

## สารบัญ

|  | หน้า     |
|--|----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย  | ข        |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ   | ค        |
| กิตติกรรมประกาศ  | ง        |
| สารบัญ   | จ        |
| รายการตาราง  | ฉ        |
| รายการรูปประกอบ  | ญ        |
| <br>   |          |
| <b>บทที่</b>   |          |
| <b>1. บทนำ</b>   | <b>1</b> |
| 1.1 ความสำคัญของปัญหา  | 1        |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย                                    | 3        |
| 1.3 สมมุติฐานของการวิจัยทดลอง                                  | 3        |
| 1.4 ขอบเขตงานวิจัย   | 3        |
| 1.5 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                                | 4        |
| 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ  | 4        |
| <br>   |          |
| <b>2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>                       | <b>6</b> |
| 2.1 ความหมายและวัตถุประสงค์ของการสอนทดลอง                      | 6        |
| 2.2 ประเภทและหลักการที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบทดลอง       | 9        |
| 2.3 องค์ประกอบของระบบการสอนทดลอง และกิจกรรมที่ใช้ในการสอนทดลอง | 18       |
| 2.4 การสร้างใบงานการทดลอง                                      | 21       |
| 2.5 ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่ใช้ในการสร้างชุดทดลอง            | 26       |
| 2.6 การสร้างเครื่องมือในการวัดและประเมินผล                     | 77       |
| 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                                      | 79       |

## สารบัญ (ต่อ)

|   | หน้า       |
|---|------------|
| <b>3. วิธีดำเนินการวิจัย</b>                                    | <b>82</b>  |
| 3.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง  | 82         |
| 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย                                  | 82         |
| 3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย                          | 83         |
| 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล   | 99         |
| 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล  | 100        |
| <br>  |            |
| <b>4. ผลการทดลอง/วิจัย</b>                                      | <b>105</b> |
| 4.1 ผลการพัฒนาชุดทดลอง  | 105        |
| 4.2 ผลการพัฒนาใบงานการทดลอง                                     | 105        |
| 4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลอง                            | 106        |
| 4.4 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน                             | 109        |
| 4.5 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่ได้เรียนโดยใช้ชุดทดลอง   | 109        |
| <br>  |            |
| <b>5. สรุป/อภิปรายผล/ข้อเสนอแนะ</b>                             | <b>117</b> |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย  | 118        |
| 5.2 อภิปรายผลการวิจัย   | 119        |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ  | 121        |
| <br>  |            |
| <b>เอกสารอ้างอิง</b>  | <b>123</b> |
| <br>  |            |
| <b>ภาคผนวก</b>  |            |
| ก. ลักษณะรายวิชา  | 127        |
| ข. ใบงานทดลอง ที่ 1-3   | 129        |
| ค. ผลการประเมินใบงานโดยผู้เชี่ยวชาญ                             | 163        |
| ง. ผลการประเมินชุดทดลองและรายนามผู้เชี่ยวชาญ                    | 169        |
| จ. ผลการประเมินแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและรายนามผู้เชี่ยวชาญ | 171        |
| ฉ. คะแนนการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน                        | 174        |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า       |
|--|------------|
| ช. ค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้านความพึงพอใจของผู้เรียน<br>ที่เรียนด้วยชุดทดลอง | 177        |
| ซ. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดลอง การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า                                    | 179        |
| ฅ. คู่มือการใช้ชุดทดลอง  | 185        |
| ญ. ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์  | 189        |
| <b>ประวัติผู้วิจัย</b>   | <b>196</b> |

## รายการตาราง

| ตาราง  | หน้า |
|--|------|
| 2.1 ตัวอย่างตารางการวิเคราะห์งาน (Task Analysis)   | 25   |
| 2.2 สัญลักษณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้ามาตรฐาน DIN, IEC, ANSI  | 57   |
| 2.3 สัญลักษณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้ามาตรฐาน SI  | 62   |
| 3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติ ของ เนื้อหาในการวิจัย  | 85   |
| 3.2 วัตถุประสงค์การทดลอง   | 86   |
| 3.3 แสดงระดับพฤติกรรมในวัตถุประสงค์การทดลอง  | 93   |
| 3.4 แสดงค่าความความยากง่าย ( p ) และค่าอำนาจจำแนก ( r ) ของแบบทดสอบ  | 95   |
| 3.5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความคิดเห็นในด้านความพึงพอใจ<br>ในการเรียนด้วยชุดทดลองวงจร Rectifier และวงจร Regulator | 98   |
| 3.6 แสดงแบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Design  | 99   |
| 4.1 แสดงผลคะแนนการทำแบบทดสอบความรู้ผู้เรียนเพื่อ<br>หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง   | 106  |
| 4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลอง   | 108  |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วย<br>ชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า                         | 109  |
| 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความคิดเห็น ในด้านความพึงพอใจ<br>ในการเรียน ด้วยชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า        | 110  |
| 4.5 ผลการปฏิบัติการทดลองของผู้เรียน ที่เรียนด้วยชุดทดลอง<br>การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า  | 111  |
| 4.6 การวิเคราะห์ผลการปฏิบัติงานของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองการควบคุม<br>เครื่องกลไฟฟ้า                                      | 115  |
| ข.1 แสดงใบงาน การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า เรื่องการสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟส<br>สตาร์ท เดลต้า แบบควบคุมด้วยมือ                           | 130  |
| ข.2 แสดงใบงาน การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า เรื่องการสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟส<br>สตาร์ท เดลต้า แบบอัตโนมัติ                               | 141  |
| ข.3 แสดงใบงาน การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า เรื่องการสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟส<br>สตาร์ท เดลต้า แบบอัตโนมัติพร้อมกลับทางหมุน               | 152  |

## รายการตาราง (ต่อ)

| ตาราง | หน้า  |     |
|-------|---|-----|
| ค.1   | แสดงผลการประเมินใบงานโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน   | 164 |
| ง.1   | แสดงความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า                                 | 170 |
| จ.1   | แสดงผลการประเมินแบบทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน  | 172 |
| ฉ.1   | แสดงผลคะแนนการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า | 175 |
| ฉ.2   | แสดงคะแนนผลจากการทดสอบความรู้ผู้เรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง                                  | 176 |
| ช.1   | แสดงการหาค่าเฉลี่ยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านความพึงพอใจของผู้เรียน                                | 178 |

## รายการรูปประกอบ

| รูป  | หน้า |
|--|------|
| 2.1 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของระบบไฟฟ้า 3 เฟส                               | 26   |
| 2.2 การต่อโหลด 3 เฟส แบบวายชนิดสมมูล                                 | 27   |
| 2.3 การต่อโหลดแบบเซลล์้าชนิดสมมูล                                    | 27   |
| 2.4 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของการต่อแบบเซลล์้า                              | 28   |
| 2.5 มอเตอร์ 3 เฟส  | 29   |
| 2.6 โครงสร้างมอเตอร์ 3 เฟส   | 30   |
| 2.7 โรเตอร์แบบกรงกระรอก  | 31   |
| 2.8 สเตเตอร์ของอินคักชั่นมอเตอร์                                     | 31   |
| 2.9 โครงสร้างซิงโครนัสมอเตอร์  | 32   |
| 2.10 โรเตอร์ซิงโครนัสมอเตอร์   | 32   |
| 2.11 แสดงการต่อความต้านทานจากภายนอกเข้ากับ โรเตอร์แบบพันขดลวด        | 34   |
| 2.12 แสดงการจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส        | 35   |
| 2.13 แสดงรูปคลื่น ไซน์ของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น โดยกระแสไฟฟ้า 3 เฟส | 36   |
| 2.14 แสดงการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส 2 ขั้ว              | 36   |
| 2.15 วงจรขดลวดของมอเตอร์ 2 ความเร็ว                                  | 38   |
| 2.16 รูปแสดงผังการควบคุมด้วยมือ (Manual Control)                     | 41   |
| 2.17 รูปแสดงผังการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi Automatic Control)    | 42   |
| 2.18 รูปแสดงผังการควบคุมแบบอัตโนมัติ ( Automatic Control)            | 43   |
| 2.19 แมกเนติกคอนแทกเตอร์   | 43   |
| 2.20 ลักษณะโครงสร้างภายในของแมกเนติกคอนแทกเตอร์                      | 44   |
| 2.21 หน้าสัมผัสหลักและหน้าสัมผัสช่วย                                 | 45   |
| 2.22 รูปแสดงทามเมอร์รีเลย์ (Timer Relay)                             | 46   |
| 2.23 รูปแสดงโครงสร้างของทามเมอร์รีเลย์                               | 46   |
| 2.24 รูปแสดงโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload relay)                       | 47   |
| 2.25 ฟิวส์แบบต่าง ๆ  | 48   |
| 2.26 เซอร์กิตเบรกเกอร์   | 48   |
| 2.27 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (CT : current transformer) แบบต่าง ๆ         | 49   |

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

| รูป   | หน้า |
|---|------|
| 2.28 ซีเลคเตอร์โวลท์  | 49   |
| 2.29 แอมป์มิเตอร์   | 50   |
| 2.30 แสดงโวลต์มิเตอร์   | 51   |
| 2.31 แสดงหลอดสัญญาณ   | 51   |
| 2.32 รูปแสดงสวิตช์ปุ่มกด (Push button Switch)                           | 52   |
| 2.33 สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency push button Switch)                 | 52   |
| 2.34 แสดงแบบวงจรสายเดี่ยว   | 53   |
| 2.35 แสดงวงจรกำลังและวงจรควบคุม   | 54   |
| 2.36 แสดงวงจรแบบงานจริง   | 55   |
| 2.37 แสดงวงจรประกอบการติดตั้ง   | 56   |
| 2.38 วงจรเทียบเคียงของการต่อขดลวดแบบสตาร์                               | 67   |
| 2.39 การต่อหลักต่อสายแบบสตาร์ในกล่องต่อสายของมอเตอร์ 3 เฟส              | 67   |
| 2.40 การต่อหลักต่อสายแบบสตาร์ที่มอเตอร์                                 | 67   |
| 2.41 แสดงการสลับขั้วสายเพื่อกลับทางหมุนของมอเตอร์ที่ต่อแบบสตาร์         | 68   |
| 2.42 วงจรเทียบเคียงของการต่อขดลวดแบบเดลต้า                              | 69   |
| 2.43 การต่อหลักต่อสายแบบเดลต้าในกล่องต่อสายของมอเตอร์ 3 เฟส             | 70   |
| 2.44 การต่อหลักต่อสายแบบเดลต้าที่มอเตอร์                                | 70   |
| 2.45 กระแสสตาร์ที่มอเตอร์   | 71   |
| 2.46 วงจรกำลังการสตาร์ที่มอเตอร์ 3 เฟสแบบสตาร์ เดลต้า                   | 72   |
| 2.47 วงจรควบคุมการสตาร์ที่มอเตอร์ 3 เฟสแบบสตาร์ เดลต้า แบบควบคุมด้วยมือ | 72   |
| 2.48 วงจรควบคุมการสตาร์ที่มอเตอร์ 3 เฟสแบบสตาร์ เดลต้า                  | 73   |
| 2.49 วงจรควบคุมการควบคุมอัตโนมัติด้วยรีเลย์ตั้งเวลา                     | 74   |
| 2.50 วงจรกำลังการควบคุมอัตโนมัติด้วยรีเลย์ตั้งเวลา พร้อมกลับทางหมุน     | 75   |
| 2.51 วงจรควบคุมการควบคุมอัตโนมัติด้วยรีเลย์ตั้งเวลา พร้อมกลับทางหมุน    | 76   |
| 3.1 ชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า                                     | 88   |
| 3.2 แสดงการนำชุดทดลองให้นักศึกษาทดลองใช้                                | 89   |

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

| รูป  | หน้า  |     |
|------|---|-----|
| 3.3  | ขั้นตอนการพัฒนาชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า                  | 90  |
| 3.4  | แสดงรูปแบบใบงานการทดลอง   | 92  |
| 3.5  | แสดงขั้นตอนการดำเนินการการพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน | 97  |
| 3.6  | แสดงลำดับการดำเนินการวิจัย                                      | 100 |
| 4.1  | แสดงชุดทดลองการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ที่พัฒนาขึ้น                | 105 |
| ซ.1  | แมกเนติกส์ คอนแทคเตอร์  | 180 |
| ซ.2  | รีเลย์ ตั้งเวลา   | 180 |
| ซ.3  | โอเวอร์โวลด์ รีเลย์   | 180 |
| ซ.4  | สวิตช์ปุ่มกด  | 181 |
| ซ.5  | หลอดแสดงสัญญาณ  | 181 |
| ซ.6  | ซีเลคเตอร์ โวลท์  | 181 |
| ซ.7  | ซีเลคเตอร์แอมป์   | 182 |
| ซ.8  | โวลท์มิเตอร์  | 182 |
| ซ.9  | แอมมิเตอร์  | 182 |
| ซ.10 | เบรกเกอร์   | 183 |
| ซ.11 | หางปลา  | 183 |
| ซ.12 | สวิตช์ฉุกเฉิน   | 183 |
| ซ.13 | เคอร์เรนซ์ทรานฟอเมอร์   | 184 |
| ฉ.1  | ชุดทดลองการควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า สตาร์ เดลต้า                   | 186 |
| ฉ.2  | การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน                                     | 188 |