

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนาและทดลองเพื่อศึกษาคุณภาพและผลการเรียนชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า เรื่องการสตาร์ทมอเตอร์ สตาร์ เลดต้า ในรายวิชาการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง 2546) สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง สถาบันการอาชีวศึกษา สำนักงานการอาชีวศึกษา โดยมีรายละเอียดและวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับการทดลองในการวิจัยนี้จะมีรายละเอียดดังนี้

1. ประชากรในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษก อุตรธานี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า (2104-2109) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 2 กลุ่ม (40 คน)
2. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษก อุตรธานี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า (2104-2109) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จำนวน 1 กลุ่ม (20 คน)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 4 ชนิด คือ

1. ชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า
2. ใบงานประกอบการทดลอง 3 ใบงาน
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครอบคลุมเนื้อหา การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ เลดต้า โดยใช้ตัวเลือกคำตอบแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ
4. แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 3 อย่าง ได้แก่ ชุดทดลอง ใบงานและแบบทดลอง แต่ละอย่างมีรายละเอียดการสร้างดังนี้

3.3.1 การดำเนินการพัฒนาชุดทดลอง

3.3.1.1 การวิเคราะห์เนื้อหาสำหรับงานวิจัย

การคัดเลือกหาด้วยวิธีจำแนกข้อมูลที่มี หลักการ กฎ สูตร ออกจากข้อมูลทั่วไป (Factual Information) [40] ดังนั้น ผู้วิจัยต้องคัดเลือกเฉพาะสาระสำคัญของเนื้อหาไว้สำหรับการสอนเท่านั้น และมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

ศึกษาเนื้อหาการทดลองในรายวิชา การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า (2104-2109) จากคำอธิบายรายวิชา โดยแบ่งเนื้อหาออกจากคำอธิบายรายวิชา ตามโครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 ปรับปรุง พ.ศ. 2546) สาขางานช่างไฟฟ้ากำลัง สถาบันการอาชีวศึกษา สำนักงาน การอาชีวศึกษา

จากผลการศึกษาดังกล่าว ได้ทำการกำหนดเกณฑ์การเลือกเนื้อหาที่จะใช้ต้องประกอบ ได้แก่

1. หลักการ กฎ สูตร
2. สามารถนำไปใช้ในงาน อุตสาหกรรม
3. เป็นพื้นฐานความรู้ในเรื่องอื่นและรายวิชาอื่น

จากเงื่อนไขดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหาหน่วยการสอนตามรายการ ดังนี้

หน่วยที่ 1 หลักการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าเบื้องต้น

- 1.1 หลักการควบคุมมอเตอร์
- 1.2 ประเภทของการควบคุม
- 1.3 สัญลักษณ์ในงานควบคุม
- 1.4 การเขียนแบบในงานควบคุม
- 1.5 มาตรฐานการติดตั้งมอเตอร์

หน่วยที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

- 2.1 อุปกรณ์ปลดวงจร
- 2.2 อุปกรณ์ป้องกัน
- 2.3 อุปกรณ์ควบคุม
- 2.4 อุปกรณ์แสดงสัญญาณ
- 2.5 รีเลย์ไดอะแกรมและตารางรีเลย์

หน่วยที่ 3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

- 3.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

หน่วยที่ 4 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

- 4.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
 - 4.1.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ทเดลต้า แบบด้วยมือ
 - 4.1.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ทเดลต้า แบบอัตโนมัติ
 - 4.1.3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ทเดลต้า แบบอัตโนมัติ พร้อมกลับทางหมุน

หน่วยที่ 5 การกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

- 5.1 การกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส
- 5.2 การกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

หน่วยที่ 6 การควบคุมแบบเรียงลำดับและความเร็ว

- 6.1 การควบคุมแบบเรียงลำดับด้วยมือ
- 6.2 การควบคุมแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ
- 6.3 การควบคุมความเร็วมอเตอร์

หน่วยที่ 7 เครื่องวัดและอุปกรณ์ประกอบเครื่องวัด

- 7.1 การวัดแรงดันไฟฟ้า
- 7.2 การวัดกระแสไฟฟ้า

หน่วยที่ 8 การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

8.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

8.2 หลักการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

8.3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยมือ

8.4 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอัตโนมัติ

3.3.1.2 การเลือกเนื้อหาการทดลอง

หลังจากได้หน่วยการสอนทั้ง 8 หน่วย จากการวิเคราะห์เนื้อหาจากคำอธิบายรายวิชาแล้ว ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาในการวิจัย 1 หน่วยดังนี้

หน่วยที่ 4 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

4.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

4.1.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ทเดลต้า แบบด้วยมือ

4.1.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ทเดลต้า แบบอัตโนมัติ

4.1.3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ทเดลต้า แบบอัตโนมัติ

พร้อมกลับทางหมุน

หลังจากเลือกหน่วยการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยได้ศึกษาวิเคราะห์หาคุณสมบัติเพื่อเลือกตัวแทนของเนื้อหาการทดลอง ดังรายละเอียดตารางที่ 3.1 ,3.2

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเนื้อหาในการวิจัย

เนื้อหา	คุณสมบัติ
หน่วยที่ 4 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	- วงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ท เดลต้าแบบด้วยมือ เป็นวงจรทำหน้าที่ลดกระแสขณะสตาร์ทมอเตอร์ โดยสวิทช์ปุ่มกดในการเปลี่ยนจากสตาร์ท เป็นเดลต้า
4.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	- วงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ท เดลต้าแบบอัตโนมัติ เป็นวงจรทำหน้าที่ลดกระแสขณะสตาร์ทมอเตอร์ โดยรีเลย์ตั้งเวลาในการเปลี่ยนจากสตาร์ท เป็นเดลต้า
4.1.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ทเดลต้า แบบด้วยมือ	- วงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ท เดลต้าแบบอัตโนมัติพร้อมกลับทางหมุน เป็นวงจรทำหน้าที่ลดกระแสขณะสตาร์ทมอเตอร์ โดยรีเลย์ตั้งเวลาในการเปลี่ยนจากสตาร์ท เป็นเดลต้า และใช้สวิทช์ปุ่มกดในการกลับทางหมุนมอเตอร์
4.1.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ทเดลต้า แบบอัตโนมัติ	
4.1.3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ทเดลต้า แบบอัตโนมัติพร้อมกลับทางหมุน	

หลังจากวิเคราะห์คุณสมบัติเนื้อหาแต่ละหน่วยที่เลือกเป็นตัวแทนเนื้อหาการทดลอง เพราะสาระสำคัญของวงจรที่เลือกทั้งหมดมีคุณสมบัติในการต่อวงจรเหมือนกัน เพียงแต่มีเงื่อนไขแตกต่างกัน ทำให้ประเด็นสรุปเนื้อหาในการทดลองมีดังนี้

1. การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์เดลต้า แบบด้วยมือ เป็นการศึกษาการทำงานของวงจร การต่อวงจรกำลัง การต่อวงจรควบคุม และการวัดค่าต่างๆในวงจร
2. การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์เดลต้า แบบอัตโนมัติ เป็นการศึกษาการทำงานของวงจร การต่อวงจรกำลัง การต่อวงจรควบคุม และการวัดค่าต่างๆในวงจร
3. การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์เดลต้า แบบอัตโนมัติพร้อมกลับทางหมุน

เป็นการศึกษาการทำงานของวงจร การต่อวงจรกำลัง การต่อวงจรควบคุม และการวัดค่าต่าง ๆ ในวงจร

3.3.1.3 การกำหนดวัตถุประสงค์การทดลอง

จากเนื้อหาทั้งหมดที่ได้วิเคราะห์ที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ขอบเขตของเนื้อหาที่ได้คัดเลือกเพื่อสร้างชุดเพื่อกำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมระบุเป็นสิ่งที่ต้องการให้พฤติกรรมผู้เรียนเปลี่ยนแปลงหลังจบการเรียนรู้การทดลองด้วยชุดทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วัตถุประสงค์การทดลอง

เนื้อหา	วัตถุประสงค์การทดลอง
หน่วยที่ 4 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 4.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	<ol style="list-style-type: none"> 1. สามารถต่อวงจรกำลังได้ 2. สามารถต่อวงจรควบคุมได้ 3. สามารถใช้แอมมิเตอร์วัดค่ากระแสจุดต่างๆ ในวงจรได้ 4. สามารถใช้โวลท์มิเตอร์วัดค่าแรงดันจุดต่างๆ ในวงจรได้
4.1.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์เดลต้า แบบด้วยมือ	<ol style="list-style-type: none"> 1. สามารถต่อวงจรกำลังได้ 2. สามารถต่อวงจรควบคุมได้ 3. สามารถใช้แอมมิเตอร์วัดค่ากระแสจุดต่างๆ ในวงจรได้ 4. สามารถใช้โวลท์มิเตอร์วัดค่าแรงดันจุดต่างๆ ในวงจรได้

ตารางที่ 3.2 วัตถุประสงค์การทดลอง (ต่อ)

เนื้อหา	วัตถุประสงค์การทดลอง
4.1.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์เดลต้า แบบอัตโนมัติ	1. สามารถต่อวงจรกำลังได้ 2. สามารถต่อวงจรควบคุมได้ 3. สามารถใช้แอมมิเตอร์วัดค่ากระแสจุดต่างๆ ในวงจรได้ 4. สามารถใช้โวลท์มิเตอร์วัดค่าแรงดันจุดต่างๆ ในวงจรได้
4.1.3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ เดลต้า แบบอัตโนมัติพร้อมกลับทางหมุน	1. สามารถต่อวงจรกำลังได้ 2. สามารถต่อวงจรควบคุมได้ 3. สามารถใช้แอมมิเตอร์วัดค่ากระแสจุดต่างๆ ในวงจรได้ 4. สามารถใช้โวลท์มิเตอร์วัดค่าแรงดันจุดต่างๆ ในวงจรได้

3.3.1.4 ขั้นการพัฒนาชุดทดลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเลือกแนวทางการจัดทำสื่อและเลือกระบบการทดลอง โดยพิจารณาจากการเลือกอุปกรณ์ที่มี ประหยัด แทนทานและความปลอดภัย ต่อความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นจากการต่อวงจรทดลองผู้ที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและทราบข้อผิดพลาดจากการทดลองที่เกิดขึ้น ซึ่งการทดลองจะมีทั้ง 1) การทดลองวงจรควบคุม 2) การทดลองวงจรกำลัง 3) การทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะและลดภาระผู้สอน จากนั้นดำเนินการพัฒนาชุดทดลอง โดยวิธีการและขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหา ได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า จากคำอธิบายรายวิชา และแบ่งหน่วยการสอนออกได้เป็น 8 หน่วย ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาในการวิจัยทั้งหมด 1 หน่วย แบ่งออกเป็น 3 เรื่อง

1. การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์เดลต้า แบบด้วยมือ
2. การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์เดลต้า แบบอัตโนมัติ
3. การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์เดลต้า แบบอัตโนมัติพร้อมกลับทางหมุน

หลังจากผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหาที่จะทำการพัฒนาชุดทดลองในแต่ละเรื่องเสร็จแล้ว จึงได้ดำเนินการส่วนที่เหลือดังนี้

1. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างชุดทดลอง
3. ออกแบบโครงสร้างและหน้าปัดชุดทดลอง
4. จัดทำโครงสร้างชุดทดลอง
5. ติดตั้งอุปกรณ์ลงในชุดทดลอง
6. ทดลองนำไปใช้
7. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลอง
8. นำชุดทดลองไปใช้จริง

ส่วนที่ 5 นำชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นอย่างสมบูรณ์ไปทดลองใช้กับนักศึกษาทดลองใช้

1. ในขั้นตอนนี้เป็นการนำชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าที่ได้พัฒนาขึ้นอย่างสมบูรณ์ไปให้นักศึกษาทดลองใช้กับกลุ่มนักศึกษาที่เรียนรายวิชาการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

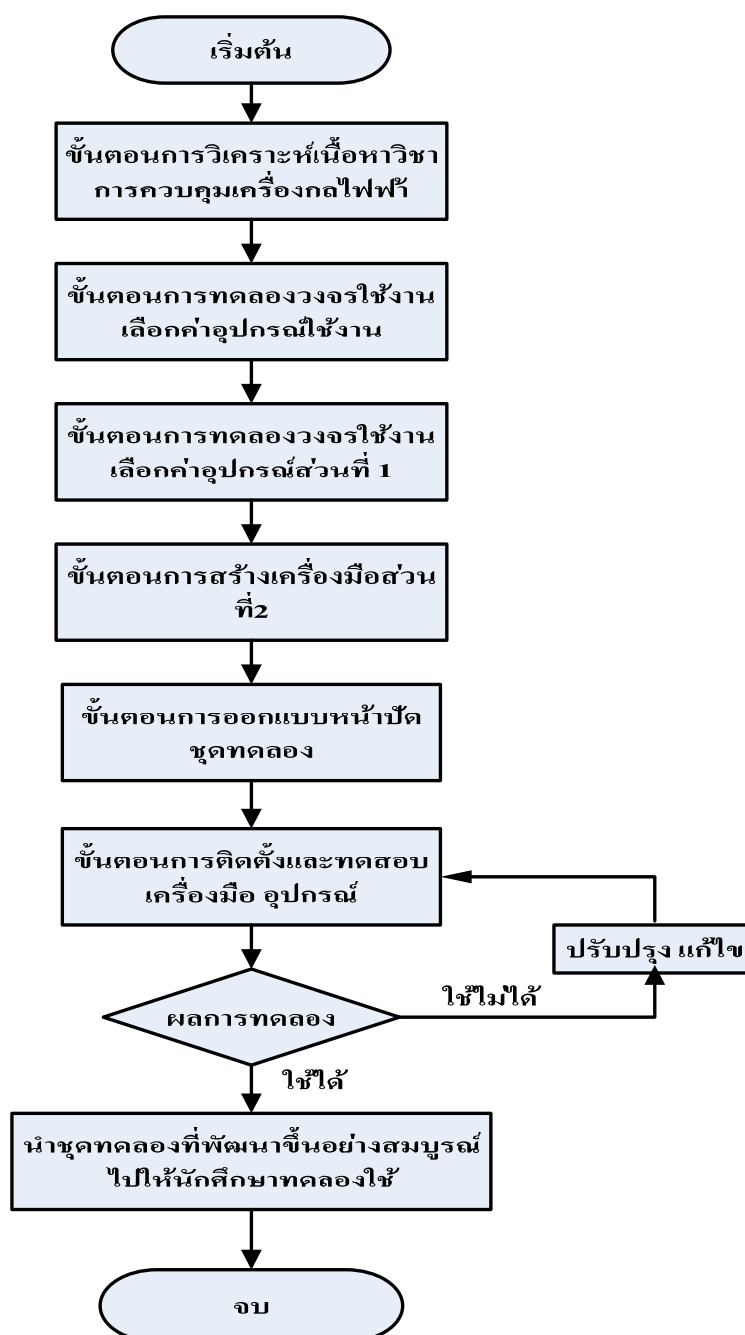


รูปที่ 3.1 ชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า



รูปที่ 3.2 แสดงการนำชุดทดลองให้นักศึกษาทดลองใช้

2. เมื่อได้ดำเนินการพัฒนาชุดทดลองการควบคุมวงจรไฟฟ้าเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้นำชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องและอุปกรณ์เพื่อเป็นแนวทาง ในการปรับปรุงแก้ไขต่อไป ขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาชุดทดลอง



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการพัฒนาชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

3.3.2 การสร้างใบงานการทดลอง

รายการเนื้อหาที่วิเคราะห์ได้ดังที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยได้สร้างใบงานประกอบการทดลองให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติ ตามขั้นตอนที่ผู้วิจัยต้องการตามสมมุติฐาน และเพื่อความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล การเรียน

1. การสร้างใบงานการทดลอง ภายใต้เงื่อนไข การสตาร์ทมอเตอร์ แบบสตาร์ เดลต้า อาศัยหลักการของการสอนทดลองทั่วไป (Conventional Laboratory) ที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหาข้างต้น ทำให้ได้ประเด็นที่สรุปเป็นชื่อเรื่องสำหรับการทดลอง จำนวน 3 ใบงานดังนี้

สรุปเป็นชื่อเรื่องสำหรับการทดลอง จำนวน 3 ใบงานดังนี้

ใบงานที่ 1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์เดลต้า แบบด้วยมือ

ใบงานที่ 2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์เดลต้า แบบอัตโนมัติ

ใบงานที่ 3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์เดลต้า แบบอัตโนมัติ

พร้อมกลับทางหมุน


2. ใบงานที่สร้างขึ้นประกอบด้วย วัตถุประสงค์ รายการเครื่องมือและอุปกรณ์ ลำดับขั้นการทำงานแบบบันทึกรายการต่างๆ คำถามท้ายการทดลองและรายการทดลอง เพื่อให้ใบงานมีความสมบูรณ์และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในแต่ละรายการหัวข้อในใบงาน ซึ่งใช้กับชุดทดลอง การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยจึงได้หาความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ ทางเนื้อหาวิชาการควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า จำนวน 3 คน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและวัตถุประสงค์ ที่กำหนด และให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้อง ว่าสอดคล้อง/ไม่สอดคล้องหรือไม่แน่ใจว่าสอดคล้องหรือไม่ และมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+ 1 หมายถึง แน่ใจว่าใบงานนั้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตามที่กำหนด

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าใบงานนั้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตามที่กำหนด

-1 หมายถึง คิดว่าใบงานข้อนั้นไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตามที่กำหนด

3. จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยพิจารณาเฉพาะผู้เชี่ยวชาญที่แน่ใจว่าใบงานข้อนั้น มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตามที่กำหนด ถ้าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่ามีความตรงตามเนื้อหาและเหมาะสม หากไม่ตรงตามเกณฑ์ จึงทำตามแก้ไขปรับปรุงอีกครั้ง

	ใบงานทดลองที่ 1	หน้า
	วิชา	รหัส 2104-2109
	เรื่อง	เวลา 6 คาบ
<p>1.1 บทนำ</p> <p>วัตถุประสงค์การทดลอง</p> <p>.....</p> <p>ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน</p> <p>.....</p> <p>1.2 การเตรียมตัวก่อนการปฏิบัติงาน</p> <p>ทฤษฎีเกี่ยวกับการทดลอง</p> <p>.....</p> <p>คำถามก่อนการทดลอง</p> <p>.....</p> <p>1.3 การทดลอง</p> <p>เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง</p> <p>.....</p> <p>ลำดับขั้นการทดลอง</p> <p>การทดลองที่ 1.1</p> <p>คำถามท้ายการทดลองที่ 1.1</p> <p>การทดลองที่ 1.2</p> <p>คำถามท้ายการทดลองที่ 1.2</p> <p>1.4 สรุปผลการทดลอง</p> <p>.....</p> <p>1.5 คำถามท้ายการทดลอง</p> <p>.....</p>		

รูปที่ 3.4 แสดงรูปแบบใบงานการทดลอง

3.3.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบสำหรับประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้เนื้อที่ได้จากการทดลอง มุ่งให้ได้แบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพในด้านความเชื่อมั่น (Reliability) และความเที่ยงตรง (Validity) โดยเป็นแบบทดสอบระหว่างเรียน ใช้หาประสิทธิภาพของชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้วัดพฤติกรรมของผู้เรียนก่อนและหลังเรียน เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง โดยมีหลักการพิจารณา ดังนี้

1. การกำหนดวัตถุประสงค์การทดลองและแบบทดสอบระหว่างเรียน ผู้วิจัยได้กำหนดระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของผู้เรียน ในแต่ละวัตถุประสงค์ของใบงานการทดลองโดยใช้หลักการวิเคราะห์พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ของบลูม (bloom) และคณะ มาจำแนกระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ให้เกิดกับผู้เรียน ในแต่ละวัตถุประสงค์ จากนั้นได้นำพฤติกรรมเป็นเกณฑ์ ในการออกข้อสอบ แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงระดับพฤติกรรมในวัตถุประสงค์การทดลอง

ใบงานที่	วัตถุประสงค์	ระดับพฤติกรรม			น้ำหนักความสำคัญ	จำนวนข้อสอบ
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้		
1.การสตา์ทมอเตอร์สตา์ทเคลด้าแบบควบคุมด้วยมือ	1.สามารถอธิบายการสตา์ทมอเตอร์สตา์ทเคลด้าแบบควบคุมด้วยมือได้	✓			5 %	3
	2.สามารถต่อวงจรกำลังและวงจรควบคุมได้		✓		10 %	3
	3.สามารถใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆได้		✓		5 %	3
	4.สามารถนำวงจรการสตา์ทมอเตอร์สตา์ทเคลด้าแบบควบคุมด้วยมือไปใช้ได้ถูกต้อง			✓	10 %	4
1.การสตา์ทมอเตอร์สตา์ทเคลด้าแบบอัตโนมัติ	1.สามารถอธิบายการสตา์ทมอเตอร์สตา์ทเคลด้าแบบอัตโนมัติได้	✓			5 %	3
	2.สามารถต่อวงจรกำลังและวงจรควบคุมได้		✓		10 %	3
	3.สามารถใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆได้		✓		5 %	3
	4.สามารถนำวงจรการสตา์ทมอเตอร์สตา์ทเคลด้าแบบอัตโนมัติไปใช้ได้ถูกต้อง			✓	10 %	4

ตารางที่ 3.3 แสดงระดับพฤติกรรมในวัตถุประสงค์การทดลอง (ต่อ)

ใบงานที่	วัตถุประสงค์	ระดับพฤติกรรม			น้ำหนัก ความสำคัญ	จำนวน ข้อสอบ
		ความรู้ ความจำ	ความ เข้าใจ	การ นำไปใช้		
1.การสแตร์ท มอเตอร์สตาร์ เดลต้าแบบอติ โนมติ พร้อม กลับทางหมุน	1.สามารถอธิบายการสแตร์ทมอเตอร์สตาร์ เดลต้าแบบอติโนมติได้	✓			5 %	3
	2.สามารถต่อวงจรกำลังและวงจรควบคุมได้		✓		20 %	3
	3.สามารถใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันที่จุด ต่างๆ ได้		✓		5 %	3
	4.สามารถนำวงจรการสแตร์ทมอเตอร์สตาร์ เดลต้าแบบอติโนมติพร้อมกลับทางหมุนไป ใช้ได้อย่างถูกต้อง			✓	10 %	5
รวม		5	20	15	100 %	40

จากตารางที่ 3.3 จำนวนข้อสอบในแต่ละใบงาน จำแนกตามวัตถุประสงค์ เป็นข้อสอบวัดพฤติกรรม ระดับความรู้ความจำ 5 ข้อ ระดับความเข้าใจ 20 ข้อ และระดับการนำไปใช้ 15 ข้อ ข้อสรุปดังกล่าว สามารถนำไปสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหา การสแตร์ท มอเตอร์ แบบสแตร์ทเดลต้า จำนวน 40 ข้อ ซึ่งมีลำดับการสร้างดังนี้

2. ศึกษาหลักการสร้างข้อสอบ และการเขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากตำรา และเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการวัดและประเมินผล

3. ดำเนินการสร้างแบบทดสอบ โดยวิเคราะห์จากเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของ เนื้อหาทั้ง 3 เรื่อง ที่คัดเลือกมาสร้างเป็นบทเรียน จากนั้นสร้างเป็นแบบทดสอบแบบปรนัยมี 4 ตัวเลือก แต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

4. นำแบบทดสอบไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผลเป็นผู้พิจารณาความตรงของเนื้อหา (Content Validity) และความครอบคลุมของเนื้อหาเพื่อหา ข้อบกพร่องแล้วจึงทำการแก้ไขปรับปรุง

5. นำแบบทดสอบที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขจากคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญไปทดลองสอบวัดผลความรู้กับนักศึกษาแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกอุดรธานี จำนวน 40 คน ที่ผ่านการเรียนในวิชา การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า มาก่อน เพื่อทำการ วิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ

6. จากนั้นนำคะแนนสอบที่ได้จากการทดสอบมาทำการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อเพื่อหาระดับค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และนำแบบทดสอบที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อไปคำนวณหาประสิทธิภาพความเที่ยงของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร คูเดอร์ ริชาร์ด สัน (Kuder-Richardson 20 : KR – 20) โดยใช้เทคนิค 27 % เพื่อคัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีค่าระดับความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปตามจำนวนที่ต้องการ ดังค่าแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ

ข้อ	p	r	หมายเหตุ
1	0.23	0.23	คัดเอาไว้
2	0.38	0.38	คัดเอาไว้
3	0.35	0.23	คัดเอาไว้
4	0.25	0.31	คัดเอาไว้
5	0.38	0.62	คัดเอาไว้
6	0.20	0.15	นำไปปรับปรุงและคัดเอาไว้
7	0.38	0.46	คัดเอาไว้
8	0.20	0.15	นำไปปรับปรุงและคัดเอาไว้
9	0.30	0.31	คัดเอาไว้
10	0.53	0.31	คัดเอาไว้
11	0.50	0.54	คัดเอาไว้
12	0.55	0.46	คัดเอาไว้
13	0.43	0.15	นำไปปรับปรุงและคัดเอาไว้
14	0.33	0.31	คัดเอาไว้
15	0.38	0.15	นำไปปรับปรุงและคัดเอาไว้
16	0.48	0.15	นำไปปรับปรุงและคัดเอาไว้
17	0.53	0.54	คัดเอาไว้
18	0.30	0.38	คัดเอาไว้
19	0.18	0.15	นำไปปรับปรุงและคัดเอาไว้
20	0.30	0.38	คัดเอาไว้

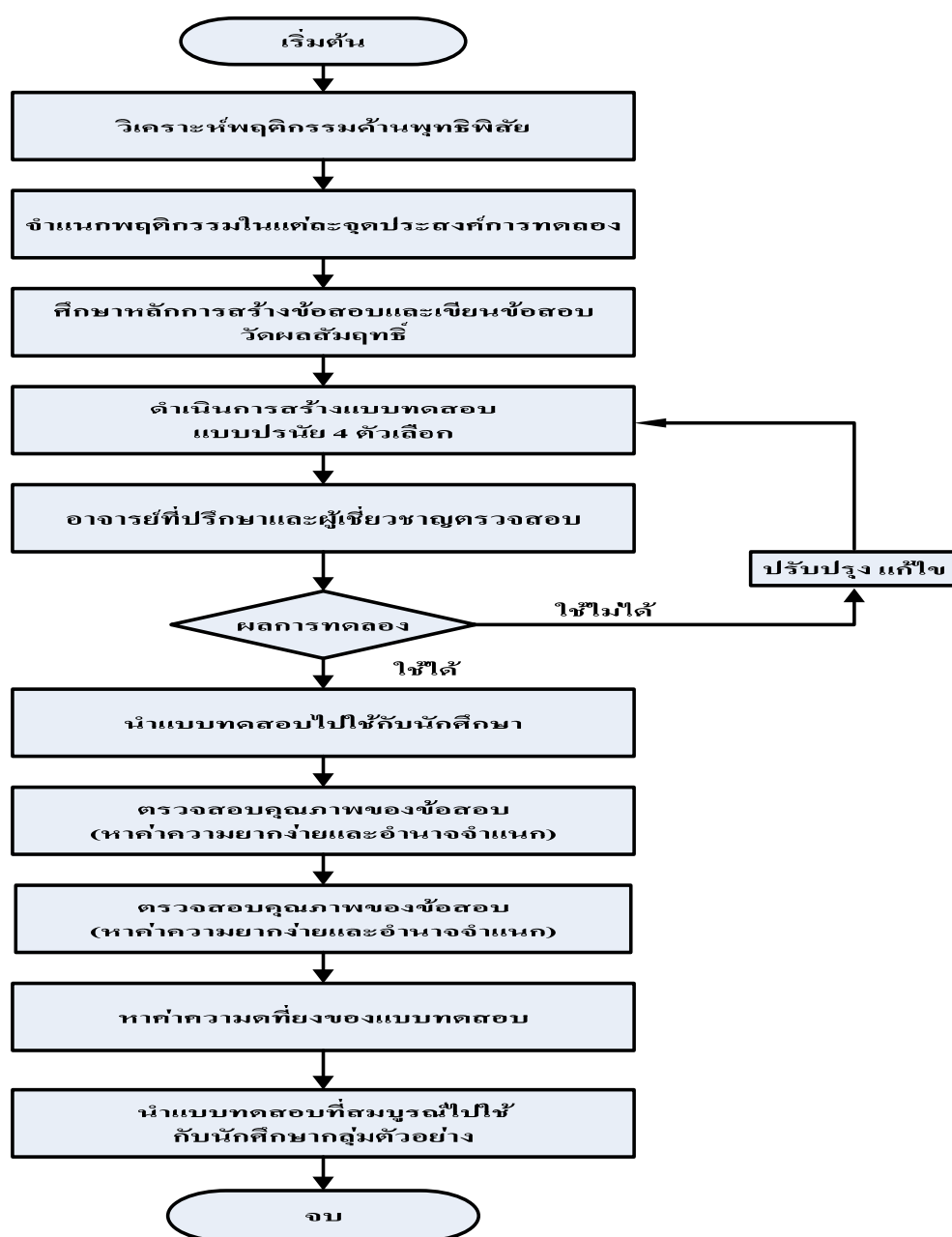
ตารางที่ 3.4 แสดงค่าความความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ (ต่อ)

ข้อ	p	r	หมายเหตุ
21	0.33	0.31	คัดเอาไว้
22	0.20	0.15	นำไปปรับปรุงและคัดเอาไว้
23	0.55	0.77	คัดเอาไว้
24	0.23	0.38	คัดเอาไว้
25	0.45	0.62	คัดเอาไว้
26	0.58	0.38	คัดเอาไว้
27	0.60	0.69	คัดเอาไว้
28	0.70	0.54	คัดเอาไว้
29	0.18	0.15	นำไปปรับปรุงและคัดเอาไว้
30	0.38	0.31	คัดเอาไว้
31	0.35	0.62	คัดเอาไว้
32	0.50	0.62	คัดเอาไว้
33	0.40	0.31	คัดเอาไว้
34	0.30	0.46	คัดเอาไว้
35	0.23	0.15	นำไปปรับปรุงและคัดเอาไว้
36	0.33	0.31	คัดเอาไว้
37	0.18	0.31	คัดเอาไว้
38	0.25	0.38	คัดเอาไว้
39	0.30	0.46	คัดเอาไว้
40	0.25	0.23	คัดเอาไว้

จากตารางที่ 3.4 ข้อสอบที่ค่อนข้างง่ายอำนาจจำแนกดี มี 1 ข้อ ได้แก่ข้อ 28 ข้อสอบที่ความยากง่ายพอเหมาะ อำนาจจำแนกดี มี 9 ข้อ ได้แก่ ข้อ 10, 11, 12, 17, 23, 25, 27, 30 และข้อ 32 ข้อสอบที่ความยากง่ายพอเหมาะ อำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์ มี 1 ข้อ ได้แก่ ข้อ 26 ข้อสอบที่ค่อนข้างยากอำนาจจำแนกดี มี 2 ข้อ ได้แก่ ข้อ 5 และข้อ 31 ข้อสอบที่ค่อนข้างยาก อำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์ มี 15 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 2, 3, 4, 7, 9, 14, 18, 20, 21, 24, 33, 34, 36, 38, 39 และข้อ 40 ผู้วิจัยได้ปรับปรุงข้อสอบ ข้อที่ 6, 8, 13, 15, 16, 19, 22, 29, 35 และข้อ 37 คัดเอาไว้ใช้ เนื่องจากหากตัดทิ้ง อาจทำให้ขาดข้อสอบที่เป็นตัวแทนของเรื่องนั้นไป จึงได้ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญปรับปรุงแก้ไขดีขึ้นก่อนนำไปใช้

7. การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ ใช้สูตร คูเคอร์ริชาร์ดสัน (Kufner Richardson 20:KR₂₀) จากข้อสอบจำนวน 40 ข้อ แบบทดสอบได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.5 ค่าประสิทธิ ภาพความเที่ยงของแบบทดสอบ โดยใช้วิธี KR-20 มีค่าประสิทธิภาพความเที่ยงของแบบทดสอบเท่ากับ .8119 แสดงค่าแบบทดสอบฉบับนี้ มีค่าความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์ดี

จากขั้นตอนการดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียน ดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปเป็นกระบวนการทำงาน แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการดำเนินการการพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.4 การสร้างแบบสอบถาม

การสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน เกี่ยวกับการเรียน การทดลองด้วยชุดทดลองการควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า ร่วมกับใบงานเป็นแบบสอบถามชนิดมาตราจัดอันดับ (Rating Scale) หรือการจัดอันดับคุณภาพ จัดเรียงความคิดเห็นจาก มากที่สุด ปานกลาง น้อย น้อยที่สุดแทนด้วย 5,4,3,2,1 ตามลำดับ จากนั้นนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้น ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา ตรวจสอบก่อนที่จะนำไปใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความคิดเห็นในด้านความพึงพอใจในการเรียน ด้วยชุดทดลองวงจร Rectifier และวงจร Regulator

ที่	ประเด็น	\bar{X}	(S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
1	การเรียนด้วยชุดทดลองในลักษณะนี้ ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาเพียงใด	4.25	0.55	มาก
2	ความเหมาะสมของชุดทดลองกับสาระการเรียนรู้รายวิชานี้หรือไม่	4.40	0.50	มาก
3	ชุดทดลองมีขนาดและลักษณะเหมาะสมกับเรื่องของการทดลองเพียงใด	4.20	0.61	มาก
4	ใบงานการทดลอง ที่ใช้ประกอบกับชุดทดลอง มีลำดับขั้น การทดลองชัดเจนเข้าใจง่าย เพียงใด	4.10	0.55	มาก
5	ใบงานการทดลองมีข้อมูลในการทดลอง เพียงพอ หรือไม่	3.95	0.60	มาก
6	ค่าที่วัดจากชุดทดลอง มีความสอดคล้อง ถูกต้อง กับทฤษฎีเพียงใด	4.20	0.41	มาก
7	การเรียนด้วยชุดทดลอง ช่วยให้ให้นักเรียนเข้าใจ เนื้อหาทดลองเพียงใด	4.30	0.47	มาก
8	ชุดทดลอง สามารถใช้งานง่ายเพียงใด	4.20	0.41	มาก

เกณฑ์ที่ใช้ประเมินความหมายของค่าเฉลี่ยมีดังนี้ [41]

4.51 – 5.00	มากที่สุด
3.51 – 4.50	มาก
2.51 – 3.50	ปานกลาง
1.51 – 2.50	น้อย
1.00 – 1.50	น้อยที่สุด

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

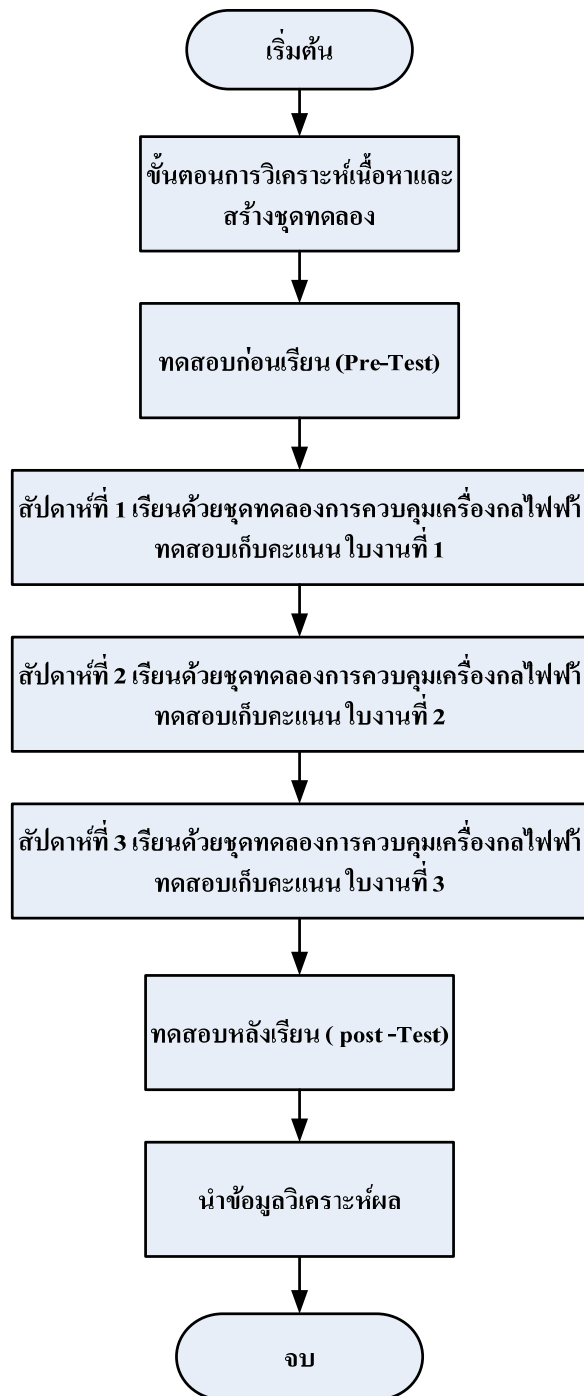
รูปแบบการทดลองการวิจัยได้เลือกทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design โดยมีลักษณะการดำเนินการวิจัย ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงแบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
กลุ่มตัวอย่าง	T1	X	T2

โดย T1 คือ การวัดผลก่อนการเรียนทดลอง
 X คือ การเรียนด้วยชุดทดลอง การควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า เรื่องการสตาร์ทมอเตอร์ แบบสตาร์ท เคลด้า
 T2 คือ การวัดผลหลังการเรียนทดลอง

ตารางที่ 3.6 แบบแผนการวิจัย ผู้วิจัยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกอุดรธานี จำนวน 20 คน (1 กลุ่ม) ที่ได้ทำการลงทะเบียนเรียนวิชาการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า (2104-2109) วิธดำเนินการวิจัยเริ่มจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (T1) กับกลุ่มตัวอย่างที่ทำการเรียนทดลอง (X) ซึ่งให้ผู้เรียน เรียนจากชุดทดลองในแต่ละใบงานพร้อมทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้หลังจากการเรียนทดลองในใบงานนั้นหลังจากผู้เรียนทำการเรียนทดลองครบทุกใบงานแล้ว ทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการเรียนทดลอง (T2) อีกครั้งโดยใช้แบบทดสอบวัดผลชุดเดียวกับ การวัดผลก่อนเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาในการดำเนินการวิจัยทั้งสิ้น 3 สัปดาห์ โดยให้ผู้เรียนทำการเรียนทดลองใน 1 เรื่องครั้งละ 6 คาบ ต่อ 1 สัปดาห์ จากนั้นศึกษาผลของการจัดกระทำตัวแปรทดลองที่มีต่อตัวแปรตาม (Treatment effect) จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลการสอบครั้งหลังกับการสอบครั้งแรกนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติ ดำเนินการวิจัยแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 แสดงลำดับการดำเนินการวิจัย

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ มีสถิติที่ใช้ดังนี้คือ

3.5.1 การวิเคราะห์แบบทดสอบที่สร้างขึ้น

แบ่งการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยหาดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาที่มีเกณฑ์ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC = ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์
 $\sum R$ = ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

2. การหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยการนำมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ (Item Analysis) เพื่อหาระดับความยากง่าย (Level of Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Power of Discrimination) นำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักศึกษา ที่เรียนรายวิชา การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า มาแล้ว หลังจากนั้น ใช้ผลคะแนนสอบ แบ่งกลุ่มคะแนนสูงและคะแนนต่ำ [41] โดยใช้สูตร โดยใช้สูตร

$$P = \frac{P_H + P_L}{2N}$$

เมื่อ P = ค่าความยากง่ายของข้อสอบ
 R = ค่าอำนาจจำแนก
 P_H = จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
 P_L = จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
 N = จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

ระดับความยากง่าย (Difficulty) มีค่าตั้งแต่ 0.00-1.00 โดยการแปลความหมายมีรายละเอียด ดังนี้

0.81 – 1.0	หรือ	81 – 100 %	แปลว่า	ง่ายมาก
0.61 – 0.80	หรือ	61 – 80%	แปลว่า	ค่อนข้างง่าย
0.41 – 0.60	หรือ	41 – 60 %	แปลว่า	ยากง่ายปานกลาง
0.21 – 0.40	หรือ	20 – 40%	แปลว่า	ค่อนข้างยาก
0.00 – 0.19	หรือ	0.19%	แปลว่า	ยากมาก

การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) (r) ของตัวถูกหาได้จาก

$$r = \frac{P_H + P_L}{N}$$

0.00 – 0.19	หมายความว่า	จำแนกกลุ่มสูง ต่ำได้น้อยไม่ควรนำมาใช้วัด
0.20 – 0.49	หมายความว่า	จำแนกใช้ได้อำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์
0.50 – 0.99	หมายความว่า	จำแนกได้ค่อนข้างสูงเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพดี
1.00	หมายความว่า	จำแนกกลุ่มสูง ต่ำได้อย่างสมบูรณ์มีคุณภาพดี

3. การหาค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
	N	แทน	จำนวนคนทั้งหมด

4. การหาค่าประสิทธิภาพความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร Kuder-Richardson 20 สูตร (KR20)

$$r_{tt} = \left[\frac{n}{n-1} \right] \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right]$$

เมื่อ

$$S_t^2 = \frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$$

5. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สูตรดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ	S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแต่ละคน
	$(\sum X)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
	n	แทน	จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

3.5.2 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง ที่พัฒนาขึ้นตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 จากคะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียนทดลอง และคะแนนแบบหลังเรียน (Post test) ด้วยการหาค่าเฉลี่ยและคะแนนและค่าคะแนนร้อยละของคะแนนเฉลี่ย [32]

โดยใช้สูตร

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100 \quad \text{และ} \quad E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100$$

เมื่อ

E_1	=	แทน ค่าผลสัมฤทธิ์ของกระบวนการที่วัดได้ คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนทดลอง
E_2	=	ค่าผลสัมฤทธิ์ของกระบวนการที่วัดได้ คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนทดลอง
$\sum x$	=	คะแนนรวมของแบบทดสอบระหว่างเรียนทดลองที่ผู้เรียนทำได้
$\sum F$	=	คะแนนรวมของแบบทดสอบหลังเรียนทดลองที่ผู้เรียนทำได้
N	=	จำนวนผู้เรียน
A	=	คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน
B	=	คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

3.5.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวิเคราะห์เพื่อทดสอบนัยสำคัญ ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน [46]ที่เป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนชุดทดลอง และหลังเรียนชุดทดลอง โดยใช้สูตร โดยใช้สูตร t-dependent sample test [33]

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{(n-1)}}}$$

เมื่อ

- t = แทนค่าสถิติที่จะใช้เปรียบกับค่าวิกฤตเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
D = แทนค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
n = แทนจำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน