คิดเป็นร้อยละ 84.33 และคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 85.17 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ อาจเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้ ชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านกระบวนการขั้นตอนในการจัดทำอย่างเป็นระบบและวิธีการเขียนแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม โดยได้ศึกษาจากหลักสูตร เนื้อหา เทคนิคและวิธีการจากเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ผู้เรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ดังที่ สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545 : 57- 58) ระบุประโยชน์ของชุดการสอน ซึ่งสอดคล้องกับ บุญเกื้อ ควรหาเวช (2543 : 110 -111) ดังนี้ 1) ส่งเสริมการเรียนรู้รายบุคคล ผู้เรียนเรียนได้ตามความสามารถ ความสนใจตามเวลา และโอกาสที่เหมาะสมของแต่ละคน 2) ช่วยขจัดปัญหาการขาดแคลนครู เพราะชุดการสอนช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้ด้วยตนเอง หรือต้องการความช่วยเหลือจากผู้สอนเพียงเล็กน้อย 3) ช่วยในการศึกษานอกระบบโรงเรียน เพราะผู้เรียนสามารถนำเอาชุดการสอนไปใช้ได้ ทุกสถานที่และทุกเวลา 4) ช่วยลดภาระและช่วยสร้างความพร้อมและความมั่นใจให้แก่ครู เพราะชุดการสอน ถูกจัดเป็นหมวดหมู่ สามารถนำไปใช้ได้ทันที 5) เป็นประโยชน์ในการสอนแบบศูนย์การเรียน 6) ช่วยให้ครูวัดผลผู้เรียนได้ตรงตามความมุ่งหมาย 7) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกการตัดสินใจ แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และมีความรับผิดชอบต่อนตนเองและสังคม 8) ช่วยให้ผู้เรียนจำนวนมากได้รับความรู้แนวเดียวกันอย่างมีประสิทธิภาพ และ 9) ช่วยฝึกให้ผู้เรียนรู้จักเคารพ นับถือความคิดเห็นของผู้อื่น รวมไปถึงผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและได้ผ่านการทดลอง แบบรายบุคคล แบบกลุ่มย่อย และแบบภาคสนาม เพื่อนำมา

ปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุเมธ แยมชุตติ (2557 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอนวิชางานวัดละเอียดช่างยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชานานยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครู งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดการสอน (2) เพื่อพัฒนาชุดการสอนวิชากรวัดละเอียด ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขางานยานยนต์ (3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่อชุดการสอนวิชากรวัดละเอียด (4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดการสอนวิชากรวัดละเอียด (5) ศึกษาความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อชุดการสอนวิชางานวัดละเอียดช่างยนต์ นักเรียนระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชานานยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครู ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีค่า E_1 เท่ากับ 83.91 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้และค่า E_2 เท่ากับ 83.18 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดให้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุชาดา ถิกสถิต (2557 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอนรายบุคคล วิชา โครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ ทางด้านฮาร์ดแวร์ สำหรับนักศึกษา ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคระยอง จังหวัดระยอง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาชุดการสอนรายบุคคลวิชาโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้านฮาร์ดแวร์สำหรับนักศึกษาระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคระยอง ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด (2) ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วย ชุดการสอนรายบุคคลวิชาโครงสร้างระบบ คอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้าน ฮาร์ดแวร์ที่ผลิตขึ้น (3) เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอนรายบุคคล วิชาโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้านฮาร์ดแวร์ และ (4) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดการสอนรายบุคคลวิชาโครงสร้างระบบ คอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้านฮาร์ดแวร์ ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนรายบุคคล วิชาโครงสร้างระบบ คอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้านฮาร์ดแวร์ มี ประสิทธิภาพ 80.14/80.28 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 สอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวลักษณ์ สุวรรณรงค์ (2558:บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง การควบคุม การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างเป็นระบบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดการสอนเรื่อง การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างเป็นระบบ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ แบบร่วมมือและใช้ปัญหาเป็นฐานหุ่นยนต์ที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ 2) เปรียบเทียบการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยชุดการสอนสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบ ร่วมมือและใช้ปัญหาเป็นฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 3) ศึกษาความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อชุดการสอน เรื่อง การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างเป็นระบบ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนเรื่องการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เพื่อ เสริมสร้างการคิดอย่างเป็นระบบ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือและใช้ปัญหาเป็นฐาน มี ประสิทธิภาพ เท่ากับ 73.67/74.20 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ 70/70 และสอดคล้องกับงานวิจัย ของทรงธรรม ดีวาณิชสกุล และคณะ (2559 : บทความวิจัย) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและ

หาประสิทธิภาพชุดการสอนสมรรถนะรายวิชา “วิชาคณิตศาสตร์ยานยนต์” หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ผลการวิจัย พบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.61/72.85 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 70/70

2. ดัชนีประสิทธิผลของชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 มีค่าเท่ากับ 0.7614 แสดงว่านักเรียนมีคะแนนเพิ่มจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 76.14 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้รายงานได้จัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งนักเรียนได้ศึกษาหาความรู้และทำความเข้าใจด้วยตนเองซึ่งเป็นประสบการณ์ตรง นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนยังสอดคล้องกับการพัฒนาสติปัญญาของนักเรียน ซึ่งชุดการสอนนั้นมุ่งเน้นให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น รู้จักค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยเฉพาะนักเรียนที่เรียนอ่อนจะเรียนรู้ได้ผลมากยิ่งขึ้น เพราะในกลุ่มเด็กเก่งจะช่วยอธิบาย และร่วมกันคิด โดยตลอดในทุกกิจกรรมที่กำหนดให้ฝึกปฏิบัติ ดังที่ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคนอื่นๆ (2526 : 197) กล่าวถึง แนวคิด หลักการ และทฤษฎีต่างๆ ที่นำไปสู่การผลิตชุดการสอน มี 5 ประการ ดังนี้ แนวคิดที่ 1 เป็นแนวคิดตามหลักจิตวิทยาที่เกี่ยวกับทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล ซึ่งนักการศึกษาได้นำแนวคิดนี้มาจัดการเรียนการสอน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน โดยการจัดการศึกษาที่ให้อิสระในการเรียนรู้ด้วยตนเองตามกำลังความสามารถของแต่ละคน แนวคิดที่ 2 เป็นแนวคิดที่พยายามจะเปลี่ยนการจัดการสอนจากแบบเดิมที่ยึดครูเป็นศูนย์กลาง ซึ่งมีครูเป็นแหล่งความรู้ มาเป็นแบบของการนำประสบการณ์ และสื่อประสมที่ตรงตามเนื้อหา ในรูปของชุดการสอนโดยให้นักเรียนศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองจากชุดการสอน แนวคิดที่ 3 เป็นแนวคิดที่พยายามจะจัดระบบการผลิต และการใช้อุปกรณ์การสอนไว้เป็นไปในรูปสื่อประสมโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปลี่ยนจากการใช้สื่อในการช่วยครูสอนมา เป็นช่วยนักเรียน แนวคิดที่ 4 เป็นแนวคิดที่พยายามจะสร้างปฏิสัมพันธ์ให้เกิดขึ้นระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับสภาพแวดล้อม โดยนำสื่อการสอนและทฤษฎีของกระบวนการกลุ่มมาใช้ในการประกอบกิจกรรมร่วมของนักเรียน และแนวคิดที่ 5 เป็นแนวคิดที่ยึดหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ มาจัดสภาพการเรียนรู้เพื่อให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ โดยการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เข้าร่วมในการเรียนด้วยตนเอง โดยทราบว่า การตัดสินใจหรือการทำงานของตนถูกต้อง หรือผิดในทันที มีการเสริมแรง ทำให้นักเรียนได้เกิดความภาคภูมิใจที่ตนทำได้ถูกหรือคิดถูก อาจจะทำให้กระทำพฤติกรรมนั้นอีกในอนาคต และการที่ค่อยเรียนรู้ไปทีละขั้นตามความสามารถ และความสนใจของนักเรียนเอง โดยไม่ต้องมีใครมาบังคับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุชาติา ถีกสถิต (2557 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอนรายบุคคล วิชา โครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ ทางด้านฮาร์ดแวร์ สำหรับนักศึกษา ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่1 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิค ระยอง จังหวัดระยอง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาชุดการสอนรายบุคคลวิชาโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้านฮาร์ดแวร์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคระยอง ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด (2) ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วย ชุดการสอนรายบุคคลวิชาโครงสร้างระบบ คอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้าน

ฮาร์ดแวร์ที่ผลิตขึ้น (3) เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอนรายบุคคล วิชาโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้านฮาร์ดแวร์ และ (4) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดการสอนรายบุคคลวิชาโครงสร้างระบบ คอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้านฮาร์ดแวร์ ผลการวิจัยปรากฏว่า ดัชนีประสิทธิผลของชุด การสอนบุคคลวิชาโครงสร้างระบบ คอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้านฮาร์ดแวร์ มีค่าเท่ากับ 0.7550 หมายความว่า นักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 75.50 และสอดคล้อง กับงานวิจัยของ เอกพันธ์ พาเจริญ (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาและหา ประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่องสายอากาศ ไมโครสตริป สำหรับการศึกษาในระดับปริญญาตรี การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่องสายอากาศไมโครสตริป สำหรับ การศึกษาในระดับปริญญาตรี 2) ศึกษาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอนเรื่อง สายอากาศ ไมโครสตริป สำหรับการศึกษาในระดับปริญญาตรี ผลการวิจัยพบว่า ดัชนี ประสิทธิภาพของ ชุดการสอน เรื่อง สายอากาศ ไมโครสตริป สำหรับการศึกษาในระดับปริญญาตรี มีค่าเท่ากับ 0.7287 หมายความว่า นักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 72.87

3. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยชุดการสอน วิชา เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน การที่ผลการศึกษา เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะการเรียนโดยใช้ชุดการสอนที่ผู้รายงานพัฒนาขึ้น สามารถทำให้ผู้เรียนได้รับ การฝึกเป็นรายบุคคล ดังที่เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2528 : 292-293) ได้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎี ที่ใช้ในการสร้างชุดการสอนซึ่งสามารถนำมาใช้ในการสร้างชุดการสอน ดังนี้ 1) ความแตกต่างระหว่าง บุคคล (Individual Differences) นักการศึกษาได้นำหลักจิตวิทยาในด้านความแตกต่างระหว่าง บุคคลมาใช้เพราะถือว่าการสอนนั้นไม่สามารถจะปั้นผู้เรียนให้เป็นพิมพ์เดียวกันได้ในเวลาที่เท่ากัน เพราะผู้เรียนแต่ละคนจะเรียนรู้ตามวิถีทางของเขาและใช้เวลาเรียน ในเรื่องหนึ่งๆ ที่แตกต่างกันไป ความแตกต่างเหล่านี้มี ความแตกต่างในด้านความสามารถ (Ability) สติปัญญา (Intelligence) ความ ต้องการ (Need) ความสนใจ (Interest) ร่างกาย (Physical) อารมณ์ (Emotion) และสังคม (Social) ด้วยเหตุผลที่คนเรามีความแตกต่างกันดังกล่าว ผู้สร้างชุดการสอน จึงพยายามที่จะหาวิธีการที่ เหมาะสมที่สุดในการที่จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ในชุดนั้น ๆ ซึ่งวิธีที่เหมาะสมที่สุดวิธีหนึ่งก็คือ การจัดการสอนรายบุคคล หรือการจัดการสอนตามเอกัตภาพ หรือการศึกษาด้วยตนเองซึ่งล้วนแต่เป็นวิธีสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนตามความ แตกต่างของแต่ละคน 2) การนำสื่อประสมมาใช้ (Multi-media Approach) เป็นการนำเอาสื่อการ สอนหลายประเภทมาใช้สัมพันธ์กันอย่างมีระบบ ความพยายามอันนี้ก็เพื่อที่จะเปลี่ยนแปลงการเรียน การสอนจากเดิมที่เคยยึดครูเป็นแหล่งให้ความรู้หลัก มาเป็นการจัดประสบการณ์ ให้ผู้เรียนเรียนด้วย การใช้แหล่งความรู้จากสื่อประเภทต่างๆ 3) ทฤษฎีการเรียนรู้ (Learning Theory) เป็นจิตวิทยาการ เรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ 3.1) เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง 3.2) ตรวจสอบผลการ เรียนของตนเองว่าถูกหรือผิดได้ทันที 3.3) มีการเสริมแรง คือ ผู้เรียนจะเกิดความภาคภูมิใจ ดีใจที่ ตนเองทำได้ถูกต้อง เป็นการให้กำลังใจที่จะเรียนต่อไป ถ้าตนเองทำไม่ถูกต้องจะได้ทราบว่าจะถูกต้อง นั้นคืออะไร จะได้ไตร่ตรองพิจารณาทำให้เกิดความเข้าใจ ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดความท้อถอยหรือสิ้นหวัง

ในการเรียน เพราะเขามีโอกาสที่จะสำเร็จได้เหมือนคนอื่นเหมือนกัน 3.4) เรียนรู้ไปที่ละขั้นตามความสามารถและความสนใจของตนเอง 4) การใช้การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) เป็นการนำเอาการวิเคราะห์ระบบมาใช้โดยจัดเนื้อหาวิชาให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและวัยของผู้เรียนทุกสิ่งทุกอย่างที่จัดไว้ในชุดการสอนจะสร้างขึ้นอย่างมีระบบจะต้องมีการตรวจเช็คทุกขั้นตอนและทุกอย่างจะต้องสัมพันธ์สอดคล้องกันเป็นอย่างดี มีการทดลองปรับปรุงจนมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเป็นที่เชื่อถือได้จึงจะนำออกใช้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ กิตติภพ ไกรเพชร (2555 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง ชุดการสอนการทำงานของเซนเซอร์เครื่องยนต์ดีเซลคอมมอลเรล การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างชุดการสอน หาคุณภาพ หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และหาความพึงพอใจของผู้เรียน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนโดยใช้ค่า t ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 33.99 พบว่าเมื่อนำไปเทียบกับค่า t ในตารางค่าวิกฤตที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ค่า df มีค่าเป็น 85 นำค่าที่ได้เปิดตาราง t มีค่าเป็น 1.6630 ดังนั้นค่า t ที่คำนวณได้มีค่าสูงกว่าค่าวิกฤตของ t จากตาราง แสดงว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น โดยมีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของสุเมธ แยมชุตติ (2557 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอนวิชางานวัดละเอียดช่างยนต์ นักเรียนระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชานยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครู งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดการสอน (2) เพื่อพัฒนาชุดการสอนวิชาการวัดละเอียด ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชานยนต์ (3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่อชุดการสอนวิชาการวัดละเอียด (4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดการสอนวิชาการวัดละเอียด (5) ศึกษาความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อชุดการสอนวิชางานวัดละเอียดช่างยนต์ นักเรียนระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชานยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครู ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของทรงธรรม ดีวานิชสกุล และคณะ (2559 : บทความวิจัย) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดการสอนสมรรถนะรายวิชา “วิชาคณิตศาสตร์ยานยนต์” หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา วิธิดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย พบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

4. นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 โดยภาพรวม พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.34 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.46 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนด้วยชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนปรึกษาหารือในการตอบคำถาม อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นสถานการณ์ หรือทำความเข้าใจเนื้อหาที่เป็นความคิดรวบยอดที่กำหนดให้ มีการปรึกษาหารือกัน พูดคุย ชักถาม และอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ก่อให้เกิดบรรยากาศที่ดีในการเรียน มีเจตคติที่ดีต่อวิชาที่เรียน

ส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของกิตติภพ ไกรเพชร (2555:บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง ชุดการสอนการทำงานของเซนเซอร์เครื่องยนต์ดีเซลคอมมอลเรล การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างชุดการสอน หาคุณภาพ หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และหาความพึงพอใจของผู้เรียน ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดการสอนการทำงานของเซนเซอร์ของเครื่องยนต์ดีเซลคอมมอลเรล โดยรวมทั้งหมด มีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.50$, S.D.= 0.26) ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุชาติา ถิกสถิต (2557 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอนรายบุคคล วิชาโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ ทางด้านฮาร์ดแวร์ สำหรับนักศึกษา ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคระยอง จังหวัดระยอง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาชุดการสอนรายบุคคลวิชาโครงสร้างระบบ คอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้านฮาร์ดแวร์ สำหรับนักศึกษาระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคระยอง ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด (2) ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วย ชุดการสอนรายบุคคลวิชาโครงสร้างระบบ คอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้านฮาร์ดแวร์ที่ผลิตขึ้น (3) เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดการสอนรายบุคคล วิชาโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ ทางด้านฮาร์ดแวร์ และ (4) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดการสอนรายบุคคลวิชา โครงสร้างระบบ คอมพิวเตอร์ เรื่องโครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ทางด้านฮาร์ดแวร์ ผลการวิจัยปรากฏว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยชุดการสอนรายบุคคล มีความพึงพอใจต่อชุดการสอนรายบุคคลอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกพันธ์ พาเจริญ (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่องสายอากาศไมโครสตริป สำหรับการศึกษา ระดับปริญญาตรี การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่องสายอากาศไมโครสตริป สำหรับการศึกษา ระดับปริญญาตรี 2) ศึกษาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอน เรื่องสายอากาศ ไมโครสตริป สำหรับการศึกษา ระดับปริญญาตรี ผลการวิจัยพบว่า ผลของการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนพบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจ ต่อชุดการสอนอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.09$)

5. ความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเหมาะสมมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.28 เห็นว่ามีประสิทธิภาพ นำไปใช้ในการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถการเรียนรู้ของนักเรียนได้จริง อาจเนื่องมาจากชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นมีการวางแผนและพัฒนาอย่างเป็นระบบ ปรับปรุงแก้ไขหลายครั้ง โดยคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุเมธ แยมชุตติ (2557 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอนวิชางานวัดละเอียดช่างยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชานยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครู งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดการสอน (2) เพื่อพัฒนาชุดการสอนวิชาการวัดละเอียด ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชานยนต์ (3) เพื่อศึกษา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่อชุดการสอนวิชาการวัดละเอียด (4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดการสอนวิชาการวัดละเอียด (5) ศึกษาความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อชุดการสอนวิชาการวัดละเอียดข้างยนต์ นักเรียนระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครู ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ ความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อชุดการสอน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.29$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ .37 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวลักษณ์ สุวรรณรงค์ (2558:บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างเป็นระบบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดการสอนเรื่องการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างเป็นระบบ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือและใช้ปัญหาเป็นฐานหุ่นยนต์ที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ 2) เปรียบเทียบการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยชุดการสอนสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือและใช้ปัญหาเป็นฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 3) ศึกษาความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อชุดการสอน เรื่อง การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างเป็นระบบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า ความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อชุดการสอน เรื่อง การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างเป็นระบบ ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.45$, S.D. = 0.50)

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น และนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก ต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 ผู้สอนวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ควรนำชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ที่ผู้รายงานค้นคว้าสร้างและพัฒนาขึ้นนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2 ครูควรศึกษาวิธีการสอนและเทคนิคให้เข้าใจก่อนนำไปใช้ และควรทำความเข้าใจกับการเรียนเพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3 ครูต้องพยายามให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการคิด กระบวนการเรียนรู้ เปิดโอกาสแก่ผู้เรียนทุกคนเท่าๆกันชี้ให้เห็นความสำคัญของตนเองและผู้อื่น ควรกระตุ้นและให้กำลังใจนักเรียนให้เกิดความมั่นใจในการเรียน และกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเองต่อกลุ่ม และมีความรับผิดชอบในภาระงาน

1.4 ครูผู้สอนควรแจ้งผลการปฏิบัติกิจกรรมทันที เช่น ผลการตรวจแบบฝึกหัด ใบงาน การทำแบบทดสอบแต่ละชุดการสอน และผลประเมินกิจกรรมกลุ่มร่วมมือ การเสนอผลงานที่ป้ายนิเทศหน้าชั้นเรียนที่ตัวแทนกลุ่มต้องให้คะแนนซึ่งกันและกัน ครูผู้สอนต้องคอยสังเกตเพื่อนอาจไม่เที่ยงตรง ครูให้คะแนนทุกขั้นตอนเพื่อเป็นการกระตุ้นนักเรียนให้ความร่วมมือและปรับปรุงแก้ไขในทุกกิจกรรม

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาในครั้งต่อไป

2.1 ควรนำเอาชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ไปทำการศึกษากับเนื้อหาวิชาอื่นหรือในเรื่องอื่น ๆ

2.2 ควรมีการศึกษาเชิงเปรียบเทียบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การพัฒนาชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2105-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 กับรูปแบบวิธีการสอนอื่นๆ หรือนักเรียนต่างระดับกัน หรือช่วงชั้นที่ต่างกัน

2.3 ควรทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ กับวิชาอื่น ๆ โดยใช้วิธีด้วยแบบกลุ่มร่วมมือ (Learning Together) กับวิธีการสอนอื่น ๆ เช่น วิธีการสอนแบบบูรณาการวิธีการสอนแบบโครงการ วิธีการสอนแบบ 4 MAT ฯลฯ