การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller วิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า

นายธเนศ ชาลีนพ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller วิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า

นายธเนศ ชาลีนพ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller วิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า

โดย นายธเนศ ชาลีนพ

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยณรงค์ เย็นศิริ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัติ อัศวานุวัตร)

ชื่อ : นายธเนศ ชาลีนพ
ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller วิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า
สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน
ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller วิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2108 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความรู้ระหว่างเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการสร้างชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller โดยชุดทดลอง ประกอบด้วย ใบงานปฏิบัติ แบบทดสอบ แบบประเมินความเหมาะสมของชุดทดลอง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดทดลอง โดยกลุ่มกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างบรรหาร – แจ่มใส สุพรรณบุรี จำนวน 18 คน คัดเลือกโดยการสุ่มแบบแบ่งช่วงชั้น

ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ที่จัดสร้างขึ้นผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย=4.56, S.D.=0.28) 2) ผลการหาประสิทธิภาพชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3

เฟส ด้วย Programmable Logic Controller เท่ากับ 82.521/80.554 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย=4.7, S.D.=0.17)

(มีจำนวนทั้งสิ้น 144 หน้า)

คำสำคัญ : ชุดทดลอง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Mr. Thanet Chaleenop

Independent Study Title : The Development and Efficiency Evaluation of an Experimental Apparatus for Single-phase and Three-phase Induction Motor Control Using Programmable Logic Controllers in an Electrical Programming and Control

Major Field : Electrical Engineering
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Independent Study Advisor : Assistant Professor Dr. Pakkawee Hayamin

Academic Year : 2024

พิทยาลัยราชภัฏ

ABSTRACT

This research aims to: (1) Develop an experimental set for controlling single-phase and three-phase induction motors using a Programmable Logic Controller (PLC) for the course “Programming and Electrical Control” (Course Code: 20104-2108) under the 2019 Vocational Certificate Curriculum of the Office of the Vocational Education Commission; (2) Evaluate the efficiency of the experimental set for controlling single-phase and three-phase induction motors using a Programmable Logic Controller; (3) Compare students’ learning achievement before and after using the experimental set for controlling single-phase and three-phase induction motors with a Programmable Logic Controller; and (4) Assess students’ satisfaction with the experimental set for controlling single-phase and three-phase induction motors using a Programmable Logic Controller. The experimental set includes practice worksheets, tests, an evaluation form for the appropriateness of the experimental set, an achievement assessment form, and a satisfaction assessment form. The research participants were 18 second-year vocational certificate students in the Electrical Power Department at Banhan-Jamsai Polytechnic College, Suphanburi. by using cluster random sampling The research findings revealed that (1) The developed experimental set for controlling single-

phase and three-phase induction motors using a Programmable Logic Controller was evaluated by five experts and received the highest rating (Average = 4.56, S.D. = 0.28); (2) The efficiency of the experimental set was measured at 82.521/80.554, exceeding the predetermined standard of 80/80; (3) Students' satisfaction with the experimental set was rated at the highest level (Average = 4.7, S.D. = 0.17)

(Total 144 Pages)

Keywords: Experimental Set, Motor Control, Programmable Logic Controller

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ซึ่งได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และแนวทางในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องของเนื้อหา และคอยอนะนำวิธีการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการวิจัย

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้ให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัย และขอบพระคุณอาจารย์จากแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างบรรหาร-แจ่มใส สุพรรณบุรี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในทุกด้านแก่ผู้วิจัย รวมทั้งเพื่อนปริญญาโท และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้กล่าวนาม

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัว ภรรยา บุตรสาว ที่สนับสนุนโอกาสทางการศึกษาเสมอมา ซึ่งเป็นแรงผลักดันและแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยสามารถผ่านอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ และคอยให้กำลังใจดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงอย่างดี

ทั้งนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการค้นคว้าอิสระนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาและการพัฒนางานวิจัยในสาขาที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสามารถเป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่ต้องการศึกษาเพิ่มเติมหรือทำการวิจัยต่อในประเด็นที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความก้าวหน้าในวงการวิชาการและนำไปสู่การพัฒนาต่อไปในอนาคต

ธเนศ ชาลีนพ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง (ถ้ามี) ..... ฏ

สารบัญรูปภาพ (ถ้ามี) ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 สมติฐานของการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 4

2.2 ความรู้เกี่ยวกับพีแอลซีเบื้องต้น 7

2.3 พีแอลซี โอรอน EP1E-N40DR-A 8

2.4 การใช้งานและการเขียนควบคุมพีแอลซีด้วยแลดเดอร์ไดอะแกรม 10

2.5 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง 12

2.6 อุปกรณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 13

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย 33

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ PLC Omron CP1E-N40DR-A 33

3.2 ศึกษาหลักสูตรรายวิชา 33

สารบัญ

หน้า

3.3 ออกแบบชุดทดลอง 34
3.4 ออกแบบใบงานการทดลอง 36
3.5 สร้างเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ความเหมาะสมของชุดฝึก 38
3.6 วิธีการเก็บข้อมูล 40
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 40
บทที่ 4 ผลของการวิจัย 43
4.1 ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller 43
4.2 ผลของการวิเคราะห์ความเหมาะสมของชุดทดลอง 48
4.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller 51
4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกปฏิบัติ 55
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 58
5.1 สรุปผลการวิจัย 58
5.2 อภิปรายผล 59
5.3 ข้อเสนอแนะ 61

บรรณานุกรม 63

ภาคผนวก 66

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 66
ตารางวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง 70
ใบงานการปฏิบัติเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง 71
ใบงานการปฏิบัติเรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส 78
ใบงานการปฏิบัติเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง 86

สารบัญ

หน้า

ใบงานการปฏิบัติเรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging 93

ใบงานการปฏิบัติเรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual) 100

ภาคผนวก ข 109

รายนามผู้เชี่ยวชาญ 110

หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ 111

ภาคผนวก ค 112

แบบประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller 113

แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางด้านความรู้ 118

แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller 131

ภาคผนวก ง 134

คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง 135

คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส 136

คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง 137

คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging 138

คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual) 140

คะแนนที่ได้จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางเรียน 143

ประวัติผู้เขียน..... 144

สารบัญตาราง

		หน้า
4-1	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller	49
4-2	ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบใบงานปฏิบัติและหลังเรียน	52
4-3	ผลการวิเคราะห์คะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	53
4-4	ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลอง	55
4-5	ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง	55
ค-1	แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน	116
ค-2	ผลวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	129
ค-3	ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller	133
ง-1	คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง	135
ง-2	คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส	136
ง-3	คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	137
ง-4	คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	138
ง-5	คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	140
ง-6	คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน	142

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
2-1	โครงสร้างพื้นฐานของระบบพีแอลซี	8
2-2	พีแอลซี โอรอน EP1E-N40DR-A	9
2-3	ตำแหน่งจุดเชื่อต่อพีแอลซี โอรอน EP1E-N40DR-A	9
2-4	แผนผังการใช้พีแอลซี	10
2-5	ตัวอย่างการเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรม	11
2-6	สวิตช์ปุ่มกด	13
2-7	โครงสร้างของสวิตช์ปุ่มกด	14
2-8	แมกเนติกส์คอนแทกเตอร์	15
2-9	แกนเหล็กอยู่กับที่	15
2-10	แกนเหล็กเคลื่อนที่	16
2-11	ขดลวด	16
2-12	หน้าสัมผัส	17
2-13	รีเลย์	17
2-14	รีเลย์โหลดเกิน	18
2-15	โครงสร้างของรีเลย์โหลดเกิน	18
3-1	ตำแหน่งการติดตั้ง PLC	35
3-2	ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์	35
3-3	แบบสำหรับการกำหนดเจาะแสะตัดสำหรับติดตั้ง PLC	35
3-4	แบบสำหรับการกำหนดเจาะแสะตัดสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	36
3-5	ตัวอย่างใบงานเรื่องการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	37
4-1	แสดงขนาดชุดทดลองอุปกรณ์การควบคุมมอเตอร์มุมหน้า	44
4-2	กล่องบรรจุชุดทดลองมุมด้านซ้าย	44
4-3	กล่องบรรจุชุดทดลองมุมด้านข้างหลัง	44
4-4	แสดงขนาดชุดทดลอง PLC มุมด้านหน้า	45
4-5	ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำส่วนที่ 1	45
4-6	ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำส่วนที่ 2	46

สารบัญรูปภาพ

หน้า

4-7 ตัวอย่างใบงานเรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง 47

4-8 ตัวอย่างใบงานเรื่องการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส 48
แบบ STAR-DELTA (manual)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการอาชีวศึกษาในประเทศไทย มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะวิชาชีพและมีทักษะที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและความต้องการของตลาดแรงงาน ทั้งในระดับประเทศและระดับสากล โดยสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ได้เน้นการยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนการสอนผ่านการพัฒนาอุปกรณ์ สื่อการเรียนรู้ และการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติจริง

การจัดการเรียนการสอนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง มีเป้าหมายเพื่อผลิตกำลังคนที่มีความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและทักษะในการปฏิบัติงานจริงให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมตามแนวทางของหลักสูตรฐานสมรรถนะ (Competency-Based Curriculum) ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริงในสถานการณ์การทำงาน (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา 2564 : ออนไลน์)

อย่างไรก็ตามปัญหาที่พบในสถานศึกษา คือ การขาดแคลนสื่อการเรียนการสอนที่สนับสนุนการฝึกทักษะเฉพาะทางอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะสื่อสำหรับการฝึกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการหรือการทดลองที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาทักษะของผู้เรียน

จากความเป็นมาและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างและพัฒนาชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และ มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้เสริมในรายวิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า พร้อมทั้งวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียนกับหลังเรียน มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะในการปฏิบัติในสถานประการณ์เสมือนจริง และเสริมสร้างสมรรถนะวิชาชีพให้ตรงตามเป้าหมายของหลักสูตรและรองรับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมในยุคดิจิทัลอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ วิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า

รหัสวิชา 20104-2108 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความรู้ระหว่างเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

1.2.4 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสร้างชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

1.3 สมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก

1.3.2 ผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller มีผลสัมฤทธิ์ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

1.3.3 ผู้เรียนมีความสามารถในการปฏิบัติงานด้านการคุมมอเตอร์ไฟฟ้าไม่น้อยกว่าร้อยละ 70

1.3.4 ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller อยู่ในระดับมาก

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ใบงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller 5 ใบงาน

1.4.1.1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง

1.4.1.2 วงจรกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส

1.4.1.3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง

1.4.1.4 วงจรกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสแบบ Jogging

1.4.1.5 วงจรสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟส Star – Delta (Manual)

1.4.2 กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.4.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้าในภาคเรียน 2/2567

1.4.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยสารพัดช่างบรรหาร – แจ่มใส แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า จำนวน 18 คน ด้วยการสุ่มแบบแบ่งช่วงชั้น (Cluster Random Sampling)

1.4.3 ผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของชุดทดลอง อาจารย์และผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับสาขาจำนวน 5 ท่าน

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ชุดทดลอง หมายถึง เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ได้สร้างขึ้นมาเพื่อการประยุกต์ใช้ร่วมกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

1.5.2 ประสิทธิภาพของชุดทดลอง หมายถึง ระดับความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ที่ผู้วิจัยได้จัดทำ โดยการวัดค่าความเหมาะสมจากแบบสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ช่วยให้เกิดการเรียนรู้และประยุกต์การความรู้ และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะต่อการใช้งาน Programmable Logic Controller

1.6.2 ผู้สอนนำชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ไปใช้ร่วมกับรายวิชาอื่นได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

2.2 ความรู้เกี่ยวกับพีแอลซีเบื้องต้น

2.3 พีแอลซี โอมรอน EP1E-N40DR-A

2.4 การใช้งานและการเขียนควบคุมพีแอลซีด้วยแลดเดอร์ไดอะแกรม

2.5 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

2.6 อุปกรณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

2.1.1 หลักการของหลักสูตร

2.1.1.1 เป็นหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพหลังมัธยมศึกษาตอนต้นหรือเทียบเท่าด้านวิชาชีพที่สอดคล้อง กับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติ เป็นไปตามกรอบคุณวุฒิแห่งชาติมาตรฐานการศึกษาของชาติ และกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ เพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนระดับฝีมือให้มีสมรรถนะ มีคุณธรรม จริยธรรมและจรรยาบรรณวิชาชีพ สามารถประกอบอาชีพได้ตรงตามความต้องการของสถานประกอบการและการประกอบอาชีพอิสระ

2.1.1.2 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้เลือกเรียนได้อย่างกว้างขวาง เน้นสมรรถนะเฉพาะด้านด้วยการปฏิบัติจริงสามารถเลือกวิธีการเรียนตามศักยภาพและโอกาสของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเทียบโอนผลการเรียนสะสมผลการเรียน เทียบโอนความรู้และประสบการณ์จากแหล่งวิทยาการ สถานประกอบการและสถานประกอบอาชีพอิสระ

2.1.1.3 เป็นหลักสูตรที่สนับสนุนการประสานความร่วมมือในการจัดการศึกษาร่วมกันระหว่างหน่วยงานและองค์กร ที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐและเอกชน

2.1.1.4 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถานศึกษา สถานประกอบการ ชุมชนและท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรให้ตรงตามความต้องการ โดยยึดโยงกับมาตรฐานอาชีพ และสอดคล้องกับสภาพยุทธศาสตร์ของภูมิภาคเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

2.1.2 จุดหมายของหลักสูตร

2.1.2.1 เพื่อให้มีความรู้ ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพเลือกวิถีการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสมกับตนสร้างสรรค์ความเจริญต่อชุมชน ท้องถิ่นและประเทศชาติ

2.1.2.2 เพื่อให้เป็นผู้มีปัญญา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ไม่เรียนรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและการประกอบอาชีพ มีทักษะการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะการคิด วิเคราะห์และการแก้ปัญหา ทักษะด้านสุขภาวะและความปลอดภัย ตลอดจนทักษะการจัดการ สามารถสร้างอาชีพและพัฒนาอาชีพให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ

2.1.2.3 เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจและภาคภูมิใจในวิชาชีพที่เรียนรักงานรักหน่วยงาน สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี โดยมีความเคารพในสิทธิและหน้าที่ของตนเองและผู้อื่น

2.1.2.4 เพื่อให้เป็นผู้มีพฤติกรรมทางสังคมที่ดีงาม ทั้งในการทำงาน การอยู่ร่วมกัน การต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว หน่วยงาน ท้องถิ่นและประเทศชาติ ดำรงตนตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เข้าใจและเห็นคุณค่าของการอนุรักษ์ศิลป์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น มีจิตสาธารณะและจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดี

2.1.2.5 เพื่อให้มีบุคลิกภาพที่ดี มีมนุษย์สัมพันธ์ มีคุณธรรม จริยธรรม และวินัยในตนเอง มีสุขภาพอนามัยที่สมบูรณ์ทั้งร่างกายและจิตใจ เหมาะสมกับงานอาชีพ

2.1.2.6 เพื่อให้ตระหนักและมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจ สังคม การเมืองของประเทศและโลก มีความรักชาติ สำนึกในความเป็นไทย เสียสละเพื่อส่วนรวม ดำรงรักษาไว้ซึ่งความมั่นคงของชาติศาสนา พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

2.1.3 จุดประสงค์สาขาวิชา

2.1.3.1 เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะด้านภาษาและการสื่อสาร ทักษะการคิดและการแก้ปัญหา ทักษะทางสังคมและการดำรงชีวิตในการพัฒนาตนเองและวิชาชีพ

2.1.3.2 เพื่อให้มีความเข้าใจและสามารถประยุกต์ใช้หลักการบริหารและจัดการวิชาชีพการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและหลักการงานอาชีพที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิชาชีพช่างไฟฟ้ากำลัง ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าของเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี

2.1.3.3 เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการและกระบวนการทำงานในกลุ่มงานพื้นฐานด้านช่างไฟฟ้ากำลัง

2.1.3.4 เพื่อให้สามารถนำความรู้ ประสบการณ์มาบูรณาการอาชีพอิสระ โดยใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่าและอนุรักษ์พลังงาน

2.1.3.5 เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานด้านช่างไฟฟ้ากำลัง ในสถานประกอบการและประกอบอาชีพอิสระรวมทั้งการใช้ความรู้ และทักษะเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับสูงขึ้นได้

2.1.3.6 เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานและดำรงชีวิตโดยประยุกต์ใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงหลักการใช้พลังงานและทรัพยากรอย่างคุ้มค่า คำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเอง ผู้อื่นและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

2.1.3.7 เพื่อให้มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซื่อสัตย์สุจริต มีระเบียบวินัย มีความรับผิดชอบต่อสังคม สิ่งแวดล้อม ต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด

2.1.4 รายวิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า

2.1.4.1 จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

2.1.4.1.1 เข้าใจโครงสร้าง ส่วนประกอบ การป้อนคำสั่ง โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

2.1.4.1.2 มีทักษะเกี่ยวกับการใช้คำสั่ง แก้ไข ปรับปรุงโปรแกรมงานควบคุมประเภทต่าง

2.1.4.1.3 มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ

2.1.4.2 สมรรถนะรายวิชา

2.1.4.2.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

2.1.4.2.2 ต่อวงจรการใช้งานควบคุมมอเตอร์ระบบนิวเมติกส์และอุปกรณ์ไฟฟ้า

2.1.4.2.3 ใช้ชุดคำสั่ง ควบคุมงานไฟฟ้า

2.1.4.3 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้าง ส่วนประกอบของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ คำสั่งการป้อนข้อมูลงานต่อวงจรการใช้งานควบคุมมอเตอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ งานต่อวงจรควบคุมระบบนิวเมติกส์ งานแก้ไขและปรับปรุงโปรแกรมป้อนข้อมูล

2.2 ความรู้เกี่ยวกับพีแอลซีเบื้องต้น

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controller) หรือ พีแอลซี (PLC) การออกแบบการทำงานของพีแอลซีจะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ โครงสร้างของ PLC (Programmable Logic Controller) หรือ ตัวควบคุมลอจิกที่สามารถโปรแกรมได้ จะประกอบด้วยหลายส่วนหลัก ๆ ที่ทำงานร่วมกันเพื่อให้ PLC สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โครงสร้างของ PLC ประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก ได้แก่

2.2.1 CPU (Central Processing Unit) ทำหน้าที่เป็นเป็นสมองของ PLC ประมวลผลคำสั่งจากโปรแกรมที่เขียนขึ้นและควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบ PLC และมีส่วน Microprocessor (MPU) เป็นหน่วยประมวลผลหลักในการทำงานของ PLC ทำหน้าที่คำนวณและตัดสินใจตามโปรแกรมที่ถูกเขียนขึ้น Memory: ใช้ในการเก็บข้อมูลและโปรแกรมที่เขียนขึ้นเช่น Ladder Logic, Structured Text หรือ Function Block Diagram เป็นต้น ปกติ CPU จะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ขนาดตั้งแต่ 4 บิต, 8 บิต, 16 บิต, 32 บิต, 64 บิต, หรือ 128 บิตมาทำงาน โดยที่ CPU แต่ละขนาดจะมีความสามารถที่จำกัดไม่เท่ากันจึงทำให้ PLC ในแต่ละรุ่นมีความสามารถแตกต่างกัน และบางรุ่นมีการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ถึง 2 ตัวช่วยกันในการทำงานจึงทำให้เวลาประมวลผลก็มีความเร็วกว่า PLC ที่เร็วกว่าตัวเดียว

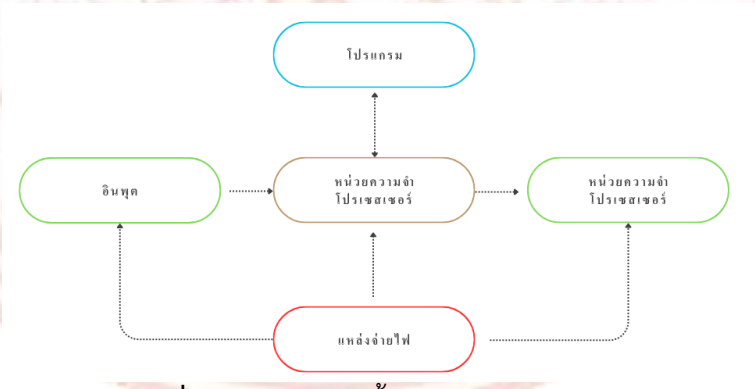
2.2.2 หน่วยความจำ (Memory Unit) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลต่าง ๆ โดยแยกเป็น หน่วยความจำชั่วคราว (RAM : Random Access Memory) จะใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลที่ทำงานจากการสั่ง ส่วนหน่วยความจำถาวร (ROM : Read Only Memory) จะใช้เก็บซอฟต์แวร์ระบบและเป็นชุดสำรองโปรแกรมและข้อมูล (Backup Program and Data) เพื่อป้องกันในกรณีที่โปรแกรมและข้อมูลในส่วน RAM สูญหายไป

2.2.3 อินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit) จะต่อร่วมกับชุดควบคุมเพื่อรอรับสัญญาณต่าง ๆ ไปยังตัว CPU เพื่อประมวลผลก่อนส่งออกไปด้านเอาต์พุตเพื่อให้ตามวัตถุประสงค์ของโปรแกรมที่กำหนดไว้ ในส่วนสัญญาณอินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์หรืออุปกรณ์ตรวจจับชนิดต่าง ๆ จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็น AC หรือ DC เพื่อส่งให้ CPU เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อ PLC ดังนั้นการเลือกใช้สัญญาณอินพุตควรเลือกให้มีความเหมาะสมกับตัวของ PLC และในของเอาต์พุต จะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของ CPU แล้วนำไปควบคุม

อุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลีนอยด์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นมีหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลางออกจากอุปกรณ์เอาต์พุต โดยปกติเอาต์พุตยังมีความสามารถในการขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1-2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดมีความต้องการแกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้จะต้องต่อกับอุปกรณ์อื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น

2.2.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) จะทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ภายใน PLC ได้แก่ อุปกรณ์ไอซี, ไฟเลี้ยงวงจรกำหนดการทำงานแบบต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังจ่ายพลังงานเลี้ยงวงจรที่จะนำมาต่อกับ PLC ทั้งภาคอินพุดเอาต์พุต แหล่งจ่ายไฟของ PLC จะแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดหนึ่งสำหรับอุปกรณ์และวงจรภายในแต่ละโมดูลต่างๆ ของ PLC อีกชุดหนึ่งเป็นตัวจ่ายพลังงาน (Service Unit 24VDC) 24VDC สำหรับการต่อวงจรภาคอินพุตหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยปกติแล้วชุดบริการ 24VDC ชุดนี้จะจ่ายกระแสได้ค่อนข้างต่ำ ไม่เหมาะสำหรับนำไปจ่ายโหลดที่ดึงกระแสสูง ส่วนมากจะนำไปต่อใช้งานเฉพาะวงจรภาคอินพุต PLC เท่านั้น แต่ถ้าจะนำไปต่อสำหรับทดสอบเครื่อง PLC หรือชุดฝึกทดลอง ก็ไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายภายนอกเพิ่ม ยกตัวอย่างเช่น ชุดฝึกทดลอง PLC ของออมรอน เป็นต้น สำหรับการใช้งานจริง แหล่งจ่ายจะถูกออกแบบมา 2 ลักษณะ ตามโครงสร้างภายนอก PLC คือ แหล่งจ่ายชนิดที่รวมอยู่ในตัว PLC เลย เช่น CPIL จะมีชุดจ่ายพลังงานในตัวเพียงแค่ป้อนไฟให้กับ CP1L มันจะจัดสรรพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่างๆ

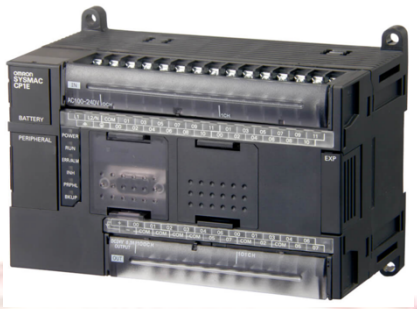
2.2.5 Programming Device ทำหน้าที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม, แก้ไขโปรแกรม และตั้งค่าระบบ PLC การเขียนและอัปโหลดโปรแกรมไปยัง PLC ต้องใช้อุปกรณ์นี้ เช่น คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม CX-Programmer หรือ Sysmac Studio



ภาพที่ 2-1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบพีแอลซี

2.3 พีแอลซี โอรอน EP1E-N40DR-A

ในปัจจุบันมีพีแอลซี ที่มีการผลิตและจำหน่ายในท้องตลาดจำนวนมากมายหลายรุ่น จะแตกต่างกับตรงที่จำนวน INPUT และ OUTPUT

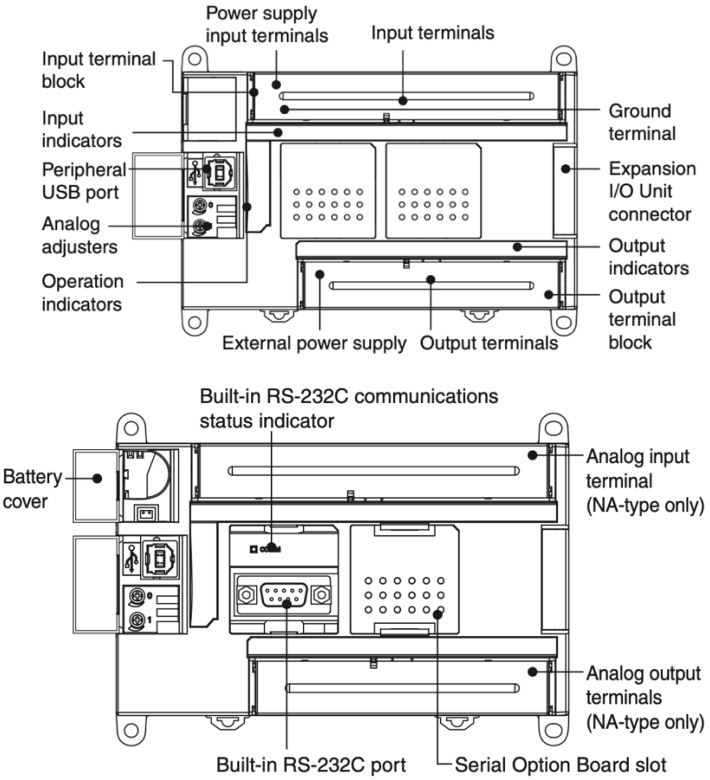


ภาพที่ 2-2 พีแอลซี โอรอน EP1E-N40DR-A

(ที่มา : omron.eu/products/CP1E-N40DT1-D)

2.3.1 ข้อกำหนดทางเทคนิค EP1E-N40DR-A

Power Supply	100 to 240 VAC
Inputs	24
Out- puts	16
Output type	Relay
Ex-ternal power supply	(24 VDC)
Port	RS-232C / USB 2.0



ภาพที่ 2-3 ตำแหน่งจุดเชื่อต่อพีแอลซี โอรอน EP1E-N40DR-A

(ที่มา : omron.eu/products/CP1E-N40DT1-D)

2.4 การใช้งานและการเขียนควบคุมพีแอลซีด้วยแลดเดอร์ไดอะแกรม

2.4.1 ขั้นตอนการใช้งาน พีแอลซี

1. กำหนดการขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

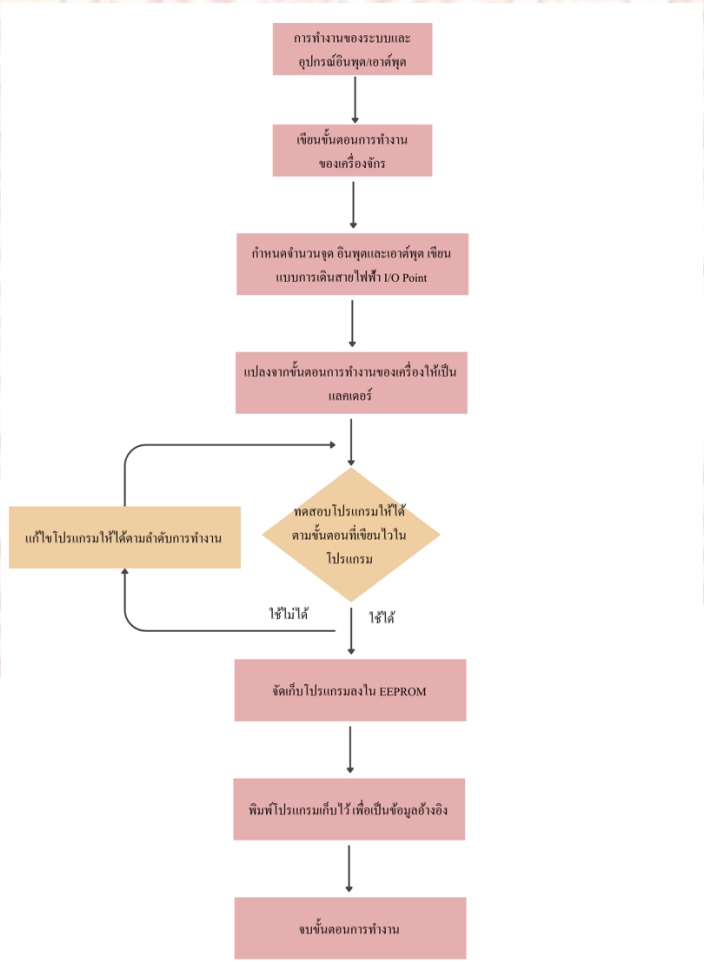
2. กำหนดอินพุตและเอาต์พุตคือการกำหนด Address ของสวิตช์ปุ่มกด (Push Button) หรือแมกเนติกส์ (Magnetic) เช่นสวิตช์ปุ่มกดจะต่ออยู่ขั้วต่อสาย 1 ก็คือ Bit 00 เป็นต้น

3. เดินสายไฟจากจุดอินพุตเข้าที่ขั้วต่อสายเอาต์พุต และจากขั้วต่อสายด้านเอาต์พุตเข้าไปที่โหลดหรือรีเลย์

4. เขียนโปรแกรมลงใน CPU ของพีแอลซีเขียนตามขั้นตอนการทำงานของเครื่อง

5. การให้พีแอลซีทำงานตามโปรแกรม และการมอนิเตอร์ (Monitor) โปรแกรมหลังจากเขียนโปรแกรมจบแล้ว สั่ง RUN คือให้เครื่องจักรทำงานตามขั้นตอนที่เขียนไว้ในโปรแกรมตามต้องการและดูสภาวะการทำงานที่หน้าจอ (Monitor)

2.4.2 แผงผังการใช้ พีแอลซี



ภาพที่ 2-4 แผนผังการใช้พีแอลซี

2.4.3 แลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram)

ในการเขียนโปรแกรม PLC ที่พบมากที่สุดคือ Ladder Diagram (LD) ซึ่งเป็นภาษากราฟิกที่แสดงความสัมพันธ์ทางตรรกะระหว่างอินพุตและเอาต์พุตราวกับเป็นคอนแทกและขดลวดในวงจรรีเลย์แบบกลไกที่มีการเดินสายไฟ ภาษานี้ถูกคิดค้นขึ้นเพื่อให้การเขียนโปรแกรม PLC รู้สึก "เป็นธรรมชาติ" สำหรับช่างไฟฟ้าที่คุ้นเคยกับวงจรการควบคุมและวงจรรีเลย์ แม้ว่าภาษา Ladder Diagram จะมีข้อจำกัดหลายอย่างในความพยายามที่จะทำให้การเขียนโปรแกรมดูเรียบง่าย แต่ก็ยังคงได้รับความนิยมอย่างมากโดยที่ Ladder Diagram จะถูกมองว่าเป็นวงจรเสมือนจริง ซึ่งมีการไหลของพลังงานผ่านคอนแทกเสมือน เพื่อไปกระตุ้นขดลวดรีเลย์เสมือนเพื่อทำฟังก์ชันตรรกะต่างๆ คอนแทกและขดลวดใน Ladder Diagram PLC ไม่มีตัวตนจริง แต่จะทำงานกับบิตในหน่วยความจำของ PLC โดยความสัมพันธ์ทางตรรกะระหว่างบิตเหล่านั้นจะแสดงในรูปแบบของแผนผังที่ดูเหมือนวงจรไฟฟ้าโดยจะเป็นเส้นตั้งสั้นๆ ที่ถูกแบ่งด้วยช่องว่างแนวนอนคอนแทกที่เปิดปกติจะว่างเปล่าภายในช่องว่างระหว่างเส้นเหล่านั้น ในขณะที่คอนแทกที่ปิดปกติจะมีเส้นทแยงมุมข้ามช่องว่างนั้น ขดลวดมีลักษณะแตกต่างออกไป โดยจะแสดงเป็นวงกลมหรือคู่ของวงเล็บ ข้อความคำสั่งอื่นๆ จะปรากฏเป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าแต่ละบรรทัดแนวนอนจะเรียกว่า "ขั้น" เช่นเดียวกับที่เรียกขั้นบันไดในบันไดว่า คุณสมบัติที่พบได้บ่อยในโปรแกรมแก้ไข Ladder Diagram คือความสามารถในการเน้นสีให้กับองค์ประกอบเสมือนในวงจรเสมือนที่พร้อมที่จะนำไฟฟ้าไปยังพลังงานเสมือนสีต่างๆ ถูกใช้เพื่อบ่งบอกถึงการนำไฟฟ้าขององค์ประกอบต่างๆ รวมถึงค่าของข้อมูลตัวแปร เช่น ค่าของอนาล็อกหรือค่าของตัวเลขเต็ม

ภาพที่ 2-5 ตัวอย่างการเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรม

2.5 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

มนต์ชัย (2530 : 67-72) ได้กล่าวถึงความสำคัญของชุดทดลองที่มีต่อกระบวนการเรียนการสอนไว้ดังนี้

ชุดทดลองเป็นอุปกรณ์ช่วยสอนที่ใช้ประกอบการสอนเพื่อแสดงเนื้อหาที่เป็นกฎ สูตรหรือทฤษฎีที่กำหนดไว้แล้ว หรือใช้เพื่อทดลองหาความสัมพันธ์สร้างเกณฑ์ขึ้นใหม่ โดยแสดงผลให้เห็นจริง ได้ปัจจุบันได้มีการใช้ชุดทดลองในลักษณะของการสาธิตหน้าชั้นเรียน หรือเป็นชุดฝึกสำหรับการเรียนรายบุคคล โดยเฉพาะการเรียนการสอนวิชาประลอง (Laboratory) เนื่องจากผู้สอนได้เล็งเห็นประโยชน์ที่แท้จริงของชุดทดลองที่มีต่อการเรียนการสอนว่าทำให้การเรียนรู้เห็นจริงได้นอกจากนั้นยังทำให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมในบทเรียนค่อนข้างสูงด้วย

สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้กล่าวถึงรูปแบบของชุดทดลองไว้ในคู่มือปฏิบัติงานเรื่องการออกแบบและสร้าง ต้นแบบชุดทดลองและชุดสาธิต (2543 : 1-4) ไว้ว่าการออกแบบชุดทดลองสามารถทำได้หลาย ลักษณะ เช่น แผงทดลอง (Experimental Panels) โมดูลเสียบ (Plug-in Modules) และอุปกรณ์เสียบ (Plug-in Components)

1. แผงทดลอง (Experimental Panels) เป็นชุดที่ใช้สอนหรือฝึกในเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ อาจเป็นชุดที่ติดตั้งอยู่บนโต๊ะหรือ แขวนอยู่บนฝาหรือตั้งบนพื้นหน้าห้องเรียนเพื่อให้ผู้เรียนทั้งห้องสามารถมองเห็นได้ แผงทดลองทำด้วยแผ่นพลาสติกหรือเบกาไลต์ที่มีความหนา 5 มม. สูง 297 มม. กว้าง 130 มม. หรือมากกว่าด้านหลังมีฝาปิด แผงทดลองที่ต้องการความแข็งแรง เช่น การควบคุมนิวเมติกส์ อาจทำด้วยแผ่นอะลูมิเนียมอุปกรณ์จะยึดติดกับแผ่นด้านหลังหรือฝังอยู่ด้านหลังการต่อวงจรไฟฟ้าจะใช้ปลั๊กนิรภัย (Safety Sockets) ขนาด 4 มม. หรือ 2 มม. ยึดติดด้านหน้าแผ่นสัญลักษณ์และคำอธิบายจะพิมพ์บนด้านหน้าแผ่นและไม่สามารถลบออกได้

2. โมดูลเสียบ (Plug-in Modules) เป็นชุดอุปกรณ์ที่ต่อกันเป็นชุดหรือวงจรสำเร็จรูปประกอบอยู่ในกล่องหรือกระเป๋าสามารถ เคลื่อนย้ายได้ด้วยมือเวลาใช้งานจะถอดฝาออก ภายในฝาเป็นที่เก็บอุปกรณ์สำหรับทดลองด้านล่าง ของกล่องโมดูลมีขาเสียบขนาด 4 มม. ที่สามารถเสียบลงบนแผ่นกริด (Grid Pattern) ที่มีระยะห่าง ระหว่างช่องเสียบ 19 มม. โมดูลทำด้วยพลาสติกหรืออลูมิเนียม โดยพิมพ์สัญลักษณ์ของวงจรไว้ด้านบนกล่อง

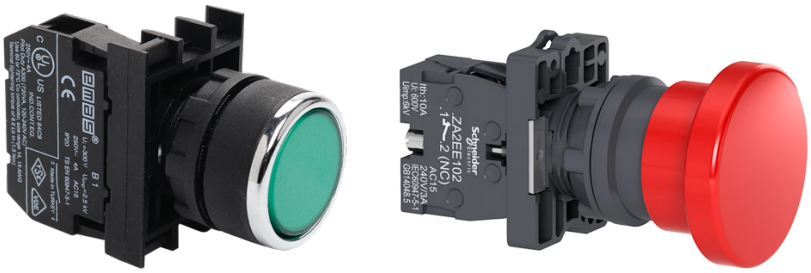
3. อุปกรณ์เสียบ (Plug-in Components) มีความเป็นไปได้ที่การทดลองจำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ทดลองทีละตัว เช่น ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ เป็นต้น เพื่อให้ง่าย และสะดวกรวดเร็วในการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติม อุปกรณ์จึงประกอบไว้ในกล่องพลาสติกใสที่ขาเสียบขนาด 4 มม. การออกแบบสร้างชุดทดลองเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเป็นสิ่งยุ่งยากและค่อนข้างละเอียด ผู้สร้างจะต้องพิจารณาองค์ประกอบทุกๆ ด้านที่เกี่ยวข้อง ประการแรกที่สำคัญได้แก่การวิเคราะห์

วัตถุประสงค์ของบทเรียน ว่าเนื้อหาหลักต้องการอะไร ผู้เรียนต้องมีกิจกรรมอย่างไรจึงจะแสดงว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์โดยมีขั้นตอนการดำเนินการสร้างพอสรุปได้ดังนี้ (มนต์ชัย 2530 ข: 69-70)

2.6 อุปกรณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

2.6.1 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัด หรือต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ สวิตช์ปุ่มกดนี้จะมีหน้าสัมผัส 2 ชุด คือ หน้าที่สัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open ; NO) 1 ชุด และหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close ; NC) 1 ชุด เมื่อใช้มือกดและปล่อยมือ หน้าสัมผัสทั้งคู่จะกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมโดยไม่ค้างอยู่ในตำแหล่งเดิมด้วยแรงดันของสปริงเรียกการทำงานของหน้าสัมผัสนี้ว่า Momentary Contact ลักษณะของรูปแบบของสวิตช์ปุ่มกด

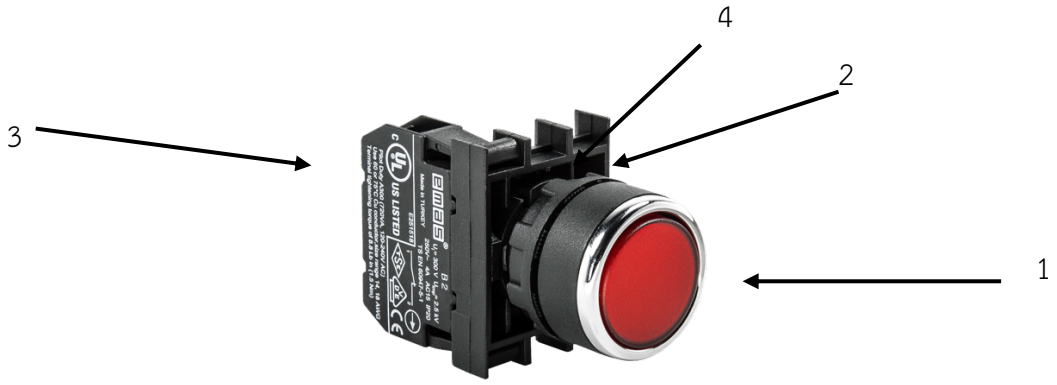


ภาพที่ 2-6 สวิตช์ปุ่มกด

(ที่มา : https://shorturl.asia/VNqRs)

โครงสร้างของสวิตช์ปุ่มกด มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. ปุ่มกดทำด้วยพลาสติก สีแดง สีเขียว หรือสีเหลือง ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน
2. แหวนยึด สำหรับยึดสวิตช์ปุ่มกดเข้ากับตู้ควบคุม
3. ชุดหน้าสัมผัสปกติเปิด และปกตอปิด
4. ยางรอง



ภาพที่ 2-7 โครงสร้างของสวิตช์ปุ่มกด

2.6.2 แมกเนติกส์คอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor)

เป็นอุปกรณ์ควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าทำหน้าที่ตัด และต่อวงจรเหมือนสวิตช์ไฟฟ้าทั่วไป แต่แมกเนติกส์คอนแทกเตอร์ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กแทนการสับสวิตช์ด้วยมือโดยตรง ในตัวแมกเนติกส์คอนแทกเตอร์จะมีหน้าสัมผัสจำนวนหลายชุดติดอยู่บนแกนเดียวกัน และทำงานพร้อมกัน ซึ่งหน้าสัมผัสมีทั้งแบบปกตอเปิด (Normally Open : NO) และหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close ; NC) จำนวนหน้าสัมผัสทั้ง 2 แบบจะมีมากหรือมีน้อยขึ้นอยู่กับการนำ คอนแทกเตอร์ไปใช้งานหน้าสัมผัสจะแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ หน้าสัมผัสหลัก (Main Contact) เป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิดใช้สำหรับเปิด หรือปิดวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าให้มอเตอร์ ถูกออกแบบให้มีขนาดใหญ่เหมาะสมสำหรับใช้กับกระแสไฟฟ้าสูง สังเกตดูได้จากสกรูที่หน้าสัมผัสจะมีขนาดใหญ่ และหน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contact) หน้าสัมผัสจะมีขนาดเล็กเป็นแบบปกติปิด หรือแบบปกติเปิดก็ได้แล้วแต่ความต้องการของผู้ใช้งาน หน้าสัมผัสช่วยจะมีขนาดเล็กกว่าหน้าสัมผัสหลักเพราะการทนกระแสไฟฟ้าได้น้อยกว่า จึงใช้ในการเฉพาะวงจรควบคุมเท่านั้น ไม่สามารถในไปใช้เปิดและปิดวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าให้มอเตอร์โดยตรง

คอนแทกเตอร์เป็นอุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าสูง จึงเกิดประกายไฟ (Arc) ที่หน้าสัมผัส จะทำให้หน้าสัมผัสชำรุดเสียหายเร็ว ดังนั้นจึงต้องลดการเกิดประกายไฟดังกล่าวโดยใช้วิธีการดับอาร์กดด้วยสนามแม่เหล็ก (Magnetic Blowout) และช่วยทำให้อายุการใช้งานของหน้าสัมผัสนานยิ่งขึ้น

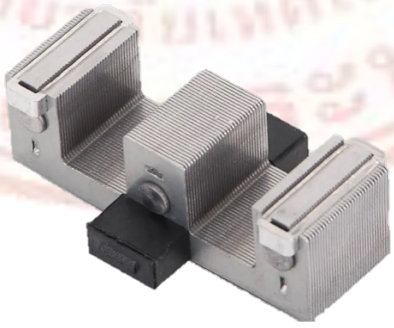
ภาพที่ 2-8 แมกเนติกส์คอนแทกเตอร์

(ที่มา : https://sahamid.com/magnetic-contactors/?v=5153621d17c8)

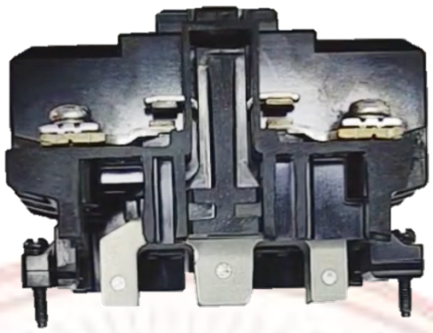
ข้อดีของการใช้แมกเนติกส์คอนแทกเตอร์มีหลายประการ เช่น สะดวกในการใช้งานเพราะสามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น สวิตช์ปุ่มกด สวิตช์ความดัน หรือสวิตช์ลูกลอยในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้ ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีกระแสไฟฟ้าจำนวนมากไหลผ่านหน้าสัมผัสหลักนั้น และแรงดันขนาดต่ำที่ไปควบคุมขดลวดของคอนแทกเตอร์ที่ทำให้เกิดการตัด หรือต่อของหน้าสัมผัสหลักที่ควบคุมมอเตอร์เท่านั้น ทำให้เกิดความปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน

1. โครงสร้างของคอนแทกเตอร์จะมีส่วนประกอบ 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

แกนเหล็ก (Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางตัว E อัดซ้อนกันเป็นแกนเหล็ก แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ แกนเหล็กอยู่กับที่ (Fixed Core) ที่ขาทั้งสองข้างของแกนเหล็กมีลวดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดอยู่เป็นวงแหวนฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกนเหล็ก เพื่อลดการสั่นสะเทือนของแกนเหล็กอันเนื่องจากการสั่งสะเทือนของคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ และแกนเหล็กเคลื่อนที่ (Movable Core) จะมีชุดหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ (Moving Contact) ยึดติดอยู่

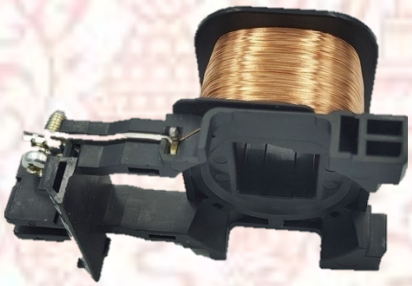


ภาพที่ 2-9 แกนเหล็กอยู่กับที่



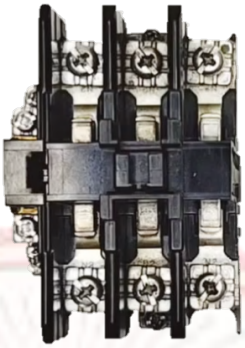
ภาพที่ 2-10 แกนเหล็กเคลื่อนที่

ขดลวด (Coil) เป็นลวดทองแดงพันอยู่รอบลูกล้อ (Bobbin) สวมอยู่ตรงกลางของแกนเหล็กอยู่กับที่ ขดลวดทองแดงนี้ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และมีขั้วต่อสำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้า มีสัญลักษณ์อักษรกำกับ คือ A1 – A2



ภาพที่ 2-11 ขดลวด

หน้าสัมผัส (Contact) จะยึดติดอยู่กับแกนเหล็กเคลื่อนที่หน้าสัมผัสแบ่งออกเป็น]2 ส่วนคือ หน้าสัมผัสหลัก ซึ่งเป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิดใช้ในวงจรกำลังไฟฟ้าหน้าที่ตัด หรือต่อวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าให้มอเตอร์ และหน้าสัมผัสช่วยใช้ในวงจรควบคุม หน้าสัมผัสก็จะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ หน้าสัมผัสปกติเปิด และหน้าสัมผัสปกติปิด



ภาพที่ 2-12 หน้าสัมผัส

2. ชนิดของคอนแทกเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งออกเป็น 4 ชนิดตามลักษณะโหลด และการใช้งาน คือ

ชนิด AC – 1 เป็นคอนแทกเตอร์ที่ใช้กับโหลดที่เป็นความต้านทาน

ชนิด AC – 2 เป็นคอนแทกเตอร์ที่ใช้กับโหลดที่เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบสลิปริง

ชนิด AC – 3 เป็นคอนแทกเตอร์ที่ใช้กับโหลดที่เป็นมอเตอร์ที่มีตัวหมุนแบบกรงกระรอก

ชนิด AC – 4 เป็นคอนแทกเตอร์ที่ใช้สำหรับการสตาร์ท และหยุดการทำงานของมอเตอร์ในวงจรควบคุมการทำงานแบบสั้น ๆ และใช้ในวงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ที่มีตัวหมุนแบบกรงกระรอก

2.6.3 รี เลย์ (Relay)

เป็นสวิตช์ที่ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กช่วยในการตัด หรือต่อวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเหมือนคอนแทกเตอร์แต่ขนาดเล็กกว่า

ภาพที่ 2-13 รีเลย์

2.6.4 รีเลย์โหลดเกิน (Overload Relay)

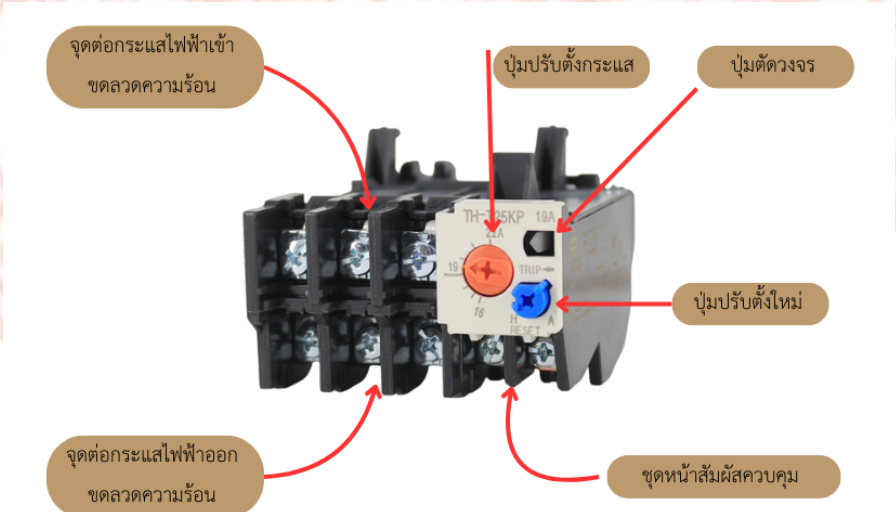
หรือรีเลย์ป้องกันมอเตอร์ (Protective Motor Relay) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์ขณะทำงาน (Running Protection) ออกแบบใช้สำหรับเปิดวงจรควบคุมมอเตอร์เมื่อมีกระแสไฟฟ้า

ไหลเกินกว่าพิกัดกระแสของมอเตอร์ ซึ่งจะทำให้ขดลวดของมอเตอร์ร้อนขึ้นเรื่อย ๆ และไหม้ในที่สุด หากในวงจรควบคุมมีรีเลย์โหลดเกิน และปรับตั้งค่ากระแสไฟฟ้าถูกต้อง วงจรควบคุมจะถูกตัดวงจรออกไปก่อนที่ขดลวดมอเตอร์จะไหม้

ภาพที่ 2-14 รีเลย์โหลดเกิน

(ที่มา : https://www.iotechmall.com/what-is-a-overload-relay/)

1. โครงสร้างของรีเลย์โหลดเกิน ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนั้น



ภาพที่ 2-15 โครงสร้างของรีเลย์โหลดเกิน

2. การทำงานของรีเลย์โหลดเกิน จะอาศัยผลของความร้อน โครงสร้างภายในประกอบด้วยลวดความร้อนที่พันอยู่กับแผ่นโลหะคู่ (Bimetal) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัดที่กำหนดไว้จะทำให้

เกิดความร้อนมากขึ้นที่แผ่นโลหะคู่เป็นผลทำให้เกิดการโก่งตัวดันคานส่งเคลื่อนที่ไปดันหน้าสัมผัสควบคุมให้เปลี่ยนตำแหน่งเปิดวงจรควบคุม เพื่อให้มอเตอร์หยุดทำงาน

3. ชนิดของรีเลย์โหลดเกิน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

(1) แบบไม่มีตัวปรับตั้งใหม่ (No Rese) แบบนี้เมื่อโหลดเกินจะทำให้แผ่นโลหะคู่ร้อนและโก่งตัวออกไป เมื่อเย็นตัวลงจะกลับที่เดิมทำให้หน้าสัมผัสควบคุมกลับตำแหน่งเดิมด้วย

(2) แบบมีตัวปรับตั้งใหม่ (Reset) แบบนี้เมื่อเกิดโหลดเกินจะทำให้แผ่นโลหะคู่ร้อนและโก่งตัวออกไป จะมีกลไกทางกลมาล็อคสภาวะการทำงานของหน้าสัมผัสควบคุมที่เปลี่ยนตำแหน่งไว้ เมื่อแผ่นโลหะคู่เย็นตัวลงแล้วหน้าสัมผัสควบคุมยังคงสภาวะอยู่ได้ ถ้าต้องการให้หน้าสัมผัสควบคุมกลับตำแหน่งเดิมต้องกดปุ่มปรับตั้งใหม่ก่อน รีเลย์โหลดเกินแบบมีตัวปรับตั้งใหม่นี้มักนิยมใช้ในการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 ความหมายของการสอนทดลอง

การสอนทดลองในช่างอุตสาหกรรมมีความสำคัญมาก เพราะช่วยให้ผู้เรียน พัฒนาทักษะจริง ฝึกการใช้เครื่องมือและเครื่องจักร เตรียมพร้อมสู่การทำงาน แก้ปัญหาหน้างานได้ เสริมความปลอดภัย ในการทำงาน กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ และ ฝึกการทำงานเป็นทีม นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มโอกาสในการประกอบอาชีพ โดยมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการสอนทดลองไว้ดังนี้

สุพิน บุญชูวงศ์ (2544) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบทดลอง คือ วิธีสอนที่ให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองคนเกิดความรู้ ความเข้าใจ เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริง พิสูจน์สมมุติฐาน หรือค้นพบข้อความต่างๆ

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่(2545) ได้ให้ความหมายของการสอนทดลองว่า หมายถึงวิธีการสอนที่ทำให้เกิดประสบการณ์ตรงที่เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องนำไปปฏิบัติ หรือการศึกษาข้อเท็จจริงจากภาคทฤษฎีที่ได้มีผู้ค้นพบมาแล้วโดยผู้เรียนทำการทดลองและโดยวิธีการสอบสวนค้นคว้าและปฏิบัติการทดลอง ตามเนื้อหาทฤษฎีที่ได้เรียนมา แล้วมาสรุปข้อเท็จจริงตามทฤษฎี

สุมาลี จันทร์ชลอ (2542) ได้ให้ความหมายของการสอนทดลองไว้ว่า การสอนทดลอง (Laboratory Instruction) คือกระบวนการที่ผู้สอนจัดกิจกรรมหรือสร้างสถานการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนได้สังเกต สามารถพิสูจน์กฎเกณฑ์ ข้อเท็จจริงจาดทฤษฎีที่มีการค้นพบมาแล้ว รวมทั้งสามารถประยุกต์หลักการที่ใช้ในการทดลองแก้ปัญหากับงานจริงในภาคสนามได้ ทั้งนี้โดยใช้วิธีการสอบสวนค้นคว้าและปฏิบัติการทดลองเพื่อให้ความรู้ เกิดประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติทดลอง

สุวัฒน์ นิยมค้า (2531) ให้ความหมายของการสอนทดลองว่า เป็นการสำรวจค้นหาสิ่งที่ไม่รู้ด้วยการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ที่สุก การสำรวจค้นหาข้อมูลนั้น อาจจะเป็น

การสำรวจหา มโนคติของสิ่งต่างๆ หลักการ กฎ สูตร ทฤษฎี วิธีการค้นหา อาจจะมีการตั้งสมมุติฐานหรืออาจจะไม่ตั้งสมมุติฐานก็ได้ การค้นหานั้นอาจมีการทดลองแบบแบ่งกลุ่มควบคุมเปรียบเทียบ หรืออาจไม่มีการแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบก็ได้ แต่การทดลองทุกประเภทจะประกอบด้วยกิจกรรม 2 ขั้นตอน คือ กิจกรรมขั้นออกแบบวงจรกับกิจกรรมขั้นปฏิบัติการทดลอง

บุญชม ศรีสะอาด () ให้ความหมายไว้ว่า การสอนทดลอง หมายถึง กระบวนการสอนที่ใช้ประสบการณ์ตรงของผู้เรียน ทำให้เกิดประสบการณ์ใหม่ ๆจากผลผลิตหรือข้อเท็จจริง จากการสังเกตและการปฏิบัติการทดลองเป็นรายบุคคล หรือแบบกลุ่ม ในบางครั้งจะทดลองเพื่อพิสูจน์กฎเกณฑ์ที่บุคคลอื่นค้นพบแล้ว เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของกฎเกณฑ์นั้น

จากการศึกษา ค้นคว้า จากเอกสารงานวิจัยต่างๆ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การสอนแบบทดลอง เป็นวิธีการสอนที่ให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า ทดลอง และพิสูจน์ข้อเท็จจริงด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต ตั้งสมมุติฐาน และทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนเกิด ประสบการณ์ตรง และสามารถประยุกต์ใช้หลักการทางทฤษฎีในสถานการณ์จริง

2.7.2 วัตถุประสงค์ของของการสอนทดลอง

การสอนแบบทดลองมีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้งและพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยมีนักการศึกษาต่างๆ ได้ระบุวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้

พัทยา การะเจดีย์ 2545 ได้ระบุไว้ความมุ่งหมายของการสอนทดลองไว้ว่า

1.เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้จากประสบการณ์ตรงโดยการสังเกตและการทดลอง

2.เพื่อให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการทดลอง ช่วยให้นักเรียนสนใจในบทเรียนมากยิ่งขึ้น

3.เพื่อพัฒนาทักษะในการใช้เครื่องมือต่างๆในการทดลอง

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ (2551 : 187) ได้อธิบายถึงจุดประสงค์ของการสอนทดลอง ดังนี้

1. พัฒนาความสามารถทางทฤษฎี (Cognitive abilities) หมายถึงการพัฒนาความสามารถทางสมองที่เกิดจากการนำเอาเนื้อหาวิชาในศาสตร์ ตั้งแต่ข้อเท็จจริง (Factual information) ความคิดรวบยอด (Concept) หลักการ (Principle) ตลอดจนทฤษฎีต่างๆ ในศาสตร์เขามาในการปรับและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ในขณะทดลอง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ของสมองกับกิจกรรมการทดลอง ทำให้เกิดความคิดหลายรูปแบบ เช่น ความคิดริเริ่ม (Initiative) ความคิดสร้างสรรค์ (Creative) ความคิดตรึกตรอง (Reflexive) และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) เกิดการระลึกและการทบทวนถึงสิ่งต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ของการทดลองประสบการณ์เหล่านี้ มีผลต่อความเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น จำเนื้อเรื่องได้นาน เกิดความสามารถในการประยุกต์ใช้งาน และความสามารถในการแก้ปัญหาได้ ปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดขึ้น เป็นการพัฒนาความสามารถทางสมอง จากการปฏิบัติการในห้องทดลองที่ค่อยๆ สังสมทีละน้อยจนในที่สุด จะเป็นความสามารถในระดับ การนำ

ความรู้ไปใช้ (Re-productive) และการประยุกต์ความรู้ (Productive) ได้ง่าย พฤตกรรมความสามารถทางทฤษฎีที่ได้จากการทดลองมีดังนี้

1.1 ขยายความรู้ที่ได้รับจากการเรียนในชั้นเรียน ความรู้ในเรื่องกฎ สูตร และการทำงานของเครื่องมือ อุปกรณ์

1.2 เห็นความแตกต่างระหว่างทฤษฎีกับปฏิบัติ (Theory Verification)

1.3 พัฒนาความสามารถในการพยากรณ์ผลลัพธ์

1.4 พัฒนาความสามารถในการประยุกต์หลักการตาง ๆ

1.5 พัฒนาความสามารถในการอ้างอิง (Inferential)

1.6 พัฒนาความสามารถในการสรุปรวม (Generalization)

2. พัฒนาความสามารถเฉพาะตัวทางช่าง หมายถึง ความสามารถที่สะสมในตัวบุคคล อันเกิดจากประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนภาคทฤษฎี ภาคปฏิบัติและภาคประยุกต์ ความสามารถเหล่านี้ได้แก่ ความคล่องตัวในการปฏิบัติงานต่างๆ ความสามารถในการใช้กลวิธีทางความคด (Cognitive strategy) ในการวิเคราะห์แก้ปัญหาความสามารถในการระลึกถึง และประมวลเรื่องราวต่างๆ เพื่อนำไปสู่การตัดสนใจ ตลอดจนการมีไหวพริบและปฏิภาณในการทำงาน ความสามารถดังกล่าวประกอบด้วย

2.1 ความสามารถในการวัดและการสังเกตปรากฏการณ์

2.2 ความสามารถในการสรุปผลจากการสังเกต การวัด และจากการทดลองได้อย่างถูกต้อง

2.3 ความสามารถในการสร้างระบบการแก้ไข้ปัญหาด้วยตนเอง และพัฒนาความ มั่นใจในการแก้ปัญหา

2.4 พัฒนาความสามารถในการจัดระบบการเก็บและบันทึกข้อมูลที่เหมาะสม

2.5 พัฒนาทักษะปฏิบัติ เช่น การติดตั้งและดำเนินงานเกี่ยวกับเครื่องมือเครื่องจักร

2.6 ความสามารถในการพัฒนาระบบวิธีการทดสอบ วิธีการวางแผน รวมทั้งพัฒนาความสามารถในการปรับหรือแก้ไขแผนการทดลองให้เหมาะสมกับสถานการณ์

2.7 ความสามารถในการประมวลขนาดหรือปริมาณต่างๆ โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือ

2.8 วัด (Judging Magnitude without Actual Measurements)

2.9 สร้างพลังอำนาจในการตัดสินใจ

3. ให้ประสบการณเกี่ยวกีบเครื่องมือและงานอุตสาหกรรม หมายถึงความรอบรู้ ในลักษณะรูปราง ประเภทการทางาน คุณสมบัติ ขีดจำกัด ตลอดจนขั้นตอนวิธีการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุ หรือรอบรู้เกี่ยวกับระเบียบวิธีการปฏิบัติงานของโลกอุตสาหกรรม ความสามารถต่างๆ เหล่านี้สามารถพัฒนาได้จากการปฏิบัติงานในห้องทดลอง พฤติกรรมดังกล่าวประกอบด้วย

3.1 สร้างความคุ้นเคยเกี่ยวกับเครื่องมือวัด วัสดุ และเทคนิคการปฏิบัติงานวิชาชีพ

3.2 สร้างความเข้าใจในข้อจำกัดของเครื่องมือและวัสดุรวมทั้งพัฒนาความสามารถ ในการดัดแปลงแก้ไข การใช้อุปกรณ์เครื่องมือในสถานการณ์อื่นได้อย่างปลอดภัย

3.3 พัฒนาความสามารถในการเลือกเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง ที่เหมาะสม

3.4 พัฒนาความสามารถในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการค้นหาแหล่งผิดพลาดที่เกิดขึ้น และสามารถจำกัดข้อผิดพลาดเหล่านั้นได้

3.5 สร้างความตระหนักในมาตรการของความปลอดภัยในการทางาน มีเทคนิควิธี ในการสังเกต ตลอดจนวิธีการแก้ไขให้ผู้ปฏิบัติ

4. พัฒนาความสามารถทางสังคม หมายถึงความสามารถในการปรับตัวเองให้เข้ากับ สิ่งแวดลอม ได้แก่ ความสามารถในการติดต่อสื่อสาร การสร้างความเข้าใจอันดีให้กับตัวเองและ ผู้อื่น ตลอดจนการสร้างมนุษย์สัมพันธ์ที่ดี ความสามารถเหล่านี้เป็นผลลัพธ์โดยอ้อมที่เกิดการเรียนรู้ จากแหล่งเรียนรู้หลายรูปแบบ โดยเฉพาะการเรียนภาคปฏิบัติในห้องทดลอง ความสามารถดังกล่าวประกอบด้วย

4.1 พัฒนาความสามารถในการเขียนรายงาน และเผยแพร่ข้อมูลสู่สาธารณะ

4.2 พัฒนาความสามารถในการแสดงออกตามความต้องการ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความตั้งใจ และการแสดงออกซึ่งความรู้ความสามารถที่มีอยู่

4.3 พัฒนาความสามารถของการทำงานเป็นทีม ทั้งในลักษณะของผู้นำ และสมาชกของกลุ่มปฏิบัติการ

4.4 พัฒนาความสามารถในการติดต่อประสานงานกับบุคคลและองค์กรต่างๆ

สุทิพย์ จันสุข (2556) ได้สรุปไว้ว่า จุดประสงค์ของการสอนทดลอง คือ เพื่อต้องการให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงพัฒนาทักษะในด้านการใช้เครื่องมือต่างๆ และพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการรวบรวมความสัมพันธ์ของหลักการและความรู้ต่างๆเข้าด้วยกัน

จากการศึกษาค้นคว้า ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การสอนแบบทดลองมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงผ่านการปฏิบัติจริง พัฒนาทักษะในการใช้เครื่องมือ และเสริมสร้างความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้เข้ากับหลักการทางทฤษฎี โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้านสำคัญ ดังนี้

1.พัฒนาความสามารถทางทฤษฎี (Cognitive Abilities)

1.1 ขยายความรู้จากภาคทฤษฎี สังเกตความแตกต่างระหว่างทฤษฎีและปฏิบัติ

1.2 ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1.3 ฝึกการพยากรณ์ผลลัพธ์และการประยุกต์ใช้ความรู้

2. พัฒนาความสามารถเฉพาะตัวทางช่าง

2.1 ฝึกทักษะการสังเกต วัดผล และสรุปผลจากการทดลอง

2.2 เสริมสร้างความมั่นใจและทักษะในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

2.3 ปรับปรุงและพัฒนาแผนการทดลองให้เหมาะสมกับสถานการณ์

3. เสริมสร้างประสบการณ์เกี่ยวกับเครื่องมือและงานอุตสาหกรรม

3.1 พัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือ วัสดุ และเทคนิคการปฏิบัติงาน

3.2 ฝึกการเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมและแก้ไขข้อผิดพลาดได้อย่างปลอดภัย

3.3 ตระหนักถึงมาตรการด้านความปลอดภัยในการทำงาน

4. พัฒนาความสามารถทางสังคม

4.1 ฝึกการทำงานเป็นทีม สื่อสาร แลกเปลี่ยนความคิดเห็น

4.2 เสริมสร้างมนุษยสัมพันธ์และความสามารถในการติดต่อประสานงาน

4.3 พัฒนาทักษะการเขียนรายงานและนำเสนอข้อมูล

2.7.3 หลักการและขั้นตอนที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบทดลอง

การจัดการเรียนการสอนแบบทดลอง (Experimental Learning หรือ Inquiry-Based Learning) เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เชิงลึก พัฒนาทักษะที่สำคัญ และมีความสนุกสนานกับการเรียนรู้

พัทยา การะเจดีย์ 2545 ได้กำหนดขั้นตอนของการสอนทดลองไว้ 3 ขั้น ดังนี้

1.ขั้นเตรียม

1.1 ศึกษาเนื้อหาบทเรียนอย่างละเอียด จัดแบ่งให้นักเรียนทุกคนหรือแบ่งกลุ่มนักเรียนก็ได้

1.2 ตั้งจุดมุ่งหมายของการทดลองทุกครั้ง

1.3 ครูอธิบายถึงระเบียบที่ควรปฏิบัติขณะทดลอง นักเรียนจะต้องวางแผนร่วมกันแล้วเขียนเป็นกฎติดไว้ให้ทราบทั่วกันทั้งชั้นเรียน

1.4 ครูอธิบายให้นักเรียนรู้จักสื่อการเรียนชนิดต่างๆ

2. ขั้นทดลอง

2.1 นักเรียนแยกย้ายไปตามกลุ่มที่จัดไว้

2.2 ลงมือปฏิบัติตามขั้นต่างๆ ที่มีอยู่ในสมุดปฏิบัติการ หรือเขียนไว้บนกระดาน

2.3 นักเรียนสังเกตการณ์ปฏิบัติตามลำดับขั้น

2.4 นักเรียนบันทึกผลที่ได้ลงในสมุด

2.5 ครูคอยดูแลนักเรียนกลุ่มต่างๆ ให้ทำงานร่วมกันอย่างทั่วถึง และคอยให้คำแนะนำในข้อสงสัยต่างๆ

3. ขั้นสรุป และประเมินผล

3.1 ครูให้นักเรียนรายงานผลที่ได้จากการปฏิบัติการ

3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นถึงผลที่ได้

3.3 ครูพยายามส่งเสริมให้นักเรียนเปรียบเทียบผลที่ได้ในกลุ่มของตนและกลุ่มของเพื่อน มีสาแหตุอะไรที่ทำให้แตกต่างกันออกไป เป็นการส่งเสริมความคิด สร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนในการรู้จักหาเหตุผลของสิ่งต่างๆ

3.4 ครูสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะลงมือปฏิบัติการ เช่น ความสนใจในการร่วมมือปฏิบัติงาน เป็นการปลูกฝังการทำงานร่วมกับผู้อื่น และเสริมสร้างความเป็นประชาธิปไตย

3.5 ครูตรวจผลของการปฏิบัติการที่นักเรียนบันทึกส่ง

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ (2551 : 21-24) ได้อธิบายถึงหลักการทั่วไปที่จะต้องคำนึงในการจัดการเรียนการสอน มีดังต่อไปนี้ คือ

1.การสร้างแรงจูงใจ แรงจูงใจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการเรียนการสอน ผู้จัดการเรียนการสอนจะต้องสร้างสภาพการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกอยากเรียน ความรู้สึกนี้เกิดได้จากการจัดเนื้อหาของการทดลอง การจัดสถานที่และเครื่องมือที่สะดวก มีความทันสมัยสภาพใกล้เคียงกับความจริง ท้าทายความสามารถและเป็นประโยชน์ต่อตัวผู้เรียน

2. การสร้างความเข้าใจอันดีในวัตถุประสงค์ของการทดลอง ผู้เรียนและผู้สอนจะต้องมีความเข้าใจอันดีในกระบวนการทำงานโดยตลอด ตั้งแต่วัตถุประสงค์ ธรรมชาติของพฤติกรรมที่ต้องการพัฒนาจนถึงวิธีการประเมิน สิ่งเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของความสำเร็จในการทำงานทุกประเภท ผู้เรียนและผู้สอนไม่ควรที่จะปล่อยให้มีการทำงาน ตามลายลักษณ์อักษรหรือตามคำสั่งเท่านั้น ผู้สอนควรจะต้องศึกษาค้นคว้าทำความเข้าใจให้ถ่องแท้ ในธรรมชาติของพฤติกรรมที่จะเกิดขึ้นโดยมีรายละเอียดที่ควรควบคุมดูแลการปฏิบัติ ผู้เรียนเองก็ต้องรู้วัตถุประสงค์และวิธีการดำเนินงานอย่างชัดเชน ไม่ควรมุ่งเพียงที่จะหาคำตอบของการทดลองเท่านั้น การให้คำอธิบายที่ชัดเจนก่อนการสอนทั้งในด้านการสาธิต การแจ้งวัตถุประสงค์ การให้ข้อมูลในใบงานเชิงทดลอง (Laboratory sheet) จึงเป็นเรื่องสำคัญ

3. การพิจารณาความรู้และทักษะก่อนเข้าเรียน ความสามารถก่อนเข้าเรียนของนักเรียนเป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่จะช่วยให้การเรียนการสอนเชิงทดลองก้าวไปสู่ความสำเร็จและราบรื่น ผู้ที่ดำเนินการสอนควรจะศึกษาวิเคราะห์ ความรู้ที่มีก่อนเรียน (Entry behavior) ของผู้เรียนให้แน่ชัดก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่งานในห้องเรียนกับงานในห้องมดลองมีการเรียงลำดับไม่เหมาะสม

4. มีข้อมูลที่ชัดเจนและมีวิธีการดูแลที่ใกล้ชิด การสอนเชิงทดลองนั้น มีองค์ประกอบของทักษะต่างๆ มากมายที่ตองการคำสั่ง และคำอธิบายที่รัดกุมและชัดเจน องค์ประกอบของทักษะที่ควรระบุให้ชัดเจนนั้น สรุปได้ดังนี้คือ

4.1 ทักษะในการประกอบอุปกรณ์

4.2 ทักษะในการปรับแต่งเครื่องมืออุปกรณ์

4.3 ทักษะในการวัด การสังเกต และบันทึกข้อมูล

4.4 ทักษะในการทางานเป็นขั้นตอน

4.5 ทักษะในการเขียนกราฟและรายงาน

ทักษะต่างๆ นี้ต้องการวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบการเรียนการสอนที่ถูกต้อง บางงานต้องการตัวอย่างสำหรบการปฏิบัติตาม และต้องการควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด

5. การพัฒนาความคิดรวบยอดของเนื้อหาทฤษฎี สิ่งที่ต้องการทดลองช่วยได้มากในการเรียนการสอนกคือการพัฒนาความคิดรวบยอด (Concept) ในเนื้อหาวิชาการ ผู้จัดการเรียนการสอนควรเข้าใจความหมายขององค์ประกอบของความคิดรวบยอดอย่างถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการให้ตัวอย่างที่ถูก หรือตัวอย่างทางบวก (Positive example) และตัวอย่างที่ไม่ถูก หรือตัวอย่างทางลบ (Negative example) และคุณลักษณะต่างๆ (Attribute) ควรมีหลักในการวางแผนการสอนในลักษณะที่ทำให้ผู้เรียนเข้าใจ ความคิดรวบยอดต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

6.การพัฒนาความสามารถในการสรุปรวม จุดประสงค์ใหญ่ของการเรียนรู้วิชาช่างคือ การพัฒนาความสามารถในการสรุปรวมเรื่องที่เป็นสาระสำคัญทางวิชาการ เนื่องจากผู้เรียนมีโอกาสได้สัมผัสกับเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ได้สังเกตเห็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และสามารถควบคมปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ทำให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้ความคิดรวบยอดและหลักการได้ลึกซึ้งอันเป็นทางนำไปสู้การเกิดแนวคิดจากสภาพการณ์จริง การสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนรายงานโดยใช้คำพูดของตนเองเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการพัฒนาความคิดรวบยอด และพัฒนาความคิดลักษณะต่างๆ ตลอดจนความสามารถในการประยุกต์ ความรู้ของผู้เรียนเอง

7. มีกิจกรรมในการพัฒนาความสามารถที่สมบูรณ์ การออกแบบการทดลองแต่ละครั้งนั้นไม่ควรที่จะคิดถึงสาระสำคัญของเนื้อหาวิชาเพียงอย่างเดียวแต่ควรผนวกการพัฒนาความสามารถอื่นเข้าไปในการทดลองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ความสามารถดังกล่าวนั้น อาจเป็นความสามารถนอกวิชาการหรือความสามารถที่ไม่อยู่ในพุทธพิสัย เช่น ความสามารถในการร่วมงานกับผู้อื่น ความละเอียดรอบคอบในการทางาน เป็นต้น ผู้สอนควรเห็นความสำคัญในการเลือกกิจกรรมที่ทำอยู่ ก็จะช่วยพัฒนาความสามารถในด้านนี้ได้เป็นอย่างดี กิจกรรมดังกล่าวคือ

7.1 การประกอบ การปรับแต่งเครื่องมือด้วยตัวเองหรือได้รับคำแนะนำน้อยที่สด

7.2 การเขียนรายงาน (ด้วยคำพูดของตนเอง)

7.3 การออกแบบการทดลอง (ด้วยตนเอง)

7.4 การพิจารณาความเที่ยงตรงของการวัด (Judging Accuracy of Measurement)

7.5 การตัดสินความเชื่อถือได้ของการสังเกต (Judging Validity of Observation)

7.6 การวิเคราะห์ข้อจำกัดของการทดลอง

7.7 การจำกัดข้อผิดพลาดขณะทดลอง

7.8 การพัฒนากิจนิสัยของผู้เรียน

8. การพัฒนาความสามารถทางสังคม การสอนเชิงทดลองนั้น ควรจะมีส่วนในการพัฒนาความสามารถทางสังคมได้บ้าง ความสามารถเหล่านี้ได้แก่

8.1 ความรู้สึกต่อผู้อื่น

8.2 การระมัดระวังในเรื่องความปลอดภัยทั้งทรัพย์สินและสุขภาพ

8.3 ความสามารถในการติดต่อสื่อสาร

8.4 ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

สุทิพย์ จันสุข (2556) ได้ให้ความคิดเห็นว่า ความสำเร็จของการจัดการเรียนการสอนเชิงทดลองจะต้อง ให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาความรู้ความสามารถและทัศนคติที่ดี ส่วนใหญ่การดำเนินการสอนเชิงทดลองยังใช้ใบงานเดิมที่มีมานานแล้ว การสร้างใบงานใหม่ก็ใช้การลอกเลียนแบบจากที่อื่นๆ หรือแก้ไขดัดแปลงเล็กน้อย บางส่วนก็อาศัยใบงานและวิธีการที่ติดมากับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ซื้อมาเป็นหลัก ซึ่งมีข้อมูลบางอย่างที่ไม่เหมาะกับผู้เรียน ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้ผู้สอนพัฒนารูปแบบ และวิธีการสอนเชิงทดลองด้วยตนเองใหม่ความสอดคล้องกับธรรมชาติ นโยบายของสถานศึกษาและผู้เรียนโดยคำนึงถึงหลักการจัดการเรียนการสอนเชิงทดลอง

จากการศึกษา ค้นคว้า ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การสอนแบบทดลองมี 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) ขั้นเตรียม ที่ครูกำหนดเป้าหมายและอธิบายกฎระเบียบ 2) ขั้นทดลอง ที่นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนและบันทึกผล โดยมีครูคอยดูแล 3) ขั้นสรุป ที่นักเรียนรายงานผล วิเคราะห์ข้อมูล และพัฒนาความคิดทางวิทยาศาสตร์ หลักสำคัญของการสอนเชิงทดลองคือการสร้างแรงจูงใจ ทำให้ผู้เรียนเข้าใจวัตถุประสงค์ พิจารณาความรู้พื้นฐาน ให้ข้อมูลชัดเจน และพัฒนาทักษะต่างๆ ทั้งทางวิชาการและสังคม นอกจากนี้ควรออกแบบวิธีการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนและสถานศึกษา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

2.7.4 หลักการสร้างใบงานการทดลอง

การสร้างใบงานทดลองเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาและดำเนินการทดลองอย่างเป็นระบบ โดยมีนักการศึกษาระบุหลักสำคัญดังนี้

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ (2551 : 212-214) ใบงานการทดลอง (Laboratory sheet หรือ Lab sheet) หมายถึงเอกสารที่ใช้เป็นคำสั่งให้ปฏิบัติงาน หรือเป็นคำแนะนำผู้เรียนให้สามารถดำเนินงานการทดลอง ให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ใบงานการทดลองนั้นไม่มีขนาดและขอบเขตเนื้อหาที่จำกัดแน่นอน ใบงานหนึ่งอาจมีขนาดเล็ก มีความยาวไม่เกิน 1 หน้ากระดาษ หรือเป็นใบงานขนาดใหญ่ มีความยาวมากกว่า 10 หน้าขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อหาสาระที่ใช้ทำการทดลอง พฤติกรรมที่ต้องการพัฒนาและข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต้องให้กับผู้เรียนในการปฏิบัติงานทดลอง โดยได้ระบุว่า ใบงานการทดลองควรจะประด้วยข้อมูลต่อไปนี้

1.ข้อมูลทั่วไป

2. ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง

3. ข้อมูลสำหรับดำเนินการ

4. ข้อมูลเกี่ยวกับการสรุปผลลัพธ์และรายงาน

ฝ่ายวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (2561 : 2-3) ได้ระบุไว้ในเอกสารแนวทางการเขียนใบงานว่า ใบงานจะต้องประกอบไปด้วย

1. ข้อมูลนำการทดลอง

1.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง เป็นข้อมูลที่ทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญ

1.2 ความจำเป็นและขอบเขตการทดลอง แสดงเหตุผลและประโยชน์ของการฝึกหัด

1.3 การวางแผน การตัดสินใจล่วงหน้า

2. ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้อาศัยแนวทาง หลักในการวางแผนการดำเนินงาน

3. ข้อมูลสำหรับดำเนินการ คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนดำเนินการตามขั้นตอนที่เหมาะสม

4. ข้อมูลเกี่ยวกับการสรุปผลลัพธ์และรายงาน ใบงานที่ดีนั้นจะให้ข้อมูลในลักษณะเป็นคำสั่งหรือคำแนะนำให้ผู้ ปฏิบัติแสดงผลลัพธ์ได้อย่างมีระบบและสามารถสรุปผลการทดลองได้ตามรูปแบบที่เหมาะสม

5. ข้อมูลสำหรับการประเมินผล เป็นข้อมูลที่ใช้ในการวัดความรู้ ความสามารถและความเข้าใจ ในการปฏิบัติงานของผู้เรียน

สุทิพย์ จันสุข (2556 : 38) ได้สรุปถึงการสร้างใบงานการทดลองไว้ว่า การสร้างใบงานการทดลองนั้นจะต้องอาศัยความรู้ ทักษะ ความประณีต ความละเอียดอ่อนในการพัฒนาและจะต้องครอบคลุมเนื้อหาให้มากที่สุด เน้นการพัฒนาความสามารถ และส่งเสริมให้เกิดทัศนคติที่ดี ใช้ข้อมูลที่ชัดเจนและตรงประเด็น และมีความพร้อมในเรื่องเครื่องอำนวยความสะดวก นักเรียนสามารถช่วยเหลือตัวเองได้ และมีความกระตือรือร้นในการเรียน

จากการศึกษา ผู้วิจัยพบว่า การสร้างใบงานการทดลองควรมีองค์ประกอบหลักดังนี้

1.ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ วัตถุประสงค์ ความจำเป็น และการวางแผนการทดลอง

2. ข้อมูลพื้นฐาน แนวทางและหลักการที่ช่วยให้ผู้เรียนวางแผนการดำเนินงาน

3. ข้อมูลสำหรับดำเนินการ ขั้นตอนที่ต้องปฏิบัติตามอย่างเหมาะสม

4. ข้อมูลเกี่ยวกับการสรุปผลและรายงาน ช่วยให้ผู้เรียนสรุปผลลัพธ์เป็นระบบ

5.ข้อมูลสำหรับการประเมินผล ใช้วัดความรู้ ความสามารถ และความเข้าใจของผู้เรียน

ใบงานที่ดีต้องชัดเจน เป็นระบบ และช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินการทดลองและสรุปผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.7.5 ความหมายของการวัดผลและประเมินผล

แซค (Sax, 2532 : 14) กล่าวว่า การวัดผลเป็นกระบวนการกำหนดตัวเลขให้กับคุณสมบัติ หรือคุณลักษณะของบุคคล วัตถุ หรือเหตุการณ์ตามแบบแผนหรือกฎที่กำหนดขึ้น

ชุลีภรณ์ กอบกัยกิจ (2535 : 38-39) ได้ให้ความหมายว่า การวัดผลเป็นการตรวจสอบความสำเร็จและความถูกต้องตามสิ่งที่ต้องการ โดยมีเกณฑ์ในการวัดความสำเร็จและความถูกต้องนั้น ส่วนการประเมินผลเป็นการสรุปหรือตัดสินผลสำเร็จโดยอาศัยการวัดผลช่วยสรุปผลว่า สิ่งที่ต้องการเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

กระทรวงศึกษาธิการ (2551 : 28) ได้กล่าวว่าการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องอยู่บนหลักการพื้นฐานสองประการ คือ การประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียนและเพื่อการตัดสินผลการเรียน ในการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ประสบผลสำเร็จนั้น ผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนาและประเมินตามตัวชี้วัดเพื่อให้บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้ในทุกระดับไม่ว่าจะเป็นระดับชั้นเรียน ระดับสถานศึกษา ระดับเขตพื้นที่การศึกษา และระดับชาติ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้เป็นกระบวนการพัฒนาผู้เรียน โดยใช้ผลการประเมินเป็นข้อมูลและสารสนเทศที่แสดงพัฒนาการ ความก้าวหน้า และความสำเร็จของผู้เรียน ตลอดจนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาและการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2552 : 3) กล่าวว่า การวัดผล หมายถึง กระบวนการกำหนด ตัวเลขหรือสัญลักษณ์ให้กับบุคคล สิ่งของ หรือเหตุการณ์ อย่างมีกฎเกณฑ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ แทนปริมาณหรือคุณภาพของคุณลักษณะที่จะวัด

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2556 : 8) ได้ให้แนวคิดในการดำเนินการวัดผลและประเมินผลว่า การวัดผลและประเมินผลนั้นต้องทำอย่างเป็นระบบมีความเชื่อมั่น เป็นกลางและมีความยุติธรรมด้วยเครื่องมือที่เหมาะสมกับการประเมินและสามารถวัดพฤติกรรมได้ สามารถประเมินในสิ่งที่ปฏิบัติได้จริงใช้ข้อมูลจากหลายแห่งประกอบกันรวมทั้งให้บุคคลอื่นมีส่วนร่วมและมีการนำผลที่ได้มาสะท้อนและปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ (2559 : 5) กล่าวว่า การวัดและประเมินผล เป็นองค์ประกอบที่สำคัญองค์ประกอบหนึ่งในการจัดการศึกษาโดยเฉพาะ ในกระบวนการจัดการเรียนการสอน ครูผู้สอนจะต้องกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้แล้งจึงจัดกิจกรรมการ เรียนการสอน หลังจากนั้นจึงทำการวัดและประเมินผลการสอนว่าเป็นไปตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ หรือไม่ นั่นคือครูต้องวัดและประเมินผลทุกครั้งที่มีการสอน ครูจึงจำเป็นต้องเรียนรู้ให้เข้าใจในหลักการ และกระบวนการวัดและประเมินผลการเรียนเพื่อให้สามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง โดยกระบวนการจัดการศึกษาที่ประกอบด้วยกระบวนการกำหนดวัตถุประสงค์ (Objective Process) กระบวนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ (Learning Process) และกระบวนการประเมินผลการเรียนรู้ (Evaluation Process) นั้น กระบวนการ

ประเมินผลนับว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญที่มีส่วนช่วยให้สารสนเทศในการ นำไปแก้ไข ปรับปรุงกระบวนการจัดการศึกษาว่า มีจุดเด่น จุดด้อยอะไรบ้าง ซึ่งกระบวนการประเมินผล นั้น จะต้องมีข้อมูลที่ได้จากการวัดในการนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์เพื่อตัดสินใจ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การวัดและประเมินผลการเรียนรู้เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของการจัดการศึกษา เพราะผลจากการวัดและประเมินผลการศึกษาจะนำมาประกอบการตัดสินใจของครูและนักการศึกษา เพื่อใช้ปรับปรุงวิธีการสอนของครู หลักสูตร ตลอดจนใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุง แก้ไข วิธีการเรียนของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้การดำเนินการจัดการศึกษา สามารถบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่หลักสูตรกำหนด

จากการศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การวัดผลและประเมินผลนั้น เป็นกระบวนการที่เกี่ยวเนื่องกัน ดำเนินการเพื่อให้ผู้สอนนำผลมาพัฒนา เสริม เพิ่มเติม สมรรถนะ ทักษะ องค์ความรู้ต่างๆของผู้เรียน เพื่อให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร และเพื่อให้ผู้เรียนได้รับทราบ ทักษะ ความรู้ ความสามารถของตนเอง เพื่อเป็นแรงจูงใจในการตั้งเป้าหมายปรับปรุงพัฒนาตนเองต่อไปหรือเพื่อเป็นความภาคภูมิใจของตนเอง เมื่อปฏิบัติผลที่ดี ทั้งนี้ทั้งนั้น การวัดผลและการประเมินผลที่ดี ต้องเกิดจากเครื่องมือวัด และกระบวนการที่เป็นกลาง ยุติธรรม และเหมาะสม

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556 : แทรก 1) ได้ศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน พบว่า การพัฒนาต้นแบบชิ้นงาน (Prototype) ใหม่หรือนวัตกรรม สำหรับผลิตภัณฑ์และบริการใดๆ ก่อนที่จะนำเป็นเผยแพร่หรือใช้จริง จำเป็นจะต้องผ่านกระบวนการควบคุมและประกันคุณภาพเพื่อให้แน่ใจว่าต้นแบบชิ้นงานของผลิตภัณฑ์และบริการใหม่นั้นมีประสิทธิภาพจริง เรียกว่า การทดสอบประสิทธิภาพ (Developmental Testing) การผลิตสื่อและชุดการสอนที่เป็นต้นแบบชิ้นงานใหม่ก็เช่นเดียวกัน จำเป็นที่ต้องผ่านการทดสอบประสิทธิภาพก่อนที่จะให้ครูนำไปใช้กับนักเรียน โดยดำเนินการตามกระบวนการ 2 ขั้นตอน คือการทดลองใช้เบื้องต้น (Tryout) และการทดลองใช้จริง (Trial Run) บทความนี้ เสนอแนวคิด วิธีการทดสอบประสิทธิภาพ การใช้สูตร E1/E2 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการ (Process-E1) และทดสอบประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (Product-E2) ในขั้นทดลองใช้เบื้องต้น แบบเดี่ยว (1:1) แบบกลุ่ม(1:10) และแบบสนาม (1:100) และการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ทดสอบผ่านเกณฑ์ความก้าวหน้าทางการเรียน เกณฑ์ประสิทธิภาพ E1 / E2 ตามเกณฑ์ 90/90, 85/85 สำหรับวิทยพิสัยหรือพุทธิพิสัย,80/80 และ 75/75 สำหรับทักษะพิสัย แล้วไปทดลองใช้จริงในช่วงเวลาหนึ่งภาคการศึกษาสูตร E1/ E2 ซึ่งผู้เขียนพัฒนาขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2520 เป็นเพียงสูตรเดียวในการหาประสิทธิภาพสื่อและชุดการสอนที่เน้นความสัมพันธ์ของกระบวนการและผลลัพธ์ สูตรอื่นที่ใช้กันเน้นการหาประสิทธิภาพโดยอิงผลลัพธ์เพียงอย่างเดียว สูตร E1/ E2 ใช้ได้กับการทดสอบประสิทธิภาพของสื่อและชุดการสอนทุกประเภททั้งในการสอนแบบเผชิญหน้า การสอนทางไกล และการเรียนทางอิเล็กทรอนิกส์

สุนทรและณัฐวิชช์ (2566) บทความวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างชุดการสอนเรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยพีแอลซี 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนที่เรียนด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้น และ 3) ศึกษาความ พึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยชุดการสอนเรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยพีแอลซี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี เทคโนโลยีบัณฑิต (ทล.บ.) วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี สาขาวิชาเทคโนโลยีเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ที่ได้ลงทะเบียนเรียนวิชาการขับเคลื่อนไฟฟ้าและระบบเซอร์โว จำนวน 11 คน โดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจงเครื่องมือที่ใช้ใน การวิจัย ประกอบด้วย ชุดการสอน แบบประเมินคุณภาพชุดการสอน แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ T-test แบบ Dependent ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดการสอนเรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยพีแอลซี มีประสิทธิภาพ (1.251) ตามสูตรของเมกุยแกนส์ที่ได้กำหนดไว้ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังจาก ผ่านการเรียนด้วยชุดการสอนเรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยพีแอลซีที่พัฒนาขึ้นมีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 และ 3) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดการสอนเรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยพีแอลซีที่สร้างขึ้นนี้อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.41, S.D. = 0.72) ผลงานวิจัยที่ได้สามารถนำไปเป็นแนวทางการสร้างชุดการสอนและหากผู้สอนที่จะนำชุดการสอนนี้ไปใช้จะต้องเข้าใจเนื้อหาวิธีการใช้สื่อประกอบการสอนเป็นอย่างดี เพื่อให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

วิชาญและพูลศักดิ์(2559) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา 2) หาประสิทธิภาพของรูปแบบ และ 3) ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น กรณีศึกษา เรื่องการออกแบบและการวิเคราะห์ระบบควบคุม DC มอเตอร์ด้วยตัวควบคุม PID ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 1) การออกแบบรูปแบบการเรียนการสอน 2) การออกแบบเนื้อหาแบบบูรณาการ 3) การออกแบบสื่อการเรียนการสอน 4) การประเมินเครื่องมือสำหรับการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการศึกษาและด้านวิศวกรรม จำนวน 9 คน ซึ่งผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอน ICAE-Model มีความเหมาะสมระดับมาก ($\bar{x}$= 4.36, S.D. = 0.69) 5) นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่เรียนวิชาการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) จำนวน 29 คนผลการวิจัย พบว่า 1) รูปแบบการเรียนการสอน ICAE Model ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย ขั้นแนะนำ (Information) ขั้นสร้างความรู้ (Knowledge Construction) ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Application) และขั้นประเมินผล (Evaluation) 2) รูปแบบการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 ที่ 70.14/70.07 เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดที่ 70/70 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์พัฒนาการกระบวนการเรียนรู้ของ

ผู้เรียนโดยใช้แบบประเมินกระบวนการทำงาน จากการเรียนการสอน 4 สัปดาห์ พบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการกระบวนการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับดี และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอนอยู่ในระดับดี

กิตตินันท์ และคณะ (2563) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรเรียงกระแส อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย ชุดทดลองวงจรเรียงกระแสอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 3) ศึกษาความพึงพอใจในการทดลองใช้งานชุดทดลอง วงจรเรียงกระแสอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 19 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่าง แบบจับฉลากเลือกห้อง เวลาที่ใช้ในการทดลอง 5 คาบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดทดลองวงจรเรียงกระแสอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งาน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่า t-test แบบ pair sample

ผลการวิจัยพบว่า

1. ประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรเรียงกระแสพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการจากแบบทดสอบระหว่างเรียน E1 เท่ากับ 81.30 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์จากแบบทดสอบหลังเรียน E2 เท่ากับ 80.50 ซึ่งได้ประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80

2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางเรียนที่ใช้ชุดทดลองวงจรเรียงกระแสอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ความพึงพอใจของผู้ใช้งานชุดทดลองวงจรเรียงกระแสอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่ามีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

กิตติศักดิ์ (2561) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16F877/16F84 วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พัฒนาขึ้น โดยมีสมมติฐานการวิจัยว่าคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16F877/16F84 วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ และใบงานทดลองที่สร้างขึ้นมีคุณภาพระดับดีมาก โดยการหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทำให้ผลคะแนนสอบเฉลี่ยหลังเรียนของผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 44.12 คิดเป็นร้อยละ 88.25 สูงกว่าผลคะแนนสอบเฉลี่ย ก่อนเรียนของผู้เรียนมีค่าเฉลี่ย 24.62 คิดเป็นร้อยละ 49.24 ของผู้เรียนที่เรียน ด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16F877/16F84 วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยทดสอบค่าทางสถิติ t-test โดยทำการเปรียบเทียบจากคะแนนที่ได้จากก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผลของคะแนนการทดสอบที่เรียนใช้ใบงานร่วมกับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์PIC16F877/16F84

วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 89.74/88.25 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80

กล่าวโดยสรุป งานวิจัยที่เกี่ยวกับการหาประสิทธิภาพของสื่อนั้น พบว่าบทความที่ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้า มีเนื้อหาเกี่ยวกับการพัฒนา ทดสอบ และประเมินสื่อการสอนหรือชุดทดลองเพื่อใช้ในการเรียนการสอน โดยมีจุดร่วมหลัก ๆ ได้แก่

1. การใช้สูตร E1/E2 ในการวัดประสิทธิภาพของสื่อการสอน
2. การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังใช้สื่อ โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ
3. การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน ซึ่งพบว่าส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับสูง
4. แนวทางการนำไปใช้ เพื่อพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

โดยรวมแล้ว งานวิจัยเหล่านี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาสื่อการสอนที่มีคุณภาพ สามารถช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น และสามารถนำไปใช้ได้ในหลากหลายบริบทการศึกษา

บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงได้ดำเนินการตามขั้นตอนนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ PLC Omron CP1E-N40DR-A

3.2 ศึกษาหลักสูตรรายวิชา

3.3 ออกแบบชุดทดลอง

3.4 ออกแบบใบงานการทดลอง

3.5 สร้างเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ความเหมาะสมของชุดทดลอง

3.6 วิธีการเก็บข้อมูล

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ PLC Omron CP1E-N40DR-A

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับ PLC Omron ข้อกำหนดทางเทคนิคของ PLC CP1E-N40DR-A โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม PLC CP1E-N40DR-A และการใช้งาน CX-Program จากหนังสือตำรา เว็บไซต์ร้านค้า และเว็บไซต์วิดีโอ www.youtube.com

3.2 ศึกษาหลักสูตรรายวิชา

ผู้วิจัยได้ศึกษาจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา การโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2108 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจโครงสร้าง ส่วนประกอบ การป้อนคำสั่ง โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์
2. มีทักษะเกี่ยวกับการใช้คำสั่ง แก้ไข ปรับปรุงโปรแกรมงานควบคุมประเภทต่าง ๆ
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบสะอาดตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์
2. ต่อวงจรการใช้งานควบคุมมอเตอร์ระบบนิวเมติกส์และอุปกรณ์ไฟฟ้า
3. ใช้ชุดคำสั่ง ควบคุมงานไฟฟ้า

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้าง ส่วนประกอบของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ คำสั่ง การป้อนข้อมูลงานต่อวงจรการใช้งานควบคุมมอเตอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ งานต่อวงจรควบคุมระบบนิวเมติกส์ งานแก้ไขและปรับปรุงโปรแกรมป้อนข้อมูล

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักสูตรรายวิชาการโปรแกรมและการควบคุมแล้วนั้นจึงได้ออกแบบใบปฏิบัติในส่วนของการประยุกต์ใช้งานให้สอดคล้องกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ได้แก่

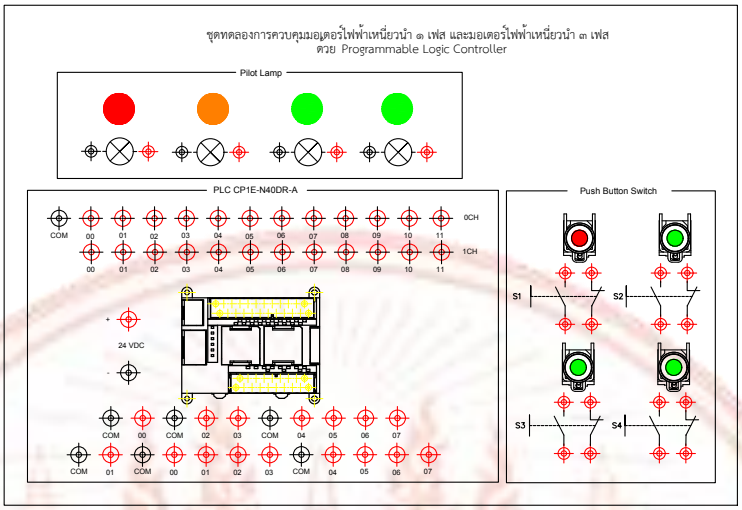
1. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง
2. วงจรกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส
3. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง
4. วงจรกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสแบบ Jogging
5. วงจรสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟส Star - Delta

3.3 ออกแบบชุดทดลอง

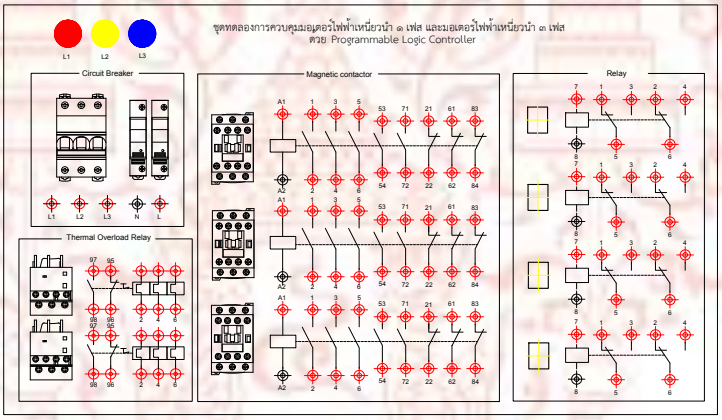
เมื่อผู้วิจัยได้ออกแบบหน่วยการเรียนแล้ว จึงได้ดำเนินการออกแบบชุดทดลอง ให้มีความสอดคล้องกับหน่วยการเรียน โดยศึกษาวงจร และขนาดอุปกรณ์ จากตำราหนังสือ จากเว็บไซต์ร้านค้า จาก Data sheet ของอุปกรณ์จาก จากเว็บไซร์ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการออกแบบชุดทดลองดังนี้

3.3.1 ออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์บนโปรแกรม AutoCAD 2025

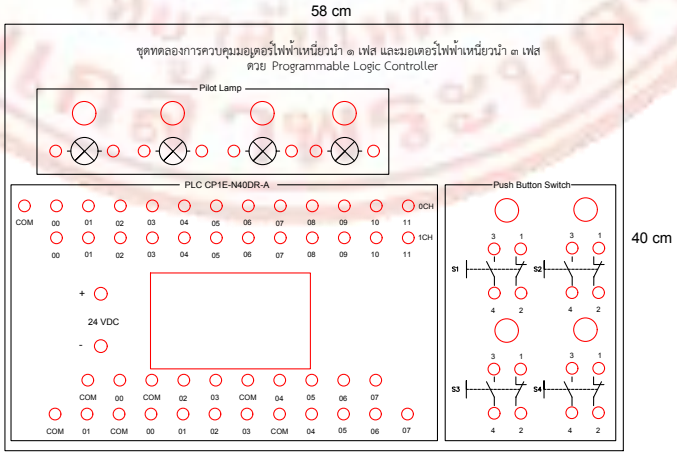
ผู้วิจัยได้ออกแบบวงจรบนโปรแกรม AutoCAD 2025 โดยออกแบบตำแหน่งการติดตั้งของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น พีแอลซี เบรกเกอร์ แมกเนติกส์ โอเวอร์โหลด รีเลย์ สวิตช์ปุ่มกด และหลอดไฟแสดงสถานะ ดังภาพที่ 3-1 ตำแหน่งการติดตั้ง PLC และ ภาพที่ 3-2 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์โดยทุกวงจรออกแบบไว้อยู่รวมกันบนแผงวงจรเดียวกันทั้งหมด



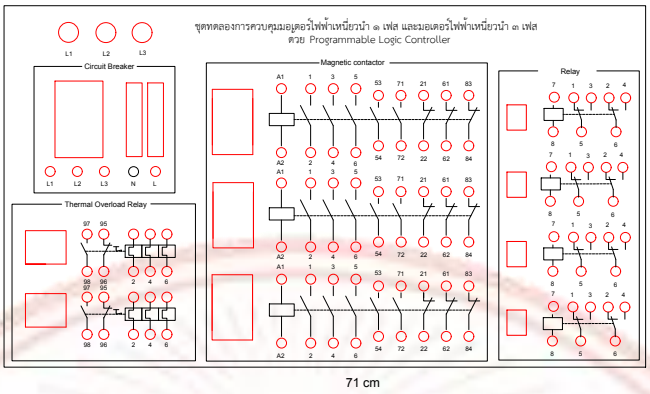
ภาพที่ 3-1 ตำแหน่งการติดตั้ง PLC



ภาพที่ 3-2. ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์



ภาพที่ 3-3 แบบสำหรับการกำหนดเจาะแสะตัดสำหรับติดตั้ง PLC



ภาพที่ 3-4 แบบสำหรับการกำหนดเจาะแสะตัดสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

3.4 ออกแบบใบงานการทดลอง

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา จากหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า รหัสวิชา 2014-2108 และได้ออกแบบใบงานการทดลองให้มีความสอดคล้องกับใบเนื้อหา โดยได้ออกแบบใบงานการทดลองออกเป็น 16 ใบงาน ดังต่อไปนี้

ใบงานที่ 1 การใช้คำสั่งพื้นฐาน 1
ใบงานที่ 2 การใช้คำสั่งพื้นฐาน 2
ใบงานที่ 3 การใช้คำสั่ง SET, RESET และ KEEP
ใบงานที่ 4 การใช้คำสั่ง DIFFERENTIATE UP และDOW
ใบงานที่ 5 การใช้คำสั่ง IL,ILC และ JMP,JME
ใบงานที่ 6 การใช้คำสั่ง TIMER 1
ใบงานที่ 7 การใช้คำสั่ง TIMER 2
ใบงานที่ 8 การใช้คำสั่ง COUNTER 1
ใบงานที่ 9 การใช้คำสั่ง COUNTER 2
ใบงานที่ 10 การใช้คำสั่ง COMPARE และ MOVE
ใบงานที่ 11 การต่อ PLC ร่วมกับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต
ใบงานที่ 12 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง
ใบงานที่ 13 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส
ใบงานที่ 14 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง
ใบงานที่ 15 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบ Jogging

ใบงานที่ 16 การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)

ตัวอย่างใบงานดังภาพที่ 3-5 ประกอบด้วย ชื่อวิชา ชื่อเรื่องของใบงาน ลำดับของใบงาน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เครื่องมือและอุปกรณ์ คำแนะนำก่อนการปฏิบัติงาน และลำดับขั้นตอนการทดลอง และแบบประเมินใบงานการทดลอง

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 15
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	หน้าที่ 1/6

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging
2. เพื่อฝึกการอกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้พีแอลซี
3. เพื่อเรียนรู้การออกแบบการควบคุมและการต่อวงจร

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกการโปรแกรมและการควบคุม จำนวน 1 ชุด
2. คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window 2003 ,XP ขึ้นไป จำนวน 1 เครื่อง
3. สาย USB เชื่อมต่อระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เส้น
4. สวิตช์ปุ่มกด 3 ตัว
5. แมกเนติกคอนแทคเตอร์ 2 ตัว
6. โอเวอร์โหลดรีเลย์ 1 ตัว
7. Pilot lamp 2 หลอด
8. มอเตอร์ 3 เฟส 1 ตัว
9. สายต่อวงจร

ลำดับขั้นการทดลอง

1. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง
2. เขียน Ladder Diagram ลงในคอมพิวเตอร์ ตามรูปที่ 15.1 โดยมีเงื่อนไขดังนี้
   - 2.1 กดสวิตช์ S2 ให้มอเตอร์สตาร์ทตามเข็มนาฬิกา
   - 2.2 กดสวิตช์ S1 หยุดการทำงานของมอเตอร์
   - 2.1 กดสวิตช์ S3 ให้มอเตอร์สตาร์mทวนเข็มนาฬิกา
   - 2.2 เมื่อโอเวอร์โหลดรีเลย์ทำงาน ให้มอเตอร์หยุดหมุน
   - 2.3 จะกลับทางหมุนของมอเตอร์ได้จะต้องมีการหยุดการทำงาน
3. เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC และทำการดาวน์โหลดโปรแกรมลงไปสู่ PLC ทดลองการ
4. ต่ออุปกรณ์เข้ากับอินพุต/เอาต์พุต
5. ทำงานของ Ladder Diagram สังเกตการณ์ทำงานของเอาต์พุต
6. สรุปผลการทดลอง

ภาพที่ 3-5 ตัวอย่างใบงานเรื่องการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบ Jogging

3.5 สร้างเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ความเหมาะสมของชุดฝึก

3.5.1 เครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller โดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทำแบบประเมินความเหมาะสม มีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

ระดับ 3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากพอใช้

ระดับ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

โดยแบ่งแบบประเมินความเหมาะสมออกเป็น 3 ด้าน คือ ความเหมาะสมด้านใบความรู้ ความเหมาะสมด้านใบปฏิบัติงาน ความเหมาะสมด้านชุดทดลอง และข้อเสนอแนะอื่นๆ ดังนี้

ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหาชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ประกอบด้วย

1.1 ความครบถ้วนของเนื้อหา

1.2 ความถูกต้องทางวิชาการ

1.3 ความสอดคล้องกับหลักสูตรการเรียนการสอน

ด้านที่ 2 ด้านสมรรถนะของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ประกอบด้วย

2.1 ใบปฏิบัติงานครอบคลุมวัตถุประสงค์การสอน

2.2 ใบปฏิบัติงานมีคำแนะนำถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน

2.3 ขั้นตอนการทดลองก่อให้เกิดการเรียนรู้

2.4 คำอธิบายขั้นตอนการทดลองเข้าใจง่าย

2.5 ภาพอุปกรณ์ วงจรการทดลอง เข้าใจง่าย ชัดเจน

2.6 ง่ายต่อการบันทึกการทดลอง

ด้านที่ 3 ด้านสมรรถนะใบงานชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ประกอบด้วย

3.1 เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การสอน

3.2 สอดคล้องกับใบปฏิบัติงานและใบความรู้

3.3 ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้

3.4 ช่วยเพิ่มทักษะการเรียนรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ด้านที่ 3 (ต่อ)

3.5 มีรูปร่างและขนาดที่เหมาะสม

3.6 มีความปลอดภัยในการใช้งาน

3.7 มีความสะดวกในการเชื่อมต่ออุปกรณ์การทดลอง

3.8 ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างชุดทดลอง

3.9 ความคุ้มค่าและประโยชน์ที่ได้รับ

3.5.2 สร้างแบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและแบบทดสอบท้ายใบงานโดยผู้เชี่ยวชาญจะประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยมรการพิจารณา ดังนี้

+1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

0 หมายถึง เมื่อไม่แน่ใจว่า แบบทดลอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

-1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่า แบบทดสอบไม่ได้วัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

โดยเกณฑ์การพิจารณาหาค่า (IOC) ตั้งแต่ 0.5 – 1.00 และคัดเลือกไว้ใช้ข้อคำถามที่มีค่า IOC ระดับต่ำกว่า 0.5 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือแก้ไขข้อคำถาม

3.5.3 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อ ชุดชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ทำการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจขึ้น โดยถามถึงความพึ่งพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller 3 ด้าน ดังนี้ ด้านแบบทดสอบ ด้านใบงาน และด้านชุดทดลอง โดยการแบ่งระดับของความพึงพอใจขอผู้เรียน มีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ประเมินดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

ระดับ 4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

สำหรับการแปลความหมายของค่าที่วัดได้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกมดเกณฑ์ที่ใช้ให้ความหมายโดยการใช้ค่าเฉลี่ยเป็นรายช่วงและรายข้อ ดังนี้

4.50 - 5.00 หมายถึง มี มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมากที่สุด

3.50-4.49 หมายถึง มีความพึ่งพอใจอยู่ใน ระดับมาก

2.50-3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับปานกลาง

1.50 - 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับพอใช้

1.00 - 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับควรปรับปรุง

3.6 วิธีการเก็บข้อมูล

โดยเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller นั้น จะประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญที่เป็น อาจารย์ ผู้ที่เชียวชาญทางไฟฟ้า ที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ด้านการจัดการเรียนการสอนและด้านวิศวกรรมไฟฟ้า จำนวน 5 ท่านมีขั้นตอนดังนี้

1. เชิญผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน
2. จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ให้เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller
3. นำชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสม
5. ในชุดทดลองไปใช้กับนักเรียนจำนวน 18 คน พร้อมวัดผล
6. ให้นักเรียนประเมินความพึงพอใจต่อชุดทดลอง
7. รวบรวมผลการประเมินแล้วนำค่าที่ได้มาบันทึกในโปรแกรมตาราง
8. สรุปผลการประเมิน

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลและบันทึกค่าที่ได้ลงโปรแกรมตารางแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ โดยนำค่าจากการเก็บข้อมูลนำมาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งวิธีการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำได้ดังนี้

3.7.1 การหาค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของผลการประเมินรายข้อ

$\sum X$ = ผลรวมผลการประเมินรายข้อ

N = จำนวนของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

3.7.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

เมื่อ S.D. = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum(X - \overline{X})$ = ผลรวมของการประเมินลบด้วยผลการประเมินเฉลี่ย

N = จำนวนของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

3.7.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพชุดทดลอง

$$E_1 = \frac{\sum X_1}{\frac{N}{A}} \times 100 \quad (3\text{-}3)$$

$$E_2 = \frac{\sum X_2}{\frac{N}{B}} \times 100 \quad (3\text{-}4)$$

เมื่อ E_1 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ

E_2 = ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X_1$ = คะแนนรวมจากการทำแบบททดสอบก่อนเรียน

$\sum X_2$ = คะแนนรวมของผู้เรียนจากแบบทดสอบหลังเรียน

A = คะแนนเต็มของแบบทดสอบก่อนเรียน

B = คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N = จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

3.7.4 ร้อยละ (Percentage) เป็นค่าสถิติที่นิยมใช้กันมาก โดนเป็นการเปรียบเทียบความถี่หรือจำนวนที่ต้องการกับความถี่หรือจำนวนทั้งหมดที่เทียบเป็น 100 จะหาค่าร้อยละจากการใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

$$P = \frac{f}{N} \times 100 \quad (3\text{-}5)$$

เมื่อ P = ค่าร้อยละ

f = ความถี่ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงให้เป็นร้อยละ

N = จำนวนความถี่ทั้งหมด

3.4.5 การหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Index of item objective congruence: IOC) โดยใช้สูตรในการคำนวณ (สุรพงษ์ คงสัตย์, 2551) ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \qquad (3\text{-}6)$$

เมื่อ IOC = ค่าความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ

$\sum R$ = ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

R = คะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 - 1.00 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้

ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือปรับแก้ข้อคำถาม

บทที่ 4
ผลของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller และประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คนที่เป็นคณาจารย์ในระดับอุดมศึกษาและผู้มีความรู้ความสามารถทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แบบประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองประกอบด้วย ชุดทดลอง และใบงาน โดยมีผลของการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller

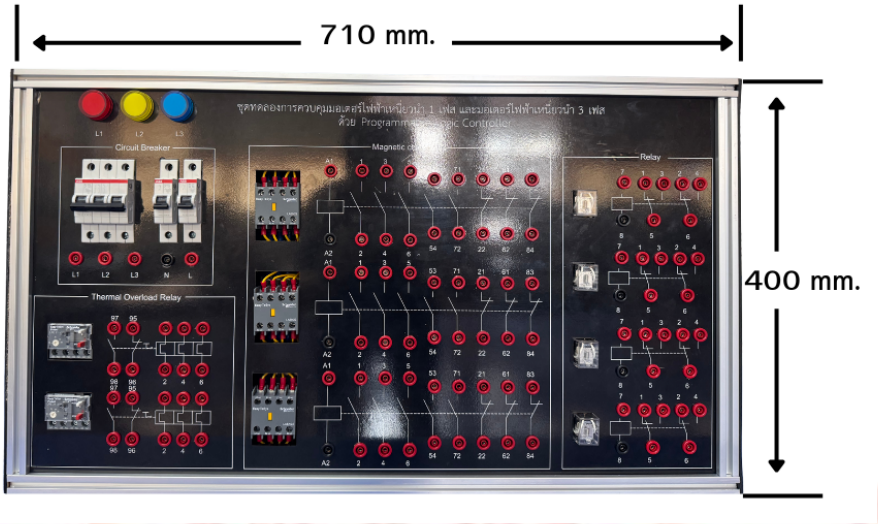
4.2 ผลของการวิเคราะห์ความเหมาะสมของชุดทดลอง

4.3 ผลการทดสอบใบงานปฏิบัติและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้ใช้ชุดทดลอง

4.4. แบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดทดลอง

4.1 ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller

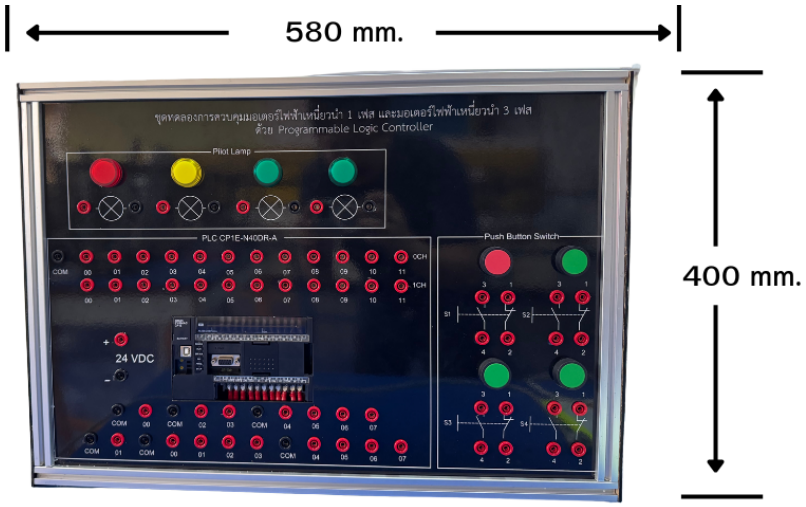
4.1.1 ชุดทดลอง กล่องสำหรับบรรจุทำจากวัสดุพลาสติกความหนา 5 มม. ขนาดมีขนาดความกว้าง 580 มม. x ยาว 145 มม. x สูง 400 มม. และ กว้าง 710 มม. x ยาว 145 มม. x สูง 400 มม. ด้านบนกล่องทำจากอะคริลิคสีดำเงา ด้านข้างหลังของกล่องที่ 1 มีจุดรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 400 Vac กล่องที่ 2 จุดรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 230 Vac และถูกแปลงเป็นแรงไฟฟ้ากระแสตรงด้วยหม้อแปลงสวิตช์ชิ่งขนาด 24 Vdc 5 A ไว้ใช้สำหรับจ่ายให้กับโหลด Programmable Logic Controller



ภาพที่ 4-1 แสดงขนาดชุดทดลองอุปกรณ์การควบคุมมอเตอร์มุมหน้า

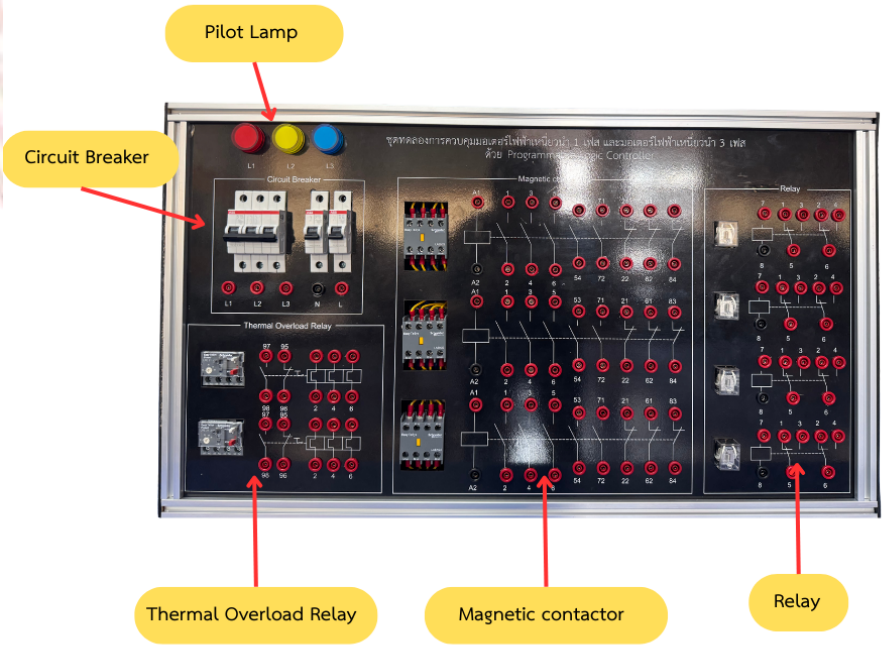
ภาพที่ 4-2 กล่องบรรจุชุดทดลองมุมด้านซ้าย

ภาพที่ 4-3 กล่องบรรจุชุดทดลองมุมด้านข้างหลัง

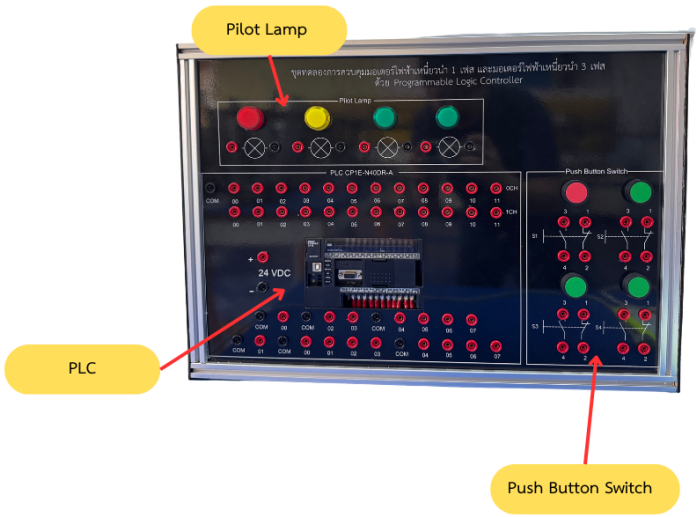


ภาพที่ 4-4 แสดงขนาดชุดทดลอง PLC มุมด้านหน้า

ชุดทดลอง ประกอบด้วยแผ่นอะคริลิคสีดำขนาดความหนา 5 มิลิเมตร มีการติดสติกเกอร์สัญลักษณ์ของอุปกรณ์ โดยชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ ประกอบ Pilot Lamp Circuit Breaker Magnetic contactor Thermal Overload Relay และ Relay ส่วนชุดทดลองที่ 2 จะประกอบไปด้วย Pilot Lamp PLC CP1E-N40DR-A และ Push Button Switch



ภาพที่ 4-5 ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำส่วนที่ 1



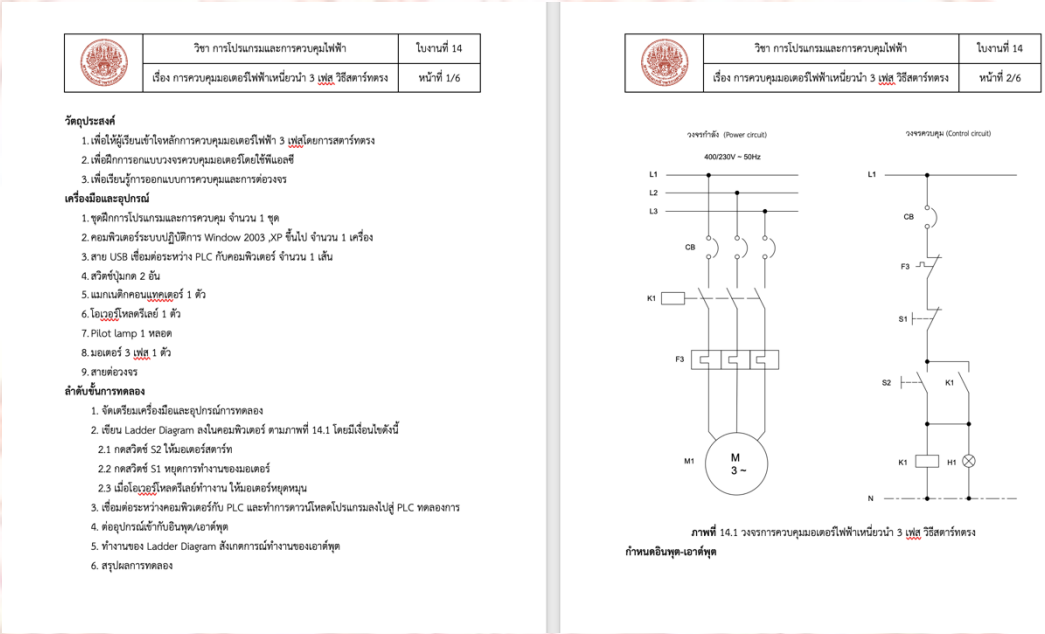
ภาพที่ 4-6 ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำส่วนที่ 2

4.1.2 ใบงานการทดลอง ใบงานการโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า มีจำนวนทั้งสิ้น 156 หน้า ในใบงานประกอบด้วย ตารางหัวกระดาษภายในตารางประกอบด้วยสัญลักษณ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ชื่อวิชาที่ใช้ในการสอน ชื่อเรื่องใบงาน ลำดับที่ของใบงาน และเลขที่หน้าของใบงาน ในส่วนของใบงานประกอบด้วย จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม รายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในใบงาน คำแนะนำก่อนการปฏิบัติงาน ลำดับขั้นตอนการทดลอง และแบบทดสอบการทดลองใบงาน ใบงานมีจำนวน 16 ใบงานดังนี้

ใบงานที่ 1 การใช้คำสั่งพื้นฐาน 1
ใบงานที่ 2 การใช้คำสั่งพื้นฐาน 2
ใบงานที่ 3 การใช้คำสั่ง SET, RESET และ KEEP
ใบงานที่ 4 การใช้คำสั่ง DIFFERENTIATE UP และDOW
ใบงานที่ 5 การใช้คำสั่ง IL,ILC และ JMP,JME
ใบงานที่ 6 การใช้คำสั่ง TIMER 1
ใบงานที่ 7 การใช้คำสั่ง TIMER 2
ใบงานที่ 8 การใช้คำสั่ง COUNTER 1
ใบงานที่ 9 การใช้คำสั่ง COUNTER 2
ใบงานที่ 10 การใช้คำสั่ง COMPARE และ MOVE
ใบงานที่ 11 การต่อ PLC ร่วมกับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต
ใบงานที่ 12 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง
ใบงานที่ 13 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส

ใบงานที่ 14 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง
ใบงานที่ 15 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบ Jogging
ใบงานที่ 16 การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)

ตัวอย่างใบงานแสดงดังภาพที่ 4.7 ใบงานที่ 14 เรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง และภาพที่ 4-8 ใบงานที่ 16 เรื่องการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual) ทุกใบงานที่ได้จัดทำขึ้นผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องของวงจรและโปรแกรมโดยทำการลงปฏิบัติการใช้ใบงานด้วยตัวเอง



	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 14
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 1/6

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสโดยการสตาร์ทตรง
2. เพื่อฝึกการอกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์โดยใช้พีแอลซี
3. เพื่อเรียนรู้การออกแบบการควบคุมและการต่อวงจร

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกการโปรแกรมและการควบคุม จำนวน 1 ชุด
2. คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window 2003 ,XP ขึ้นไป จำนวน 1 เครื่อง
3. สาย USB เชื่อมต่อระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เส้น
4. สวิตช์ปุ่มกด 2 อัน
5. แมกเนติกคอนแทคเตอร์ 1 ตัว
6. โอเวอร์โหลดรีเลย์ 1 ตัว
7. Pilot lamp 1 หลอด
8. มอเตอร์ 3 เฟส 1 ตัว
9. สายต่อวงจร

ลำดับขั้นการทดลอง

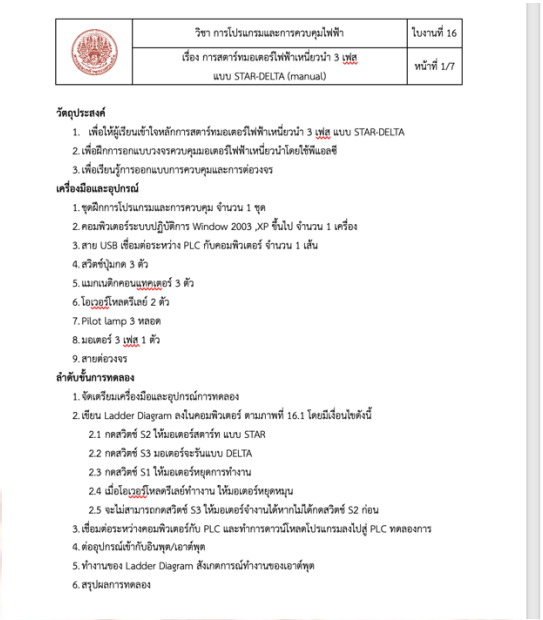
1. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง
2. เขียน Ladder Diagram ลงในคอมพิวเตอร์ ตามภาพที่ 14.1 โดยมีเงื่อนไขดังนี้
   2.1 กดสวิตช์ S2 ให้มอเตอร์สตาร์ท
   2.2 กดสวิตช์ S1 หยุดการทำงานของมอเตอร์
   2.3 เมื่อโอเวอร์โหลดรีเลย์ทำงาน ให้มอเตอร์หยุดหมุน
3. เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC และทำการดาวน์โหลดโปรแกรมลงไปสู่ PLC ทดลองการ
4. ต่ออุปกรณ์เข้ากับอินพุต/เอาต์พุต
5. ทำงานของ Ladder Diagram สังเกตการณ์ทำงานของเอาต์พุต
6. สรุปผลการทดลอง

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 14
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 2/6

ภาพที่ 14.1 วงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง

กำหนดอินพุต-เอาต์พุต

ภาพที่ 4-7 ตัวอย่างใบงานเรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง



	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 16
	เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	หน้าที่ 1/7

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA
2. เพื่อฝึกการอกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้พีแอลซี
3. เพื่อเรียนรู้การออกแบบการควบคุมและการต่อวงจร

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกการโปรแกรมและการควบคุม จำนวน 1 ชุด
2. คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window 2003 ,XP ขึ้นไป จำนวน 1 เครื่อง
3. สาย USB เชื่อมต่อระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เส้น
4. สวิตช์ปุ่มกด 3 ตัว
5. แมกเนติกคอนแทคเตอร์ 3 ตัว
6. โอเวอร์โหลดรีเลย์ 2 ตัว
7. Pilot lamp 3 หลอด
8. มอเตอร์ 3 เฟส 1 ตัว
9. สายต่อวงจร

ลำดับขั้นการทดลอง

1. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง
2. เขียน Ladder Diagram ลงในคอมพิวเตอร์ ตามภาพที่ 16.1 โดยมีเงื่อนไขดังนี้
   - 2.1 กดสวิตช์ S2 ให้มอเตอร์สตาร์ท แบบ STAR
   - 2.2 กดสวิตช์ S3 มอเตอร์จะรันแบบ DELTA
   - 2.3 กดสวิตช์ S1 ให้มอเตอร์หยุดการทำงาน
   - 2.4 เมื่อโอเวอร์โหลดรีเลย์ทำงาน ให้มอเตอร์หยุดหมุน
   - 2.5 จะไม่สามารถกดสวิตช์ S3 ให้มอเตอร์จำงานได้หากไม่ได้กดสวิตช์ S2 ก่อน
3. เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC และทำการดาวน์โหลดโปรแกรมลงไปสู่ PLC ทดลองการ
4. ต่ออุปกรณ์เข้ากับอินพุต/เอาต์พุต
5. ทำงานของ Ladder Diagram สังเกตการณ์ทำงานของเอาต์พุต
6. สรุปผลการทดลอง

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 16
	เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	หน้าที่ 2/7

ภาพที่ 16.1 การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)

ภาพที่ 4-8 ตัวอย่างใบงานเรื่องการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)

4.2 ผลของการวิเคราะห์ความเหมาะสมของชุดทดลอง

ผู้วิจัยได้นำชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมิน โดยแบบประเมินเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller จำนวน 3 ด้านประกอบด้วย ด้านใบปฏิบัติงานและด้านชุดทดลอง

โดยการแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินความเหมาะสมเกี่ยวกับชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller แบ่งค่าออกเป็น 5 ระดับด้วยกันดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมในระดับพอใช้

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมในระดับควรปรับปรุง

การแปลความหมายของค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของระดับคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมมีความหมายดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 เหมาะสมในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 เหมาะสมในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 เหมาะสมในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 เหมาะสมในระดับพอใช้

ค่าเฉลี่ย 0.50 – 1.50 เหมาะสมในระดับควรปรับปรุง

ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller

รายการประเมิน		$\sum X$	N	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านเนื้อหาชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller						
1	ความครบถ้วนของเนื้อหา	24	5	4.8	0.45	มากที่สุด
2	ความถูกต้องทางวิชาการ	22	5	4.4	0.55	มาก
3	ความสอดคล้องกับหลักสูตรการเรียนการสอน	24	5	4.8	0.45	มากที่สุด
ความเหมาะสมด้านใบเนื้อหาในภาพรวม ($\bar{X}$=4.67, S.D.=0.23)						
ด้านสมรรถนะของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller						
1	ใบปฏิบัติงานครอบคลุมวัตถุประสงค์การสอน	22	5	4.4	0.89	มาก
2	ใบปฏิบัติงานมีคำแนะนำถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน	22	5	4.4	0.89	มาก
3	ขั้นตอนการทดลองก่อให้เกิดการเรียนรู้	23	5	4.6	0.55	มากที่สุด
4	คำอธิบายขั้นตอนการทดลองเข้าใจง่าย	23	5	4.6	0.55	มากที่สุด
5	ง่ายต่อการบันทึกการทดลอง	19	5	3.8	0.45	มาก
ความเหมาะสมด้านใบปฏิบัติงานในภาพรวม ($\bar{X}$=4.36, S.D.=0.33)						

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

รายการประเมิน		$\sum X$	N	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านสมรรถนะใบงานชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller						
1	เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การสอน	22	5	4.4	0.55	มาก
2	สอดคล้องกับใบปฏิบัติงานและใบความรู้	23	5	4.6	0.55	มากที่สุด
3	ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้	21	5	4.2	0.45	มาก
4	ช่วยเพิ่มทักษะการเรียนรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	23	5	4.6	0.55	มากที่สุด
5	มีรูปร่างและขนาดที่เหมาะสม	24	5	4.8	0.45	มากที่สุด
6	มีความปลอดภัยในการใช้งาน	24	5	4.8	0.45	มากที่สุด
7	มีความสะดวกในการเชื่อมต่ออุปกรณ์การทดลอง	25	5	5	0	มากที่สุด
8	ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างชุดทดลอง	23	5	4.6	0.55	มากที่สุด
9	ความคุ้มค่าและประโยชน์ที่ได้รับ	24	5	4.8	0.45	มากที่สุด
ความเหมาะสมด้านชุดทดลองในภาพรวม ($\bar{X}$=4.64, S.D.=0.24)						
ความเหมาะในภาพรวมทั้ง 3 ด้าน ($\bar{X}$=4.56, S.D.=0.28)						

จากตารางที่ 4-2 เป็นผลการประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองด้านสมรรถนะใบงานชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller โดยแยกเป็น 3 ด้านประกอบด้วยด้านเนื้อหา ด้านสมรรถนะของชุดทดลอง และด้านสมรรถนะใบงาน ผลการประเมินแต่ละด้านสรุปได้ดังนี้

ด้านเนื้อหาภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.23 เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าความเหมาะสมอยู่ในระดับระดับมากที่สุดจำนวน 2 ข้อ และในระดับระดับมากจำนวน 1 ข้อ

ด้านด้านสมรรถนะของชุดทดลองในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.33 เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดจำนวน 2 ข้อ และในระดับระดับมากจำนวน 3 ข้อ

ด้านสมรรถนะใบงานชุดทดลองในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.24 เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดจำนวน 7 ข้อ และระดับมากจำนวน 2 ข้อ

ความเหมาะในภาพรวมทั้ง 3 ด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากับ 4.56 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.28 ($\overline{X}$=4.56, S.D.=0.28)

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญหลังจากได้ประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller มีดังนี้

1. ควรเพิ่มลำดับขั้นตอนการทดลองให้ละเอียด
2. ควรกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้มีความชัดเจน

4.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller

เมื่อนำชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ที่ได้จัดสร้างขึ้นไปใช้กับนักเรียนจำนวน 18 คน และให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนแล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง ดังนี้

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบ

การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller เกณฑ์ประสิทธิภาพที่ใช้ 80/80

80 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนผู้เรียนร้อยละ 80 ที่ทำใบงาน ได้คะแนนร้อยละ 70 ขึ้นไปทุกคน

80 ตัวที่สอง (E_2) คือ ผู้เรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80

ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบใบงานปฏิบัติและหลังเรียน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	ผลรวมคะแนน	$\bar{X}$	ร้อยละ (%)
ใบงานปฏิบัติ เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง	18	50	741	41.17	82.33
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง	18	10	150	8.33	83.33
ใบงานปฏิบัติ เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส	18	50	746	41.44	82.89
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส	18	10	144	8	80
ใบงานปฏิบัติ เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	18	50	763	42.39	84.76
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	18	10	145	8.06	80.56
ใบงานปฏิบัติ เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	18	50	768	42.67	85.33
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	18	10	146	8.11	81.11
ใบงานปฏิบัติ เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	18	50	765	42.5	85
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	18	10	144	8	80
รวม		300	4512	250.67	82.521

จากตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนของนักเรียนจำนวน 18 คน คะแนนรวมของแบบทดสอบ 300 คะแนน พบว่ารวมคะแนนระหว่างเรียนทั้งหมดได้ 4,512 คะแนน ค่าเฉลี่ย 250.67 คิดเป็นร้อยละ 82.521 โดยแยกเป็นแต่ละใบงานปฏิบัติดังนี้

ผลคะแนนใบงานปฏิบัติ เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง เต็ม 50 คะแนน มีผลรวมคะแนน 741 ค่าเฉลี่ย 41.17 คิดเป็นร้อยละ 82.33 และผลคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง คะแนนเต็ม 10 มีผลคะแนนรวม 150 ค่าเฉลี่ย 8.33 คิดเป็นร้อยละ 83.33

ผลคะแนนใบงานปฏิบัติ เรื่อง เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสเต็ม 50 คะแนน มีผลรวมคะแนน 746 ค่าเฉลี่ย 41.44 คิดเป็นร้อยละ 82.89 และผลคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส คะแนนเต็ม 10 มีผลคะแนนรวม 150 ค่าเฉลี่ย 8.00 คิดเป็นร้อยละ 80

ผลคะแนนใบงานปฏิบัติ เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง มีคะแนนเต็มทั้งหมด 50 คะแนน แลมีผลคะแนนรวมอยู่ที่ 763 คะแนน ค่าเฉลี่ย 42.36 คิดเป็นร้อยละ 84.76 และผลการทดสอบหลังเรียน เรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง คะแนนเต็ม 10 คะแนน มีผลคะแนนรวมที่ 145 ค่าเฉลี่ย 8.06 คิดเป็นร้อยละ 80.56

ผลคะแนนใบงานปฏิบัติ เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging คะแนนเต็ม 50 คะแนน มีผลคะแนนรวมในการปฏิบัติที่ 768 ค่าเฉลี่ยที่ 42.67 คิดเป็นร้อยละ 85.33 และผลการทดสอบหลังเรียนคะแนนรวม 10 คะแนน ผลการทดสอบรวมมีคะแนนที่ 146 ค่าเฉลี่ย 8.11 คิดเป็นร้อยละ 81.11

ผลคะแนนใบงานปฏิบัติ เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual) มีคะแนนเต็มที่ 50 ผลคะแนนรวม 765 มีค่าเฉลี่ยที่ 42.5 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 85 และผลการทดสอบหลังเรียน มีคะแนนเต็ม 10 ผลคะแนนรวมที่ 144 ค่าเฉลี่ย 8 คิดเป็นร้อยละ 80

4.3.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วย การประยุกต์ใช้ PLC ร่วมกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์คะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คนที่	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน	ร้อยละ
1	22	73.33
2	25	83.33
3	24	80

คนที่	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน	ร้อยละ
4	24	80
5	27	90
6	25	83.33
7	25	83.33
8	24	80
9	24	80
10	24	80
11	24	80
12	24	80
13	24	80
14	25	83.33
15	24	80
16	26	86.67
17	22	73.33
18	22	73.33
ผลคะแนน		435
$\bar{x}$		24.17
ร้อยละ (%)		80.554

จากตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้องนักเรียน จำนวน 18 คน คะแนนเต็ม 30 คะแนน พบว่า มีผลคะแนนรวมทั้งสิ้น 435 คะแนนค่าเฉลี่ยที่ 24.17 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 80.554

4.3.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลอง

หัวข้อ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	ผลรวมคะแนน	$\bar{x}$	ร้อยละ (%)
คะแนนระหว่างเรียน	18	300	4512	250.67	82.521
คะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์	18	30	435	24.17	80.554

จากตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller พบว่า ผลคะแนนระหว่างเรียนทั้งหมดของนักเรียน 4,512 คะแนน ค่าเฉลี่ย 250.67 คิดเป็นร้อยละ 82.521 และผลการทดสอบวัดหาประสิทธิภาพทั้งหมด 435 คะแนน ค่าเฉลี่ย 24.17 คิดเป็นร้อยละ 80.554 ดังนั้นชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ที่จัดสร้างนั้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.521/80.554

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกปฏิบัติ

เมื่อได้นำชุดทดลองไปใช้กับกลุ่มนักเรียนแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างบรรหาร - แจ่มใส จำนวน 18 คนแล้วซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจในชุดทดลองแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน				
1	เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	4.50	0.71	มากที่สุด
2	ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการปฏิบัติ	4.89	0.32	มากที่สุด
3	ช่วยส่งเสริมทักษะการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้วย PLC	4.72	0.57	มากที่สุด
4	ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.67	0.59	มากที่สุด
ข้อที่	**ข้อคำถามความคิดเห็น**	$\bar{x}$	**S.D.**	**ระดับความพึงพอใจ**
5	ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้	4.72	0.67	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านกิจกรรมการเรียนการสอน		4.7	0.14	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านกิจกรรมการเรียนการสอน				

1	เนื้อหาของชุดฝึกปฏิบัติสามารถทำให้เข้าใจเรื่องการประยุกต์ใช้ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	4.83	0.38	มากที่สุด
2	เนื้อหามีประโยชน์ต่อผู้เรียน และสามารถ	4.5	0.79	มากที่สุด
3	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ของบทเรียน	4.67	0.69	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านความเหมาะสมของเนื้อหา		4.67	0.17	มากที่สุด
ด้านการออกแบบและคุณภาพชุดฝึก				
1	วัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างชุดฝึกมีความเหมาะสม	4.89	0.32	มากที่สุด
2	ชุดฝึกมีขนาดที่เหมาะสมต่อการใช้งาน	4.72	0.57	มากที่สุด
3	ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บ	4.39	0.85	มาก
4	ชุดฝึกก่อให้เกิดทักษะพื้นฐานด้านการต่อวงจรการใช้งาน	4.89	0.32	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านการออกแบบและคุณภาพชุดฝึก		4.72	0.24	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด		4.7	0.17	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-5 การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller นั้น ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.7 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีความพึงพอใจเป็นรายด้านดังต่อไปนี้

ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมของด้านกิจกรรมการเรียนการสอนมีค่าเท่ากับ 4.7 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด โดยหัวข้อช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการปฏิบัติมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดที่ 4.89 ช่วยส่งเสริมทักษะการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้วย PLC และช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.72 รองลงมาช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมค่าเฉลี่ย 4.50 ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยด้านกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมของด้านนี้อยู่ที่ 4.67 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด โดยหัวข้อ เนื้อหาของชุดฝึกปฏิบัติสามารถทำให้เข้าใจเรื่อง การประยุกต์ใช้ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ย 4.85 รองลงมาคือชุดฝึกมีขนาดที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.67 และเนื้อหามีประโยชน์ต่อผู้เรียน และสามารถ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ตามลำดับ

ด้านการออกแบบและคุณภาพชุดฝึก พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมของด้าน 4.72 ระดับความพึงพอใจอยู่ที่ระดับ มากที่สุด โดยหัวข้อชุดฝึกก่อให้เกิดทักษะพื้นฐานด้านการต่อวงจรการใช้งาน

ค่าเฉลี่ยเท่ากับวัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างชุดฝึกมีความเหมาะสม ที่ 4.89 รองลงมาชุดฝึกมีขนาดที่เหมาะสมต่อการใช้งานค่าเฉลี่ย 4.72 และลำดับสุดท้ายความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บค่าเฉลี่ย 4.39 ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การค้นคว้าอิสระครั้งนี้เพื่อมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสร้างชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller วิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2108 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความรู้ระหว่างเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสร้างชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ชุดทดลองที่ได้จัดสร้างมาประกอบด้วย ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ใบปฏิบัติงาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบประเมินความเหมาะสมของชุดทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และแบบประเมินความพึงพอใจ พบว่าชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller นั้นมีผลประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.56 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.28

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการจัดสร้างชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ที่ประกอบด้วย ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller จำนวน 1 ชุด ใบงานปฏิบัติงานการประยุกต์ใช้ PLC ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 30 ข้อเป็นแบบข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก

5.1.2 ประสิทธิภาพของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller มีความเหมาะสมของชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมทั้ง 3 ด้าน ($\overline{X}$=4.56, S.D.=0.28)

5.1.3 ผลการประเมินชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ผู้เรียนมีผลการประเมินผ่านเกณฑ์

จำนวน 15 คน จากจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 และผู้เรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 มีประสิทธิภาพ 82.521/80.554 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5.1.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสร้างชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller พบว่า ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.7 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.17

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller สำหรับจัดเรียนเรียนการสอนให้กับนักเรียน และเพื่อประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองการชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากับ 4.56 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.28 ($\overline{X}$=4.56, S.D.=0.28) เมื่อพิจารณาแต่ละด้าน ด้านเนื้อหาชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ความเหมาะสมอยู่ในระดับมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.23 ($\overline{X}$=4.67, S.D.=0.23) ด้านสมรรถนะของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.26 ($\overline{X}$=4.36, S.D.=0.33) และด้านสมรรถนะใบงานชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.24 ($\overline{X}$=4.64, S.D.=0.24) ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตั้งไว้ในสมมติฐานชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller จัดทำขึ้นประกอบด้วยชุดทดลองจำนวน 1 ชุด ใบงานที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ PLC ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าจำนวน 5 ใบงาน ซึ่งสอดคล้องกับ ธนกร น้ำหอมจันทร์ (2563 ; 35) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส แล้วพบว่าการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญชุดการสอนทดลองมีคุณภาพในระดับมากที่สุด (4.72± 0.45)

5.2.2 ผลการประเมินชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller พบว่า มีประสิทธิภาพ 82.521/80.554 หมายความว่าผู้เรียนทั้งหมดได้ทำใบงานปฏิบัติและแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 5 ใบงานประกอบ

ไปด้วย (1) การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง (2) การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส (3) เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง (4) เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging (5) การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual) คิดเป็นร้อยละ 82.521 และค่าคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละ 80.554 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้ 80/80 โดยชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ได้จัดทำอย่างเป็นระบบ โดยการศึกษาโครงสร้างหลักสูตรรายวิชา เนื้อหา เทคนิคและวิธีการจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสอดคล้องกับ สุทิพย์ จันสุข (2556) ได้ให้ความคิดเห็นว่า ความสำเร็จของการจัดการเรียนการสอนเชิงทดลองจะต้อง ให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาความรู้ความสามารถและทัศนคติที่ดีส่วน ใหญ่การดำเนินการสอนเชิงทดลองยังใช้ใบงานเดิมที่มีมานานแล้ว การสร้างใบงาน ใหม่ก็ใช้การลอกเลียนแบบจากที่อื่นๆ หรือ แก้ไขดัดแปลงเล็กน้อยบางส่วนก็อาศัย ใบงานและวิธีการที่ติดมากับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ซื้อมา เป็นหลัก ซึ่งมีข้อมูลบางอย่างที่ไม่เหมาะกับผู้เรียน ดังนั้นจึงควรส่งเสริม ให้ผู้สอนพัฒนารูปแบบและวิธีการสอนเชิงทดลองด้วยตนเอง ให้ความสอดคล้องกับธรรมชาติ นโยบายของสถานศึกษาและผู้เรียนโดยคำนึงถึงหลักการจัดการเรียนการสอนเชิงทดลองเป็นหลัก

5.2.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.7 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.17 ($\overline{X}$=4.7, S.D.=0.17) แต่ละด้านดังนี้ ด้านกิจกรรมการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.7 ($\overline{X}$=4.7) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านกิจกรรมการเรียนการสอนค่าเฉลี่ยรวมของด้านนี้อยู่ที่ 4.67 ($\overline{X}$=4.67) มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และด้านการออกแบบและคุณภาพชุดฝึกค่าเฉลี่ยรวมของด้าน 4.72 ($\overline{X}$=4.72) ระดับความพึงพอใจอยู่ที่ระดับ มากที่สุด จากผลการวิจัยดังกล่าวสามารถอภิปรายผลได้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบทดลองที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนั้น ช่วยให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ต่าง ๆ ในการเรียนรู้ เช่น ทักษะในการใช้เครื่องมือการออกแบบ,การคิดวิเคราะห์,การแก้ปัญหา,การประเมินค่า ซึ่งสอดคล้องกับตวงแสง ณ นคร (2542 : 1) ที่ได้กล่าวว่า การเรียนรู้ของมนุษย์ย่อมเกิดจากประสบการณ์ที่ได้รับรู้จากประสาทสัมผัสต่างๆ โดยผ่านสื่อ ระดับของประสบการณ์ของแต่ละคนจะแตกต่างกัน ดังนั้นการที่ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีนั้น ย่อมขึ้นอยู่กับลักษณะของประสบการณ์ที่ได้รับว่ามีความเป็นรูปธรรมหรือนามธรรมมากน้อยเพียงใด

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.3.1.1 การออกแบบการจัดวางอุปกรณ์ควรตรวจสอบขนาดและตำแหน่งให้เหมาะสมกับขนาดของสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ไม่ให้ใกล้กันเกินไป

5.3.1.2 ชุดทดลองมีตัวอย่างของอุปกรณ์ควบคุมที่จำกัด ควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมอุปกรณ์เพื่อให้มีความหลากหลายและใกล้เคียงการใช้งานในอุตสาหกรรมมากขึ้น

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรมีการพัฒนาและออกแบบชุดทดลองให้ใช้กับอุปกรณ์และเทคโนโลยีในปัจจุบันเสมอ ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เช่น การใช้ร่วมกับระบบ IOT

5.3.2.2 ควรมีการใช้ PLC ให้มากกว่า 1 ยี่ห้อ เพื่อผู้เรียนจะได้มีประสบการณ์ในการใช้ที่หลากหลาย เช่น Mitsubishi Toshiba เป็นต้น

5.3.2.2 ควรสำรวจการใช้งาน PLC ในภาคอุตสาหกรรมเพื่อมากำหนดในกระบวนการวิจัย

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. กระทรวงศึกษาธิการ.

กิตตินันท์ จันทร์แป้น และคณะ. (2563). การพัฒนาชุดทดลองวงจรเรียงกระแสอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นของนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่. การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 12. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ : สงขลา.

กิตติศักดิ์ อังคะนาวิน (2561). “การพัฒนาชุดทดลองและการหาประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมหุ่นยนต์ วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์และอินเตอร์เฟส”. วารสารนวัตกรรมการศึกษาและการวิจัย. ปีที่ 2(ฉบับที่ 2) พฤษภาคม - สิงหาคม : 117-128.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ 2556. การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย. ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน) หน้าแทรก 1

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2556). การพัฒนาหลักสูตร ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุลีภรณ์ กอบกัยกิจ. (2535). ศึกษาปัญหาการดำเนินงานวิชาการโรงเรียนประถมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน เขตการศึกษา 6. ปริญญานิพนธ์ ศษ.ม. (การบริหารการศึกษา). ชลบุรี : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยบูรพา.

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ (2551). หลักการเรียนการสอนช่างอุตสาหกรรม หลักการสอนขั้นปฏิบัติ. กรุงเทพ. เอดิสันเพรสโพรดักส์. หน้า 187

_____. (2545). วิชา workshop and laboratories system development. เอกสาร

ประกอบการสอน ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 25

บุญชม ศรีสะอาด. (2537). “การพัฒนาการสอน”. สุวริยาสาสน์. กรุงเทพ. หน้า 68

พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ. (2559). การวัดและประเมินผลการศึกษา. (เอกสารประกอบการสอน). อุดรธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2552). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : เฮ้าส์ออฟเคอร์มิสท์.

วิชาญ เพ็ชรทอง และพูลศักดิ์ โกษียาภรณ์. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา กรณีศึกษา เรื่อง การออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุม DC มอเตอร์ด้วย PID. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร. ปีที่ 18 (ฉบับที่ 1) มกราคม – มีนาคม : 119.

สุพิทย์ จันสุข (2556). การพัฒนาบทเรียนทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เรื่องการออกแบบวงจรคอมบิเนชัน วิชาวงจรพัลส์และดิจิทัล หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง 2546)

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. วิทยานิพนธ์ คม. สาขาวิชาการจัดการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

พัทยา การะเจดีย์. (2545). วิชา ศึกษา 363 ประสบการณ์วิชาชีพครู 3. เอกสารประกอบการสอนภาควิชาหลักสูตรและการสอน. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ภาคเรียนที่1 ปีการศึกษา 2545. กรุงเทพ. หน้า 57-58

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, กรม. (2562). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

(2564). กรอบแนวทางการดำเนินงานตามยุทธศาสตร์การพัฒนาอาชีวศึกษา

ระยะ 5 ปี (พ.ศ.2566-2570). (ออนไลน์). จาก https://psdg.vec.go.th/, สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2568

สุพิน บุญชูวงศ์. (2544). “หลักการสอน”. พิมพ์ครั้งที่ 9 ศูนย์เอกสารและตำราสถาบันราชภัฏสวนดุสิต 295 ถนน ราชสีมา เขตดุสิต. กรุงเทพ. หน้า 54-55

สุมาลี จันทร์ชลอ. (2542). “การวัดผลและประมินผล”. ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ. กรุงเทพ. หน้า 50-67

สุวัฒน์ นิยมค้า. 2531. “ทฤษฎีและการปฏิบัติในการสอบวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 2”. เจเนรัลบุ๊คส์เซนเตอร์. หน้า 500

สุนทร ก้องสินธุ และณัชวิชช์ สุขสง. (2565). “การสร้างชุดการสอนเรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยพีแอลซี”. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิศวกรรมศึกษา. ปีที่ 14(ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม : 1.

Sax, G. (1989). Principle of Educational and Psychological Measurement and Evaluation. 3rd.ed. United States : Wadsworth Publishing Company

ภาคผนวก ก

- หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
- ตารางวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง
- ใบงานการปฏิบัติเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง
- ใบงานการปฏิบัติเรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส
- ใบงานการปฏิบัติเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง
- ใบงานการปฏิบัติเรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging
- ใบงานการปฏิบัติเรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)

20104-2108 การโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า

(Electrical Control and Programming)

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจโครงสร้าง ส่วนประกอบ การป้อนคำสั่ง โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์
2. มีทักษะเกี่ยวกับการใช้คำสั่ง แก้ไข ปรับปรุงโปรแกรมงานควบคุมประเภทต่าง ๆ
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์
2. ต่อวงจรการใช้งานควบคุมมอเตอร์ระบบนิวเมติกส์และอุปกรณ์ไฟฟ้า
3. ใช้ชุดคำสั่ง ควบคุมงานไฟฟ้า

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้าง ส่วนประกอบของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ คำสั่ง การป้อนข้อมูลงานต่อวงจรการใช้งานควบคุมมอเตอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ งานต่อวงจรควบคุมระบบนิวเมติกส์ งานแก้ไขและปรับปรุงโปรแกรมป้อนข้อมูล

	สาขาวิชา : ไฟฟ้ากำลัง ชื่อวิชา : การโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า รหัสวิชา : 2104-2109	ตารางวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง	แผ่นที่ 10

หัวข้อเรื่อง (หน่วยเรียน)	หัวข้อหลัก	หัวข้อย่อย	ระดับ (IS)		
			R	A	T
5. การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	5.1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	- อุปกรณ์ป้องกันกระแสลัดวงจรมอเตอร์	✓		
		- คอนเทคเตอร์	✓		
		- โอเวอร์โหลดรีเลย์	✓		
		- อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์	✓		
	5.2 วิธีการควบคุมมอเตอร์	- การควบคุมด้วยมือ	✓		
		- การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ	✓		
		- การควบคุมอัตโนมัติ	✓		

	สาขาวิชา : ไฟฟ้ากำลัง ชื่อวิชา : การโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า รหัสวิชา : 2104-2109	ตารางวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง	แผ่นที่ 11

หัวข้อเรื่อง (หน่วยเรียน)	หัวข้อหลัก	หัวข้อย่อย	ระดับ (IS)		
			R	A	T
5. การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)	5.3 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	- วงจรกำลัง (Power Circuit)	✓		
		- วงจรควบคุม (Control Circuit)	✓		
	5.4 การควบคุมมอเตอร์โดยใช้โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์		✓		
	5.5 การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (PLC) ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า			✓	

	สาขาวิชา : ไฟฟ้ากำลัง ชื่อวิชา : การโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า รหัสวิชา : 2104-2109	ตารางวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง	แผ่นที่ 12

หัวข้อเรื่อง (หน่วยเรียน)	หัวข้อหลัก	หัวข้อย่อย	ระดับ (IS)		
			R	A	T
5. การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)	5.6 การควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรง	- กำหนดเงื่อนไขการควบคุม		✓	
		- กำหนดตำแหน่งของอินพุตและเอาต์พุต		✓	
		- เขียนไดอะแกรมเวลาทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์		✓	
		- ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมการเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรง		✓	
		- เขียนแลดเดอร์ไดอะแกรมควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรงด้วยโปรแกรม		✓	
		- ต่ออุปกรณ์อินพุต เอาต์พุตเข้ากับโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ พร้อมต่อวงจรกำลังควบคุมมอเตอร์เริ่มเดินโดยตรง		✓	
		- ทดลองควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรง ด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ตามเงื่อนไขที่กำหนด		✓	

	สาขาวิชา : ไฟฟ้ากำลัง **ชื่อวิชา** : การโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า **รหัสวิชา** : 2104-2109	**ตารางวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง**	**แผ่นที่ 13**

หัวข้อเรื่อง (หน่วยเรียน)	หัวข้อหลัก	หัวข้อย่อย	ระดับ (IS)		
			R	A	T
5. การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)	5.7 การควบคุมการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	- กำหนดเงื่อนไขการควบคุมการกลับทางหมุนมอเตอร์ - กำหนดตำแหน่งของอินพุตและเอาต์พุต - เขียนไดอะแกรมเวลาทำงานของวงจรควบคุมการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส - ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมควบคุมการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส - เขียนแลดเดอร์ไดอะแกรมควบคุมการควบคุมการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยโปรแกรม		✓ ✓ ✓ ✓ ✓	

	สาขาวิชา : ไฟฟ้ากำลัง **ชื่อวิชา** : การโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า **รหัสวิชา** : 2104-2109	**ตารางวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง**	**แผ่นที่ 14**

หัวข้อเรื่อง (หน่วยเรียน)	หัวข้อหลัก	หัวข้อย่อย	ระดับ (IS)		
			R	A	T
5. การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)	5.7 การควบคุมการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	- ต่ออุปกรณ์อินพุต เอาต์พุตเข้ากับโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ พร้อมกับต่อวงจรกำลังควบคุมการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส - ทดลองการควบคุมควบคุมการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ตามเงื่อนไขที่กำหนด		✓ ✓	

	สาขาวิชา : ไฟฟ้ากำลัง **ชื่อวิชา** : การโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า **รหัสวิชา** : 2104-2109	**ตารางวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง**	**แผ่นที่ 15**

หัวข้อเรื่อง (หน่วยเรียน)	หัวข้อหลัก	หัวข้อย่อย	ระดับ (IS)		
			R	A	T
5. การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)	5.8 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์เดลต้า	- กำหนดเงื่อนไขการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า-กำหนดตำแหน่งของอินพุตและเอาต์พุต - เขียนไดอะแกรมเวลาทำงานของวงจรควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า - ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า - เขียนแลดเดอร์ไดอะแกรมควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า		✓ ✓ ✓ ✓ ✓	

	สาขาวิชา : ไฟฟ้ากำลัง ชื่อวิชา : การโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า รหัสวิชา : 2104-2109	ตารางวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง	แผ่นที่ 16

หัวข้อเรื่อง (หน่วยเรียน)	หัวข้อหลัก	หัวข้อย่อย	ระดับ (IS)		
			R	A	T
5. การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)	5.8 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้า	- ต่ออุปกรณ์อินพุต เอาต์พุตเข้ากับโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ พร้อมต่อวงจรกำลังควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้า - ทดลองการควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์–เดลต้า ด้วยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ตามเงื่อนไขที่กำหนด		✓ ✓	

หมายเหตุ
ระดับความสามารถ
IS : ทางสติปัญญา
PS : ทางทักษะฝีมือ

ระดับ (IS) ทางสติปัญญา
R : ฟื้นคืนความรู้
A : ประยุกต์ความรู้
T : ส่งถ่ายความรู้

ระดับ (PS) ทางทักษะฝีมือ
I : เลียนแบบ
C : ทำถูกต้อง
A : ชำนาญ

ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียน
รหัสวิชา 2104–2109 ชื่อวิชา การโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า 2 (1-3)

ลำดับ	หน่วยการเรียน	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์	1	3	4
2	การกำหนดตำแหน่งของอินพุต เอาต์พุต วงจรภายในและการต่อใช้งานภาคอินพุต เอาต์พุต	1	3	4
3	ความรู้พื้นฐานการเขียนโปรแกรมควบคุมโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์	1	3	4
4	การใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ และคำสั่งพื้นฐาน	4	12	16
5	การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	4	12	16
6	การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ในงานควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	2	6	8
7	การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ในงานควบคุมระบบนิวเมติกส์	4	12	16
8	การแก้ไขและปรับปรุงโปรแกรม	1	3	4
รวม		**18**	**54**	**72**

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 12
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 1/6

วัตถุประสงค์

1. เตรียมชุดทดลอง เครื่องมือ อุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. อธิบายหลักการควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรงได้ถูกต้อง
3. ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรงได้ถูกต้อง
4. ต่อวงจรควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรงได้อย่างถูกต้อง
5. เก็บอุปกรณ์ สายต่อวงจร ชุดทดลองโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์หลังจากปฏิบัติงานเสร็จให้เรียบร้อย

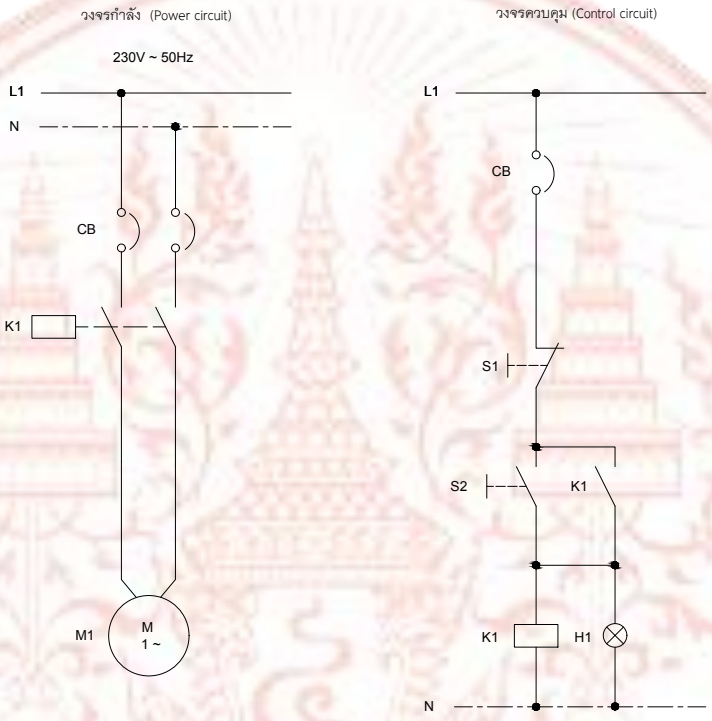
ทฤษฎี

การนำ PLC ไปใช้งานมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง มักใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งการใช้งานมอเตอร์จะเริ่มเดิน และหยุดบ่อย ๆ ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้โดยกดสวิตช์ปุ่มเพียงอย่างเดียว มอเตอร์ไฟฟ้าฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยอุปกรณ์จะประกอบด้วย สวิตช์ปุ่มกด คอนแทกเตอร์ รีเลย์โหลดเกิด เป็นต้น

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกการโปรแกรมและการควบคุม จำนวน 1 ชุด
2. คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window 2003 ,XP ขึ้นไป จำนวน 1 เครื่อง
3. สาย USB เชื่อมต่อระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เส้น
4. Circuit Breaker 1 ตัว
5. สวิตช์ปุ่มกด 2 อัน
6. แมกเนติกคอนแทกเตอร์ 1 ตัว
7. โอเวอร์โหลดรีเลย์ 1 ตัว
8. Pilot lamp 1 หลอด
9. มอเตอร์ 1 เฟส 1 ตัว
10. สายต่อวงจร

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 12
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 2/6



ภาพที่ 11.1 วงจรการควบคุมมอเตอร์ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 12
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 3/6

ลำดับขั้นการทดลอง

1. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองใช้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
2. เขียน Ladder Diagram ลงในคอมพิวเตอร์ โดยมีเงื่อนไขดังนี้
    2.1 กดสวิตช์ S2 ให้มอเตอร์สตาร์ท
    2.2 กดสวิตช์ S1 หยุดการทำงานของมอเตอร์
    2.4 เมื่อโอเวอร์โหลดรีเลย์ทำงาน ให้มอเตอร์หยุดหมุน
3. เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC และทำการดาวน์โหลดโปรแกรมลงไปสู่ PLC ทดลองการทำงานของ Ladder Diagram สังเกตการณ์ทำงานของเอาต์พุต
4. ต่อวงจรตามภาพที่ 12.1
5. ตรวจสอบความถูกต้องของวงจร และจัดสายให้เป็นระเบียบ
6. ป้อนแรงดันให้กับวงจรและสรุปผลการปฏิบัติ

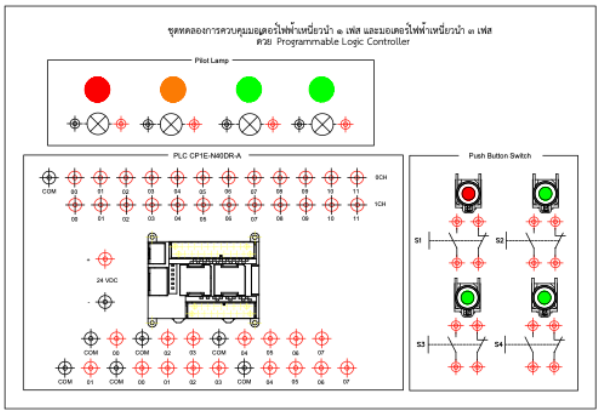
กำหนดอินพุต-เอาต์พุต

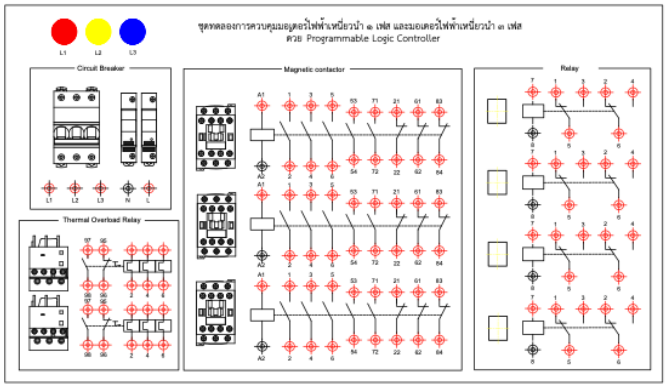
ตำแหน่ง	ความหมาย
I0.00	
I0.01	
I0.02	
Q100.00	
Q100.01	

Ladder Diagram

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 12
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 4/6

จากรูปอุปกรณ์ให้นักเรียนนำวงจรจาก Ladder Diagram เขียนลงในแบบร่างแผงฝึก





สรุปการทดลอง

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 12
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 5/6

แบบฝึกหัด การประยุกต์ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. อุปกรณ์ใดทำหน้าที่เปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้มอเตอร์ในระบบที่ใช้ PLC
   - ก. รีเลย์ (Relay)
   - ข. คอนแทคเตอร์ (Contactor)
   - ค. ฟิวส์ (Fuse)
   - ง. ไทเมอร์ (Timer)
2. หน่วยความจำที่ใช้เก็บค่าของอินพุต (Input) ใน PLC Omron คือที่อยู่ใด
   - ก. IO 0.00
   - ข. D100
   - ค. W200
   - ง. H100
3. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส แบบสตาร์ทตรง ต้องใช้ฟังก์ชันใดใน PLC
   - ก. Timer
   - ข. Counter
   - ค. Output Coil
   - ง. Comparator
4. การใช้ปุ่มกด START (NO) และ STOP (NC) เพื่อควบคุมมอเตอร์ใน PLC Omron ควรต่อวงจรแบบใด
   - ก. ต่อ START แบบปกติ และ STOP แบบปกติ
   - ข. ต่อ START แบบปกติ และ STOP แบบปิดเมื่อกด
   - ค. ต่อ START แบบปิดเมื่อกด และ STOP แบบปกติ
   - ง. ต่อ START และ STOP แบบปิดเมื่อกดทั้งคู่
5. คอนแทคเตอร์มีหน้าที่อะไรในวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
   - ก. แปลงแรงดันไฟฟ้า
   - ข. ป้องกันไฟเกิน
   - ค. เปิด-ปิดวงจรโหลดไฟฟ้ากำลัง
   - ง. ลดกระแสไฟฟ้า

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 12
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 6/6

6. ใน PLC Omron คอยล์ที่ใช้เป็นตัวส่งสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกอยู่ในหน่วยความจำใด

ก. D100

ข. H100

ค. W200

ง. I/O 100.00

7. สาเหตุที่ต้องใช้คอนแทคเตอร์แทนการควบคุมมอเตอร์โดยตรงจาก PLC คืออะไร

ก. คอนแทคเตอร์รองรับกระแสไฟสูงกว่า PLC

ข. PLC ไม่สามารถสั่งงานคอนแทคเตอร์ได้

ค. คอนแทคเตอร์ช่วยลดความร้อนของมอเตอร์

ง. คอนแทคเตอร์ช่วยลดแรงดันไฟฟ้า

8. PLC Omron รุ่นใดเหมาะสำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟสในงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

ก. CP1E

ข. CJ2M

ค. NX1P

ง. SYSMAC

9. ถ้าต้องการให้มอเตอร์หยุดทำงานโดยอัตโนมัติหลังจากเดินเครื่องไปแล้ว 10 วินาที ควรใช้ฟังก์ชันใดใน PLC

ก. Counter

ข. Data Register

ค. Comparator

ง. Timer

10 หากต้องการให้ PLC Omron ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส โดยกดปุ่ม START เพียงครั้งเดียวแล้วมอเตอร์ทำงานต่อเนื่อง ควรใช้หลักการใด

ก. หน่วงเวลาเปิด-ปิด (Delay Start & Stop)

ข. การหน่วงเวลาแบบ OFF-Delay

ค. การซีลคอนแทค (Seal-in Contact)

ง. การใช้รีเลย์ช่วย (Auxiliary Relay)

ใบประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง

เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง

ชื่อ – สกุล .....เลขประจำตัว .....

สาขาวิชา ..... ชั้นปีที่ ..... กลุ่ม .....

ลำดับที่	หัวข้อการประเมิน	ผลการปฏิบัติ				
		ดีมาก (5)	ดี (4)	พอใช้ (3)	ไม่ดี (2)	ต้องปรับปรุง (1)
1	การตรงต่อเวลา					
2	การแต่งกาย					
3	ความสนใจในการปฏิบัติการทดลอง					
4	การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือ					
5	ความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลอง					
6	ลำดับขั้นในการปฏิบัติการทดลอง					
7	การแก้ปัญหาในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง					
8	ความรู้ความสามารถในการปฏิบัติการทดลอง					
9	ความสะอาดเป็นระเบียบ					
10	การเก็บและทำความสะอาดหลังปฏิบัติการทดลอง					
รวมผลคะแนน						

ลงชื่อ.....อาจารย์ผู้สอน

(.....)

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 13
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส	หน้าที่ 1/7

วัตถุประสงค์

1. เตรียมชุดทดลอง เครื่องมือ อุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. อธิบายหักการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสได้ถูกต้อง
3. ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสได้ถูกต้อง
4. ต่อวงจรการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสได้อย่างถูกต้อง
5. เก็บอุปกรณ์ สายต่อวงจร ชุดทดลองโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์หลังจากปฏิบัติงานเสร็จให้เรียบร้อย

ทฤษฎี

1. หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสเป็นมอเตอร์ที่ใช้แหล่งจ่ายไฟ AC 1 เฟส ซึ่งประกอบด้วย ขดลวดหลัก (Main Winding) และ ขดลวดสตาร์ท (Start Winding) โดยขดลวดทั้งสองนี้จะช่วยให้มอเตอร์สามารถเริ่มหมุนได้

•ขดลวดหลัก (Main Winding) ทำหน้าที่ให้แรงบิดในการหมุน

• ขดลวดสตาร์ท (Start Winding) ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กเริ่มต้นและช่วยให้มอเตอร์เริ่มหมุนได้ โดยมักจะมี ตัวเก็บประจุ (Capacitor) หรือ สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (Centrifugal Switch) ควบคุมการทำงาน

2. หลักการกลับทางหมุนของมอเตอร์ 1 เฟส เนื่องจากมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟสไม่มีแรงบิดเริ่มต้นในตัวเอง หากต้องการ กลับทิศทางการหมุน จำเป็นต้องสลับขั้วของ ขดลวดสตาร์ท เท่านั้น ขดลวดหลักจะต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟเหมือนเดิมวิธีการกลับทางหมุนมี 2 วิธีหลัก ได้แก่:

2.1 สลับขั้วของขดลวดสตาร์ท

- เปลี่ยนตำแหน่งการต่อสายของขดลวดสตาร์ทกับแหล่งจ่ายไฟ
- ทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเปลี่ยนทิศ ส่งผลให้ทิศทางการหมุนเปลี่ยนไป

2.2 ใช้สวิตช์หรือรีเลย์ควบคุมการสลับขั้วขดลวดสตาร์ท

- ใช้ สวิตช์ 2 ทาง (Double Pole Double Throw - DPDT Switch)
- ใช้ รีเลย์ หรือ คอนแทกเตอร์ ในระบบควบคุมอัตโนมัติ เช่น PLC

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกการโปรแกรมและการควบคุม จำนวน 1 ชุด
2. คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window 2003 ,XP ขึ้นไป จำนวน 1 เครื่อง
3. สาย USB เชื่อมต่อระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เส้น
4. สวิตช์ปุ่มกด 3 อัน
5. แมกเนติกคอนแทกเตอร์ 2 ตัว

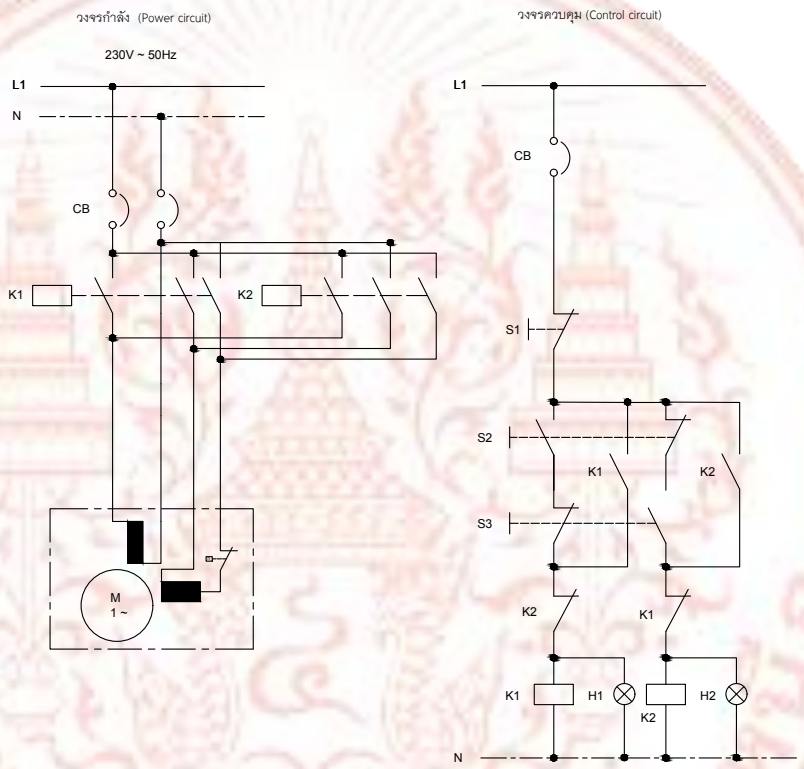
	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 13
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส	หน้าที่ 2/7

6. โอเวอร์โหลดรีเลย์ 1 ตัว
7. Pilot lamp 2 หลอด
8. มอเตอร์ 1 เฟส 1 ตัว
9. สายต่อวงจร

ลำดับขั้นการทดลอง

1. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง
2. เขียน Ladder Diagram ลงในคอมพิวเตอร์ โดยมีเงื่อนไขดังนี้
   2.1 กดสวิตช์ S2 ให้มอเตอร์สตาร์ท
   2.2 กดสวิตช์ S1 หยุดการทำงานของมอเตอร์
   2.4 เมื่อโอเวอร์โหลดรีเลย์ทำางาน ให้มอเตอร์หยุดหมุน
3. เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC และทำการดาวน์โหลดโปรแกรมลงไปสู่ PLC ทดลองการ
4. ทำงานของ Ladder Diagram สังเกตการณ์ทำงานของเอาต์พุต
5. ต่อวงจรตามภาพที่ 13.1
6. ตรวจสอบความถูกต้องของวงจร และจัดสายให้เป็นระเบียบ
7. ป้อนแรงดันให้กับวงจรและสรุปผลการปฏิบัติ

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 13
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส	หน้าที่ 3/7



ภาพที่ 13.1 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 13
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส	หน้าที่ 4/7

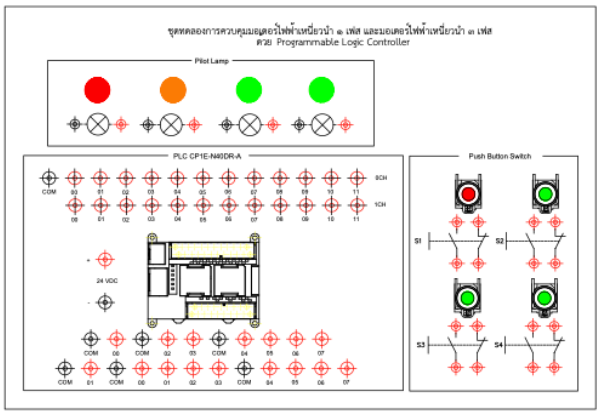
กำหนดอินพุต-เอาต์พุต

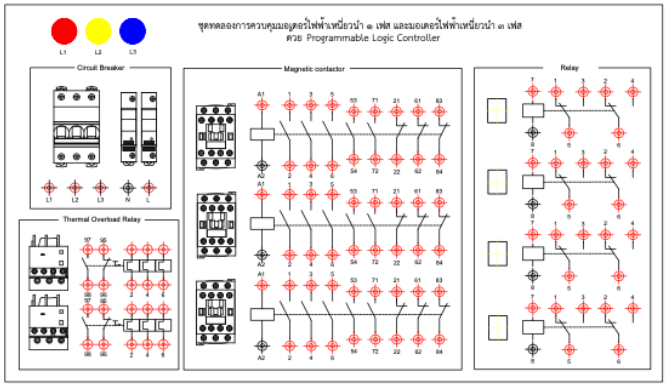
ตำแหน่ง	ความหมาย
I0.00	
I0.01	
I0.02	
I0.03	
Q100.00	
Q100.01	

Ladder Diagram

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 13
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส	หน้าที่ 5/7

จากรูปอุปกรณ์ให้นักเรียนนำวงจรจาก Ladder Diagram เขียนลงในแบบร่างแผงฝึก





สรุปการทดลอง

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 13
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส	หน้าที่ 6/7

แบบฝึกหัด การประยุกต์ใช้ในการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสสามารถทำได้โดย
   - ก. สลับขั้วสายไฟเข้า R และ S
   - ข. สลับขั้วสายของขดลวดสตาร์ท
   - ค. เพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น
   - ง. ใช้ไทเมอร์ควบคุม
2. คอมโพเนนต์ใดที่ใช้ควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์ 1 เฟสในวงจรที่ใช้ PLC Omron
   - ก. รีเลย์ (Relay)
   - ข. คอนแทคเตอร์ (Contactor)
   - ค. ฟิวส์ (Fuse)
   - ง. รีซีสเตอร์ (Resistor)
3. ใน PLC Omron อินพุตของปุ่มกดเดินหน้า (Forward) และถอยหลัง (Reverse) มักต่อเข้าหน่วยความจำใด
   - ก. IO 0.00 และ IO 0.01
   - ข. D100 และ D101
   - ค. H200 และ H201
   - ง. W300 และ W301
4. เพื่อป้องกันไม่ให้มอเตอร์กลับทางหมุนกะทันหัน ควรใช้ฟังก์ชันใดใน PLC
   - ก. Timer (T)
   - ข. Counter (C)
   - ค. Comparator (CMP)
   - ง. Data Register (D)
5. การต่อสายของคอนแทกเตอร์เพื่อกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ต้องทำอย่างไร
   - ก. ใช้คอนแทกเตอร์ตัวเดียวและสลับสายไฟ
   - ข. ใช้ไทเมอร์หน่วงเวลาแทนคอนแทกเตอร์
   - ค. ใช้รีเลย์เพียงตัวเดียวเพื่อควบคุมการกลับทาง
   - ง. ใช้คอนแทกเตอร์สองตัวเพื่อสลับขดลวดสตาร์ท

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 13
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส	หน้าที่ 7/7

6. คอยล์ของคอนแทกเตอร์ที่ใช้ควบคุมการเดินหน้าและถอยหลังของมอเตอร์ไฟฟ้า ควรอยู่ในหน่วยความจำใดของ PLC Omron

ก. IO 100.00 และ IO 100.01

ข. D200 และ D201

ค. H300 และ H301

ง. W400 และ W401

7. ถ้าไม่มีการล็อกกันของคอนแทคเตอร์ (Interlocking) จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อกดปุ่มเดินหน้าและถอยหลังพร้อมกัน

ก. มอเตอร์หยุดทำงาน

ข. มอเตอร์หมุนช้า

ค. มอเตอร์ไหม้เนื่องจากการลัดวงจร

ง. ไม่มีผลกระทบต่อการทำงาน

8. ในการเขียนโปรแกรม PLC Omron เพื่อควบคุมมอเตอร์ให้เดินหน้าและถอยหลัง ควรใช้เงื่อนไขอะไรเพื่อป้องกันการสั่งงานพร้อมกัน

ก. ใช้ไทเมอร์หน่วงเวลา

ข. ใช้การซีลคอนแทค (Seal-in Contact)

ค. ใช้เงื่อนไข Interlock ระหว่าง Forward และ Reverse

ง. ใช้รีเลย์ช่วยเสริม

9. หากต้องการให้มอเตอร์หมุนเดินหน้าหลังจากกดปุ่ม START และหยุดเมื่อกด STOP ควรใช้หลักการอะไร

ก. หน่วงเวลาเปิด-ปิด

ข. Counter

ค. รีเลย์ช่วย

ง. ซีลคอนแทค (Seal-in Contact)

10. คอนแทคเตอร์ที่ใช้ในการกลับทางหมุนของมอเตอร์ 1 เฟส ต้องมีเงื่อนไขพิเศษใด

ก. ต้องสามารถรองรับแรงดันสูง

ข. ต้องมีขนาดเล็กพอที่จะติดตั้งในตู้ควบคุม

ค. ต้องมีหน้าสัมผัสทางไฟฟ้าที่สามารถกลับทางขดลวดสตาร์ทได้

ง. ต้องมีวงจรป้องกันไฟตก

ใบประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง

เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส

ชื่อ – สกุล .....เลขประจำตัว .....

สาขาวิชา ..... ชั้นปีที่ ..... กลุ่ม .....

ลำดับที่	หัวข้อการประเมิน	ผลการปฏิบัติ				
		ดีมาก (5)	ดี (4)	พอใช้ (3)	ไม่ดี (2)	ต้องปรับปรุง (1)
1	การตรงต่อเวลา					
2	การแต่งกาย					
3	ความสนใจในการปฏิบัติการทดลอง					
4	การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือ					
5	ความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลอง					
6	ลำดับขั้นในการปฏิบัติการทดลอง					
7	การแก้ปัญหาในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง					
8	ความรู้ความสามารถในการปฏิบัติการทดลอง					
9	ความสะอาดเป็นระเบียบ					
10	การเก็บและทำความสะอาดหลังปฏิบัติการทดลอง					
รวมผลคะแนน						

ลงชื่อ.....อาจารย์ผู้สอน

(.....)

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 14
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 1/6

วัตถุประสงค์

1. อธิบายหลักหารทำงานการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรงโดยใช้ PLC
2. เตรียมชุดทดลอง เครื่องมือ อุปกรณ์ได้ถูกต้อง
3. ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรงได้ถูกต้อง
4. เขียนแลดเดอร์ไดอะแกรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรงได้อย่างถูกต้อง
5. ต่อวงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรงได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎี

วิธีการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง (Direct Start) โดยใช้คอนแทกเตอร์ ควบคุม ประกอบด้วยการทำงานของ 2 ส่วนคือ

1. วงจรกำลัง (Power Circuit) เป็นวงจรส่วนที่จ่ายกระแสไฟฟ้าฟ้าเข้ามอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อให้มอเตอร์หมุน ดังนั้นจึงมีกระแสจำนวนมากตามพิกัดกระแสของมอเตอร์แต่ละตัวไหลผ่าน วงจรส่วนนี้ประกอบไปด้วย เซอร์กิตเบรกเกอร์ คอนแทกเตอร์ และรีเลย์โหลดเกิน เป็นต้น
2. วงจรควบคุม (Control Circuit) เป็นวงจรควบคุมการทำงานของวงจรกำลังให้ทำงานตามความต้องการ วงจรส่วนนี้ประกอบด้วย เซอร์กิตเบรกเกอร์ ชุดหน้าคอนแทกเตอร์ของรีเลย์โหลดเกิน หลอดไฟ และสวิตช์ปุ่มกด เป็นต้น

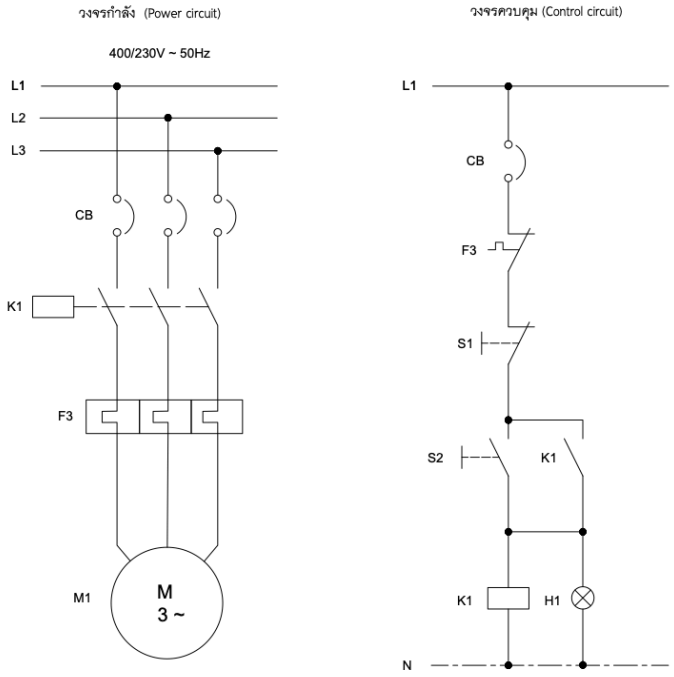
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกการโปรแกรมและการควบคุม จำนวน 1 ชุด
2. คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window 2003 ,XP ขึ้นไป จำนวน 1 เครื่อง
3. สาย USB เชื่อมต่อระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เส้น
4. สวิตช์ปุ่มกด 2 อัน
5. แมกเนติกคอนแทคเตอร์ 1 ตัว
6. โอเวอร์โหลดรีเลย์ 1 ตัว
7. Pilot lamp 1 หลอด
8. มอเตอร์ 3 เฟส 1 ตัว
9. สายต่อวงจร

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 14
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 2/6

ลำดับขั้นการทดลอง

1. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง
2. เขียน Ladder Diagram ลงในคอมพิวเตอร์ ตามภาพที่ 14.1 โดยมีเงื่อนไขดังนี้
   2.1 กดสวิตช์ S2 ให้มอเตอร์สตาร์ท
   2.2 กดสวิตช์ S1 หยุดการทำงานของมอเตอร์
   2.3 เมื่อโอเวอร์โหลดรีเลย์ทำงาน ให้มอเตอร์หยุดหมุน
3. เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC และทำการดาวน์โหลดโปรแกรมลงไปสู่ PLC ทดลองการ
4. ต่ออุปกรณ์เข้ากับอินพุต/เอาต์พุต
5. ทำงานของ Ladder Diagram สังเกตการณ์ทำงานของเอาต์พุต
6. สรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 14.1 วงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง

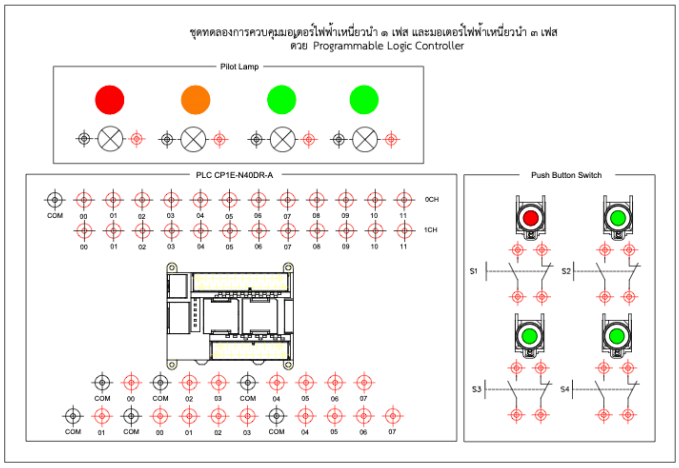
	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 14
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 3/6

กำหนดอินพุต-เอาต์พุต

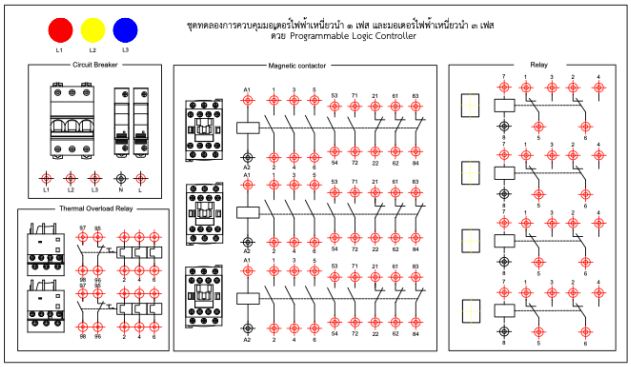
ตำแหน่ง	ความหมาย
I0.00	
I0.01	
I0.02	
Q100.00	
Q100.01	

Ladder Diagram

จากรูปอุปกรณ์ให้นักเรียนนำวงจรจาก Ladder Diagram เขียนลงในแบบร่างแผงฝึก



	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 14
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 4/6



สรุปการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 14
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 5/6

แบบฝึกหัด การประยุกต์ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. วงจรสตาร์ทตรง (Direct-On-Line, DOL) ใช้หลักการทำงานอย่างไร
   - ก. ใช้รีเลย์ลดกระแสก่อนป้อนเข้าสู่มอเตอร์
   - ข. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเต็มพิกัดให้มอเตอร์ทันที
   - ค. ใช้ตัวต้านทานลดกระแสก่อนจ่ายไฟให้มอเตอร์
   - ง. ใช้หม้อแปลงลดแรงดันก่อนป้อนเข้าสู่มอเตอร์
2. อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเปิด-ปิดของมอเตอร์ในระบบ DOL โดยใช้ PLC คือ
   - ก. รีเลย์ (Relay)
   - ข. คอนแทคเตอร์ (Contactor)
   - ค. ฟิวส์ (Fuse)
   - ง. ไทเมอร์ (Timer)
3. ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ด้วย PLC Omron ปุ่มกด START (NO) และ STOP (NC) มักถูกกำหนดที่อยู่หน่วยความจำใด
   - ก. IO 0.00 และ IO 0.01
   - ข. D100 และ D101
   - ค. H200 และ H201
   - ง. W300 และ W301
4. หน่วยความจำที่ใช้เก็บสถานะของเอาต์พุตคอยล์คอนแทคเตอร์ใน PLC Omron คือ
   - ก. IO 100.00
   - ข. D200
   - ค. H300
   - ง. W400
5. หากไม่มีการใช้ซีลคอนแทค (Seal-in Contact) ในโปรแกรม PLC จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อปล่อยปุ่มกด START
   - ก. มอเตอร์จะทำงานต่อไป
   - ข. มอเตอร์จะเดินช้าลง
   - ค. มอเตอร์จะหยุดทำงานทันที
   - ง. มอเตอร์จะเปลี่ยนทิศทางการหมุน

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 14
	เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	หน้าที่ 6/6

6. การป้องกันไม่ให้มอเตอร์ไฟฟ้าเดินหน้าและถอยหลังพร้อมกันในระบบควบคุมของ PLC เรียกว่าอะไร
   - ก. Interlocking
   - ข. Counter
   - ค. Timer
   - ง. Overload Protection
7. ฟังก์ชันใดของ PLC Omron ที่สามารถใช้ตั้งค่าหน่วงเวลาเพื่อให้มอเตอร์หยุดทำงานหลังจากสั่งปิด
   - ก. Counter (C)
   - ข. Data Register (D)
   - ค. Comparator (CMP)
   - ง. Timer (T)
8. คอนแทคเตอร์ในระบบควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส ควรมีคุณสมบัติใด
   - ก. รองรับแรงดันไฟฟ้าสูงเท่านั้น
   - ข. ใช้แทนรีเลย์ขนาดเล็กได้
   - ค. ควบคุมกระแสไฟฟ้าต่ำเพียงอย่างเดียว
   - ง. สามารถทนกระแสโหลดของมอเตอร์ได้
9. ถ้าต้องการให้มอเตอร์หยุดทำงานอัตโนมัติหลังจากเดินเครื่องไปแล้ว 10 วินาที ควรใช้ฟังก์ชันใดใน PLC
   - ก. Counter
   - ข. Comparator
   - ค. Timer
   - ง. Data Register
10. อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ที่ใช้ร่วมกับวงจร DOL เพื่อป้องกันกระแสเกินคือ
    - ก. ฟิวส์ (Fuse)
    - ข. ไทเมอร์ (Timer)
    - ค. รีเลย์ป้องกันโอเวอร์โหลด (Overload Relay)
    - ง. หม้อแปลง (Transformer)

ใบประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง

เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง

ชื่อ – สกุล .....เลขประจำตัว .....

สาขาวิชา ..... ชั้นปีที่ ..... กลุ่ม .....

ลำดับที่	หัวข้อการประเมิน	ผลการปฏิบัติ				
		ดีมาก (5)	ดี (4)	พอใช้ (3)	ไม่ดี (2)	ต้องปรับปรุง (1)
1	การตรงต่อเวลา					
2	การแต่งกาย					
3	ความสนใจในการปฏิบัติการทดลอง					
4	การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือ					
5	ความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลอง					
6	ลำดับขั้นในการปฏิบัติการทดลอง					
7	การแก้ปัญหาในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง					
8	ความรู้ความสามารถในการปฏิบัติการทดลอง					
9	ความสะอาดเป็นระเบียบ					
10	การเก็บและทำความสะอาดหลังปฏิบัติการทดลอง					
รวมผลคะแนน						

ลงชื่อ.....อาจารย์ผู้สอน

(.....)

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 15
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	หน้าที่ 1/6

วัตถุประสงค์

1. อธิบายหลักหารทำงานการกลับทางหหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging โดยใช้ PLC
2. เตรียมชุดทดลอง เครื่องมือ อุปกรณ์ได้ถูกต้อง
3. ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมการกลับทางหหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging ได้ถูกต้อง
4. เขียนแลดเดอร์ไดอะแกรมการกลับทางหหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging ได้อย่างถูกต้อง
5. ต่อวงจรการกลับทางหหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging ได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎี

วงจรการควบคุมมการกลับทางหหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging เป็นวงจรที่ควบคุมให้มอเตอร์ไฟฟ้ากเหนี่ยวนำ 3 เฟสกลับทิศทางขณะหมุนชั่วขณะ โดยใช้สวิตช์ปุ่มกด S2 และ S3 ทำงานเป็นแบบวงจรคู่ ใช้หน้าสัมผัสทั้งแบบปกติปิดและแบบปกติเปิดทั้งสองสวิตช์ปุ่มกด เมื่อกดสวิตช์ S2 แล้วทำให้คอนแทกเตอร์ K1 ทำงานต่อวงจรให้กับมอเตอร์หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และเมื่อกดสวิตช์ S3 จะทำให้คอนแทกเตอร์ K2 ทำงานต่อวงจรมอเตอร์จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา เมื่อกด S2 อีกครั้งทำให้คอนแทกเตอร์ K2 หยุดการทำงานทันที และ K1 กลับมาทำงานหมุนมอเตอร์ตามเข็มนาฬิกาอีกครั้ง

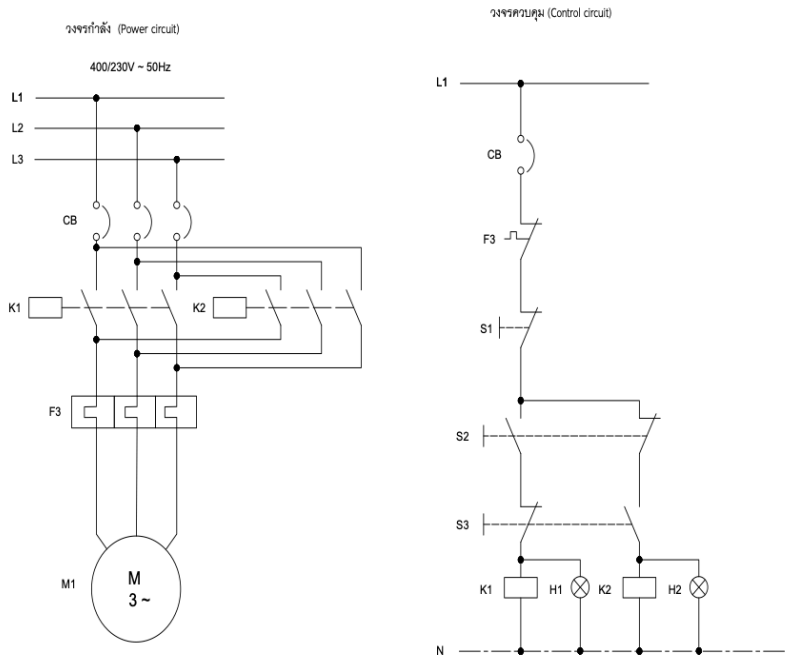
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกการโปรแกรมและการควบคุม จำนวน 1 ชุด
2. คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window 2003 ,XP ขึ้นไป จำนวน 1 เครื่อง
3. สาย USB เชื่อมต่อระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เส้น
4. สวิตช์ปุ่มกด 3 ตัว
5. แมกเนติกคอนแทคเตอร์ 2 ตัว
6. โอเวอร์โหลดรีเลย์ 1 ตัว
7. Pilot lamp 2 หลอด
8. มอเตอร์ 3 เฟส 1 ตัว
9. สายต่อวงจร

ลำดับขั้นการทดลอง

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 15
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	หน้าที่ 2/6

1. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง
2. เขียน Ladder Diagram ลงในคอมพิวเตอร์ ตามภาพที่ 15.1 โดยมีเงื่อนไขดังนี้
   2.1 กดสวิตช์ S2 ให้มอเตอร์สตาร์ทตามเข็มนาฬิกา
   2.2 กดสวิตช์ S1 หยุดการทำงานของมอเตอร์
   2.1 กดสวิตช์ S3 ให้มอเตอร์สตาร์mทวนเข็มนาฬิกา
   2.2 เมื่อโอเวอร์โหลดรีเลย์ทำงาน ให้มอเตอร์หยุดหมุน
   2.3 จะกลับทางหมุนของมอเตอร์ได้จะต้องมีการหยุดการทำงาน
3. เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC และทำการดาวน์โหลดโปรแกรมลงไปสู่ PLC ทดลองการ
4. ต่ออุปกรณ์เข้ากับอินพุต/เอาต์พุต
5. ทำงานของ Ladder Diagram สังเกตการณ์ทำงานของเอาต์พุต
6. สรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 15.1 การกลับทางหหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 15
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	หน้าที่ 3/6

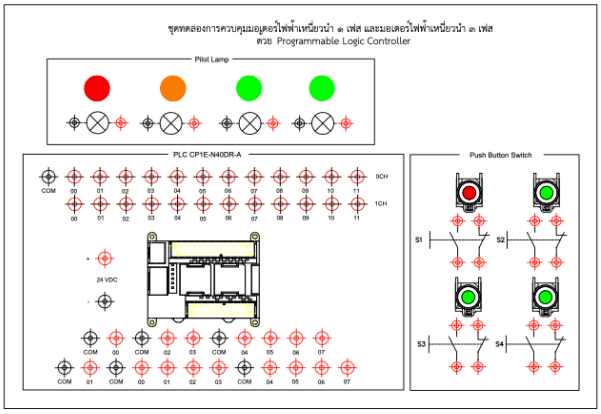
กำหนดอินพุต-เอาต์พุต

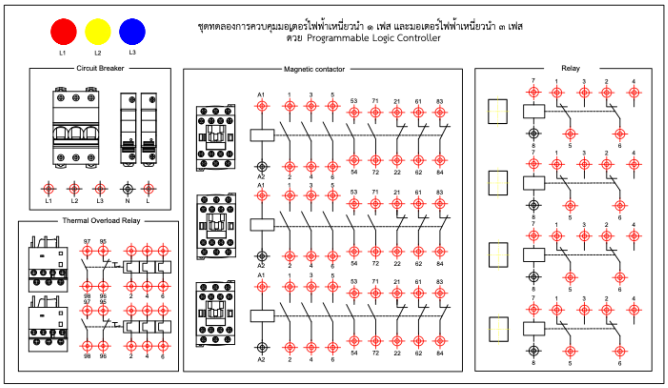
ตำแหน่ง	ความหมาย
I0.00	
I0.01	
I0.02	
I0.03	
Q100.00	
Q100.01	

Ladder Diagram

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 15
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	หน้าที่ 4/6

จากรูปอุปกรณ์ให้นักเรียนนำวงจรจาก Ladder Diagram เขียนลงในแบบร่างแผงฝึก





สรุปการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 15
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	หน้าที่ 5/6

แบบฝึกหัด การประยุกต์ใช้ในการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การควบคุมมอเตอร์แบบ Jogging หมายถึงอะไร
   - ก. การเดินมอเตอร์ด้วยความเร็วสูงสุด
   - ข. การเดินมอเตอร์แบบหยุด-เดินสั้น ๆ ตามการกดปุ่ม
   - ค. การเปลี่ยนทิศทางการหมุนอัตโนมัติ
   - ง. การเดินมอเตอร์แบบหน่วงเวลาก่อนสตาร์ท
2. การกลับทางหมุนของมอเตอร์ 3 เฟสในระบบ Jogging ต้องอาศัยหลักการใด
   - ก. การสลับสายไฟเข้า R และ S
   - ข. การใช้ไทเมอร์หน่วงเวลา
   - ค. การลดแรงดันไฟฟ้า
   - ง. การใช้คอนแทคเตอร์ 2 ตัวเพื่อสลับเฟส
3. ใน PLC Omron ปุ่มกดสำหรับ Jogging มักใช้หน่วยความจำใด
   - ก. IO 0.00 และ IO 0.01
   - ข. D100 และ D101
   - ค. H200 และ H201
   - ง. W300 และ W301
4. คอยล์ของคอนแทคเตอร์ที่ใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ใน Jogging ควรอยู่ในหน่วยความจำใดของ PLC Omron
   - ก. IO 100.00 และ IO 100.01
   - ข. D200 และ D201
   - ค. H300 และ H301
   - ง. W400 และ W401
5. การออกแบบวงจร Jogging ควรมีฟังก์ชันป้องกันใดเพื่อป้องกันไม่ให้มอเตอร์เสียหาย
   - ก. รีเลย์ช่วยเสริม
   - ข. Timer เท่านั้น
   - ค. Overload Relay และ Interlocking
   - ง. ฟิวส์แรงดันสูง

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 15
	เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	หน้าที่ 6/6

6. ฟังก์ชัน Interlocking ในการควบคุม Jogging มีหน้าที่อะไร
   ก. เพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้มอเตอร์
   ข. ป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง
   ค. ช่วยหน่วงเวลาการกลับทิศทาง
   ง. ป้องกันไม่ให้มอเตอร์เดินหน้าและถอยหลังพร้อมกัน
7. หากต้องการให้มอเตอร์กลับทางหมุนเมื่อกดปุ่ม Jogging เท่านั้น ควรใช้หลักการใด
   ก. ใช้ไทเมอร์หน่วงเวลา
   ข. ใช้ปุ่มกดแบบ NO (Normally Open)
   ค. ใช้ปุ่มกดแบบ NC (Normally Closed)
   ง. ใช้ Counter นับรอบการทำงาน
8. ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปข้างหน้าเมื่อกดปุ่ม Jog Forward และหยุดทันทีเมื่อปล่อยปุ่ม ควรใช้ฟังก์ชันใดใน PLC
   ก. ซีลคอนแทค (Seal-in Contact)
   ข. หน่วงเวลาเปิด (On-Delay Timer)
   ค. หน่วงเวลาปิด (Off-Delay Timer)
   ง. ควบคุมโดยตรงจากอินพุตปุ่มกด
9. ในการเขียนโปรแกรม PLC Omron เพื่อควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์แบบ Jogging ควรเพิ่มเงื่อนไขอะไร
   ก. ปุ่มกดต้องเป็นชนิดกดติดปล่อยดับ
   ข. ต้องใช้ไทเมอร์หน่วงทุกครั้งที่กดปุ่ม Jog
   ค. ต้องมีเงื่อนไข Interlock ระหว่าง Forward และ Reverse
   ง. ต้องใช้รีเลย์ช่วยในการซีลคอนแทค
10. หากต้องการให้มอเตอร์หมุนด้วยวิธี Jogging ในช่วงเวลาสั้น ๆ ตามที่กำหนด ควรใช้ฟังก์ชันใดใน PLC
   ก. Timer (T)
   ข. Counter (C)
   ค. Comparator (CMP)
   ง. Data Register (D)

ใบประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง

เรื่อง การกลับทางหหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging

ชื่อ – สกุล .....เลขประจำตัว .....

สาขาวิชา ..... ชั้นปีที่ ..... กลุ่ม .....

ลำดับที่	หัวข้อการประเมิน	ผลการปฏิบัติ				
		ดีมาก (5)	ดี (4)	พอใช้ (3)	ไม่ดี (2)	ต้องปรับปรุง (1)
1	การตรงต่อเวลา					
2	การแต่งกาย					
3	ความสนใจในการปฏิบัติการทดลอง					
4	การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือ					
5	ความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลอง					
6	ลำดับขั้นในการปฏิบัติการทดลอง					
7	การแก้ปัญหาในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง					
8	ความรู้ความสามารถในการปฏิบัติการทดลอง					
9	ความสะอาดเป็นระเบียบ					
10	การเก็บและทำความสะอาดหลังปฏิบัติการทดลอง					
รวมผลคะแนน						

ลงชื่อ.....อาจารย์ผู้สอน

(.....)

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 16
	เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	หน้าที่ 1/8

วัตถุประสงค์

1. อธิบายหลักหารทำงานการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual) โดยใช้ PLC
2. เตรียมชุดทดลอง เครื่องมือ อุปกรณ์ได้ถูกต้อง
3. ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)ได้ถูกต้อง
4. เขียนแลดเดอร์ไดอะแกรมการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual) ได้อย่างถูกต้อง
5. ต่อวงจรการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual) ได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎี

ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมาก มอเตอร์ที่นิยมใช้งานจะเป็นมอเตอร์แบบ 3 เฟส เป็นมอเตอร์ที่กินกระแสไฟตอนเริ่มสตาร์ทสูง อาจทำให้เกิดแรงดันไฟตก ไฟกระพริบ จึงต้องหาวิธีสตาร์ทที่ช่วยลดปัญหาเหล่านี้ลงให้ได้ เพื่อป้องกันอุปกรณ์หรือมอเตอร์เสียหาย จึงมีการคิดวิธีการสตาร์ทมอเตอร์แบบ Star-Delta ขึ้นมา วิธีสตาร์ทแบบ star-delta พัฒนามาจากการสตาร์ทแบบ DOL ที่จะกินกระแสไฟตอนสตาร์ทสูง ทำให้เกิดปัญหาแรงดันไฟตกบ่อย วิธีสตาร์ทแบบ star-delta นั้นเป็นวิธีที่นิยมใช้สตาร์ทมอเตอร์บ่อย เหมาะกับมอเตอร์ขนาดใหญ่ ที่มีพิกัดมากกว่า 7.5KW สามารถ ช่วยลดกระแสไฟและกระแสไฟกระชาก (Inrush current) ตอนเริ่มสตาร์ทได้ดี อีกทั้งยังไม่มีปัญหาเกี่ยวกับฮาร์โมนิกได้อีกด้วย นอกจากนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการสตาร์ทก็สามารถหาซื้อได้ง่ายอีกด้วย การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า เป็นวิธีที่ง่าย และสามารถลดกระแสขณะสตาร์ทได้ ซึ่งมอเตอร์ที่จะนำมาสตาร์ทแบบสตาร์-เดลต้าได้ ขดลวดสเตเตอร์จะถูกออกแบบให้ทำงานที่พิกัดขดลวดเป็นขดเฟสที่ต่อแบบเดลต้า เช่น มอเตอร์ชนิด 400 V (Delta)/690 V (Star) ในขณะทำการสตาร์ท ขดลวดมอเตอร์จะถูกต่อแบบสตาร์ ทำให้ค่าแรงดันตกคร่อมที่ขดลวดลดลงเหลือเพียง 57% เมื่อแรงดันตกคร่อมลดลง ส่งผลทำให้กระแสสตาร์ทจะลดลงและแรงบิดล็อกโรเตอร์ก็จะลดลงไปด้วยประมาณ 1 ใน 3 ของค่าที่ต่อแบบเดลต้า หลังจาก นั้นเมื่อความเร็วรอบมอเตอร์เข้าใกล้พิกัดก็จะต่อกลายเป็นแบบเดลต้าที่ระบบไฟฟ้า 400 V

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 16
	เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	หน้าที่ 2/8

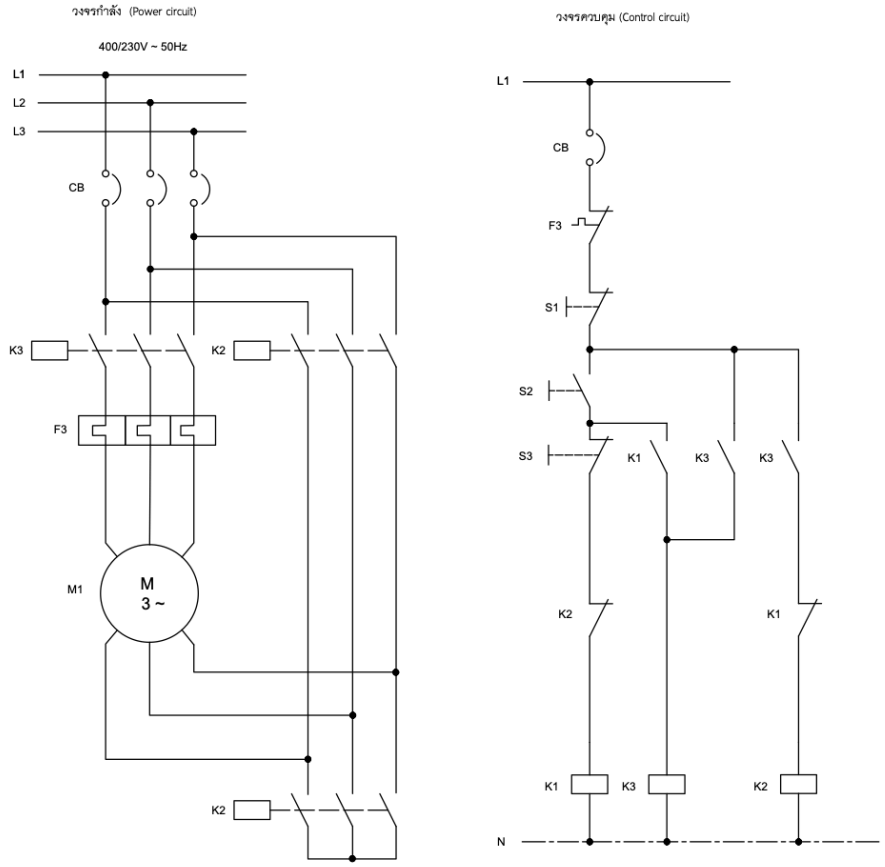
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกการโปรแกรมและการควบคุม จำนวน 1 ชุด
2. คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window 2003 ,XP ขึ้นไป จำนวน 1 เครื่อง
3. สาย USB เชื่อมต่อระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เส้น
4. สวิตช์ปุ่มกด 3 ตัว
5. แมกเนติกคอนแทคเตอร์ 3 ตัว
6. โอเวอร์โหลดรีเลย์ 2 ตัว
7. Pilot lamp 3 หลอด
8. มอเตอร์ 3 เฟส 1 ตัว
9. สายต่อวงจร

ลำดับขั้นการทดลอง

1. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง
2. เขียน Ladder Diagram ลงในคอมพิวเตอร์ ตามภาพที่ 16.1 โดยมีเงื่อนไขดังนี้
   - 2.1 กดสวิตช์ S2 ให้มอเตอร์สตาร์ท แบบ STAR
   - 2.2 กดสวิตช์ S3 มอเตอร์จะรันแบบ DELTA
   - 2.3 กดสวิตช์ S1 ให้มอเตอร์หยุดการทำงาน
   - 2.4 เมื่อโอเวอร์โหลดรีเลย์ทำงาน ให้มอเตอร์หยุดหมุน
   - 2.5 จะไม่สามารถกดสวิตช์ S3 ให้มอเตอร์จำงานได้หากไม่ได้กดสวิตช์ S2 ก่อน
3. เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC และทำการดาวน์โหลดโปรแกรมลงไปสู่ PLC ทดลองการ
4. ต่ออุปกรณ์เข้ากับอินพุต/เอาต์พุต
5. ทำงานของ Ladder Diagram สังเกตการณ์ทำงานของเอาต์พุต
6. สรุปผลการทดลอง

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 16
	เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	หน้าที่ 3/8



ภาพที่ 16.1 การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 16
	เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	หน้าที่ 4/8

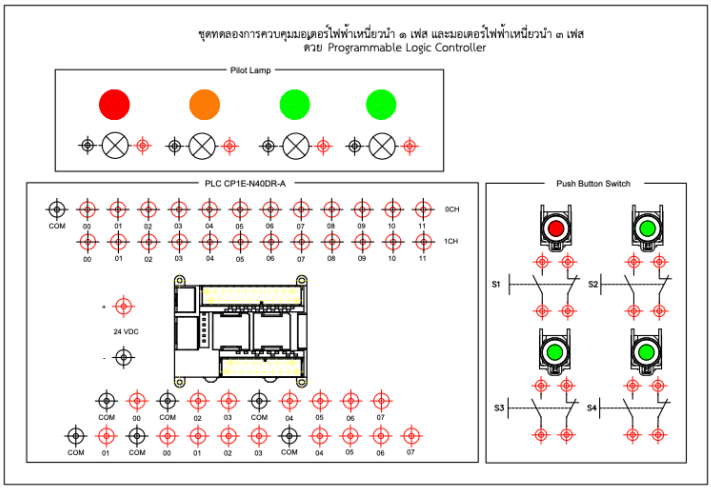
กำหนดอินพุต-เอาต์พุต

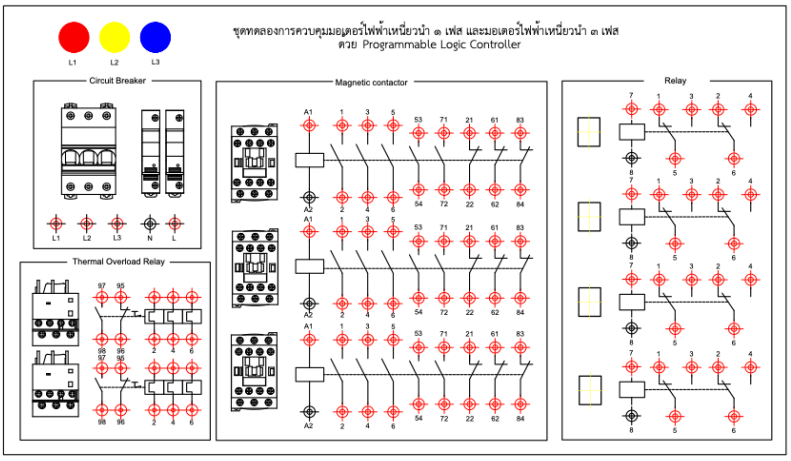
ตำแหน่ง	ความหมาย
I0.00	
I0.01	
I0.02	
I0.03	
Q100.00	
Q100.01	
Q100.03	

Ladder Diagram

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 16
	เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	หน้าที่ 5/8

จากรูปอุปกรณ์ให้นักเรียนนำวงจรจาก Ladder Diagram เขียนลงในแบบร่างแผงฝึก





	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 16
	เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	หน้าที่ 6/8

จงออกแบบวงจรการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA โดยมีการต้องเวลา 30 วินาที
กำหนดอินพุต-เอาต์พุต

Ladder Diagram

สรุปการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 16
	เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	หน้าที่ 7/8

แบบฝึกหัด การประยุกต์ใช้ในการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. จุดประสงค์หลักของการสตาร์ทมอเตอร์แบบ Star-Delta คืออะไร
   - ก. ลดกระแสขณะสตาร์ท
   - ข. เพิ่มแรงดันขณะสตาร์ท
   - ค. ทำให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้น
   - ง. ลดความร้อนในมอเตอร์
2. ในการสตาร์ทมอเตอร์แบบ Star-Delta มอเตอร์จะเริ่มต้นการทำงานในโหมดใดก่อน
   - ก. Delta
   - ข. Star
   - ค. Direct-On-Line (DOL)
   - ง. Jogging
3. การเปลี่ยนจาก Star เป็น Delta ควรเกิดขึ้นเมื่อ
   - ก. มอเตอร์เริ่มทำงาน
   - ข. มอเตอร์ถึงความเร็วที่เหมาะสม
   - ค. มอเตอร์หมุนช้าเกินไป
   - ง. กระแสโหลดของมอเตอร์ลดลงต่ำสุด
4. ในการควบคุม Star-Delta โดยใช้ PLC Omron หน่วยความจำที่มักใช้สำหรับปุ่มกด START และ STOP คือ
   - ก. IO 0.00 และ IO 0.01
   - ข. D100 และ D101
   - ค. H200 และ H201
   - ง. W300 และ W301
5. อุปกรณ์หลักที่ใช้ควบคุมการเปลี่ยนโหมด Star-Delta ในวงจรควบคุมมอเตอร์คือ
   - ก. หม้อแปลงลดแรงดัน (Transformer)
   - ข. รีเลย์ช่วย (Auxiliary Relay)
   - ค. ตัวต้านทานลดกระแส (Resistor)
   - ง. คอนแทคเตอร์ (Contactor)

	วิชา การโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้า	ใบงานที่ 16
	เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)	หน้าที่ 8/8

6. ข้อใดคือจำนวนคอนแทคเตอร์ที่ใช้ในวงจร Star-Delta
   - ก. 1 ตัว
   - ข. 2 ตัว
   - ค. 3 ตัว
   - ง. 4 ตัว

7. ฟังก์ชัน PLC Omron ใดที่ใช้หน่วงเวลาก่อนเปลี่ยนจาก Star เป็น Delta
   - ก. Counter (C)
   - ข. Comparator (CMP)
   - ค. Timer (T)
   - ง. Data Register (D)

8. เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น มักมีฟังก์ชันป้องกันใดในวงจร Star-Delta
   - ก. ไทเมอร์หน่วงเวลาปิด
   - ข. การซีลคอนแทค (Seal-in Contact)
   - ค. รีเลย์ช่วย (Auxiliary Relay)
   - ง. Interlocking ระหว่าง Star และ Delta

9. หากมีการสลับลำดับเฟสผิดในมอเตอร์ 3 เฟส จะเกิดอะไรขึ้น
   - ก. มอเตอร์จะไม่หมุน
   - ข. มอเตอร์จะหมุนกลับทาง
   - ค. มอเตอร์จะทำงานช้าลง
   - ง. กระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นผิดปกติ

10. ถ้าต้องการให้มอเตอร์ทำงานในโหมด Star เป็นเวลา 5 วินาทีก่อนเปลี่ยนเป็น Delta ควรตั้งค่าฟังก์ชัน Timer อย่างไร
    - ก. ตั้งค่าหน่วงเวลา 5 วินาที
    - ข. ตั้งค่าหน่วงเวลา 10 วินาที
    - ค. ใช้ Counter นับรอบแทน
    - ง. ใช้ Comparator คำนวณเวลา

ใบประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง

เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)

ชื่อ – สกุล .....เลขประจำตัว .....

สาขาวิชา ..... ชั้นปีที่ ..... กลุ่ม .....

ลำดับที่	หัวข้อการประเมิน	ผลการปฏิบัติ				
		ดีมาก (5)	ดี (4)	พอใช้ (3)	ไม่ดี (2)	ต้องปรับปรุง (1)
1	การตรงต่อเวลา					
2	การแต่งกาย					
3	ความสนใจในการปฏิบัติการทดลอง					
4	การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือ					
5	ความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลอง					
6	ลำดับขั้นในการปฏิบัติการทดลอง					
7	การแก้ปัญหาในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง					
8	ความรู้ความสามารถในการปฏิบัติการทดลอง					
9	ความสะอาดเป็นระเบียบ					
10	การเก็บและทำความสะอาดหลังปฏิบัติการทดลอง					
รวมผลคะแนน						

ลงชื่อ.....อาจารย์ผู้สอน

(.....)

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ภาคผนวก ข

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller

1. **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี ขุนไชย**

   คุณวุฒิ : ปร.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

   ตำแหน่ง : ประธานหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาหุ่นยนต์อุตสาหกรรมและระบบอัตโนมัติ

   สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมศรีสงคราม มหาวิทยาลัยนครพรม

2. **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา สารสุข**

   คุณวุฒิ : ปร.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

   ตำแหน่ง : อาจารย์ประจำบัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

   สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยนครพรม

3. **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาคิรา สนธิธรรม**

   คุณวุฒิ : ปร.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

   ตำแหน่ง : ประธานหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้าอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าอุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

   สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

4. **ผู้ช่วยศาสตราจารย์สถาพร สิทธิวงค์**

   คุณวุฒิ : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ไฟฟ้า)) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

   ตำแหน่ง : อาจารย์ประจำวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

   สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าพระนครเหนือ

5. **นายสุรศักดิ์ สวัสดิ์รักษ์กุล**

   คุณวุฒิ : ปร.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

   ตำแหน่ง : ผู้อำนวยการกองบริหารการจำหน่าย

   สถานที่ทำงาน : การไฟฟ้านครหลวง เขตบางขุนเทียน

ที่ อว 7104.2/258

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดทดลองที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน
อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ด้วย นายธเนศ ชาลีนพ รหัสประจำตัว 66-020258-5613-3 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller วิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

ภานี น้อยยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร: 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

ภาคผนวก ค

- แบบประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller
- แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางด้านความรู้
- แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller

แบบประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller

แบบประเมินนี้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับ ความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ของนายธเนศ ชาลีนพ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบประเมินผลนี้แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านใบปฏิบัติงานและด้านชุดทดลองกรุณาทำเครื่องหมายถูก (☑) ลงในช่องตรงกับความคิดเห็นของท่าน หากมีข้อแนะนำแก้ไขกรุณาเติมข้อความลงในข้อเสนอแนะอื่นๆ

2. การแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินเกี่ยวกับชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller ซึ่งประกอบด้วยส่วนของคำถามและมาตราส่วนประมาณค่า โปรดทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยแบ่งค่าออกเป็น 5 ระดับด้วยกันดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมในระดับพอใช้

1 หมายถึง เหมาะสมในระดับควรปรับปรุง

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller

ข้อมูลส่วนตัวของผู้ประเมิน

ชื่อ - นามสกุล.....ตำแหน่ง.....

สังกัด.....

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
	5	4	3	2	1
1.ด้านเนื้อหาชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller					
1.1 ความครบถ้วนของเนื้อหา					
1.2 ความถูกต้องทางวิชาการ					
1.3 ความสอดคล้องกับหลักสูตรการเรียนการสอน					
2. ด้านสมรรถนะของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller					
2.1 ใบปฏิบัติงานครอบคลุมวัตถุประสงค์การสอน					
2.2 ใบปฏิบัติงานมีคำแนะนำถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน					
2.3 ขั้นตอนการทดลองก่อให้เกิดการเรียนรู้					
2.4 คำอธิบายขั้นตอนการทดลองเข้าใจง่าย					
2.5 ง่ายต่อการบันทึกการทดลอง					

รายการประเมิน (ต่อ)	ระดับความเหมาะสม				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
	5	4	3	2	1
3. ด้านสมรรถนะใบงานชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller					
3.1 เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การสอน					
3.2 สอดคล้องกับใบปฏิบัติงาน					
3.3 ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้					
3.4 ช่วยเพิ่มทักษะการเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้งาน Programmable Logic Controller					
3.5 มีรูปร่างและขนาดที่เหมาะสม					
3.6 มีความปลอดภัยในการใช้งาน					
3.7 มีความสะดวกในการเชื่อมต่ออุปกรณ์การทดลอง					
3.8 ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างชุดทดลอง					
3.9 ความคุ้มค่าและประโยชน์ที่ได้รับ					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตารางที่ ค-1 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

รายการประเมิน		$\sum X$	N	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านเนื้อหาชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller						
1	ความครบถ้วนของเนื้อหา	24	5	4.8	0.45	มากที่สุด
2	ความถูกต้องทางวิชาการ	22	5	4.4	0.44	มาก
3	ความสอดคล้องกับหลักสูตรการเรียนการสอน	24	5	4.8	0.45	มากที่สุด
ความเหมาะสมด้านใบเนื้อหาในภาพรวม ($\bar{X}$=4.47, S.D.=0.23)						
ด้านสมรรถนะของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller						
1	ใบปฏิบัติงานครอบคลุมวัตถุประสงค์การสอน	22	5	4.4	0.89	มาก
2	ใบปฏิบัติงานมีคำแนะนำถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน	22	5	4.4	0.89	มาก
3	ขั้นตอนการทดลองก่อให้เกิดการเรียนรู้	23	5	4.6	0.55	มากที่สุด
4	คำอธิบายขั้นตอนการทดลองเข้าใจง่าย	23	5	4.6	0.55	มากที่สุด
5	ง่ายต่อการบันทึกการทดลอง	19	5	3.8	0.45	มาก
ความเหมาะสมด้านใบปฏิบัติงานในภาพรวม ($\bar{X}$=4.36, S.D.=0.33)						
ด้านสมรรถนะใบงานชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller						
1	เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การสอน	22	5	4.4	0.55	มาก
2	สอดคล้องกับใบปฏิบัติงานและใบความรู้	23	5	4.6	0.55	มากที่สุด
3	ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้	21	5	4.2	0.45	มาก
4	ช่วยเพิ่มทักษะการเรียนรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	23	5	4.6	0.55	มากที่สุด

5	มีรูปร่างและขนาดที่เหมาะสม	24	5	4.8	0.45	มากที่สุด

รายการประเมิน		$\sum X$	N	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
6	มีความปลอดภัยในการใช้งาน	24	5	4.8	0.45	มากที่สุด
7	มีความสะดวกในการเชื่อมต่ออุปกรณ์การทดลอง	25	5	5	0	มากที่สุด
8	ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างชุดทดลอง	23	5	4.6	0.55	มากที่สุด
9	ความคุ้มค่าและประโยชน์ที่ได้รับ	23	5	4.6	0.55	มากที่สุด
ความเหมาะสมด้านชุดทดลองในภาพรวม ($\bar{X}$=4.64, S.D.=0.24)						
ความเหมาะในภาพรวมทั้ง 3 ด้าน ($\bar{X}$=4.56, S.D.=0.28)						

แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางด้านความรู้

(หลังเรียน)

เรื่อง ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller โดยผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง : แบบประเมินความตรง (IOC) ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางด้านความรู้เรื่อง ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller โดยผู้เชี่ยวชาญ จัดทำเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยขอความกรุณาท่านผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อแบบวัด ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่มีระดับความเห็นของท่านว่าข้อความมีความสอดคล้องหรือถูกต้องเพียงใด

เรื่องการประยุกต์ Programmable Logic Controllerในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ข้อ	แบบทดสอบ/คำถาม	ระดับการวัด	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
1	อุปกรณ์ใดทำหน้าที่เปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้มอเตอร์ในระบบที่ใช้ PLC ก. รีเลย์ (Relay) ข. คอนแทคเตอร์ (Contactor) ค. ฟิวส์ (Fuse) ง. ไทเมอร์ (Timer)	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				

ข้อ	แบบทดสอบ/คำถาม	ระดับการวัด	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
2	. หน่วยความจำที่ใช้เก็บค่าของอินพุต (Input) ใน PLC Omron คือที่อยู่ใด ก. IO 0.00 ข. D100 ค. W200 ง. H100	เข้าใจ	ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมได้อย่างถูกต้อง				
3	การใช้ปุ่มกด START (NO) และ STOP (NC) เพื่อควบคุมมอเตอร์ใน PLC Omron ควรต่อวงจรแบบใด ก. ต่อ START แบบปกติ และ STOP แบบปกติ ข. ต่อ START แบบปกติ และ STOP แบบปิดเมื่อกด ค. ต่อ START แบบปิดเมื่อกด และ STOP แบบปกติ ง. ต่อ START และ STOP แบบปิดเมื่อกดทั้งคู่	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
4	PLC Omron รุ่นใดเหมาะสำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟสในงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ก. CP1E ข. CJ2M ค. NX1P	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				

	ง. SYSMAC						
ข้อ	**แบบทดสอบ/คำถาม**	**ระดับการวัด**	**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**	**ความคิดเห็น**			**ข้อเสนอแนะ**
				+1	**0**	**-1**	
5	ถ้าต้องการให้มอเตอร์หยุดทำงานโดยอัตโนมัติหลังจากเดินเครื่องไปแล้ว 10 วินาที ควรใช้ฟังก์ชันใดใน PLC ก. Counter ข. Data Register ค. Comparator ง. Timer	เข้าใจ	ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมได้อย่างถูกต้อง				
6	หากต้องการให้ PLC Omron ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส โดยกดปุ่ม START เพียงครั้งเดียวแล้วมอเตอร์ทำงานต่อเนื่อง ควรใช้หลักการใด ก. หน่วงเวลาเปิด-ปิด (Delay Start & Stop) ข. การหน่วงเวลาแบบ OFF-Delay ค. การซีลคอนแทค (Seal-in Contact) ง. การใช้รีเลย์ช่วย (Auxiliary Relay)	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
7	การกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสสามารถทำได้โดย ก. สลับขั้วสายไฟเข้า R และ S	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า				

	ข. สลับขั้วสายของขดลวดสตาร์ท ค. เพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น ง. ใช้ไทเมอร์ควบคุม		เหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
8	คอมโพเนนต์ใดที่ใช้ควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์ 1 เฟสในวงจรที่ใช้ PLC Omron ก. รีเลย์ (Relay) ข. คอนแทคเตอร์ (Contactor) ค. ฟิวส์ (Fuse) ง. รีซีสเตอร์ (Resistor)	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
9	ใน PLC Omron อินพุตของปุ่มกดเดินหน้า (Forward) และถอยหลัง (Reverse) มักต่อเข้าหน่วยความจำใด ก. IO 0.00 และ IO 0.01 ข. D100 และ D101 ค. H200 และ H201 ง. W300 และ W301	เข้าใจ	ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมได้อย่างถูกต้อง				
10	10. การต่อสายของคอนแทคเตอร์เพื่อกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ต้องทำอย่างไร ก. ใช้คอนแทคเตอร์ตัวเดียวและสลับสายไฟ ข. ใช้ไทเมอร์หน่วงเวลาแทนคอนแทคเตอร์ ค. ใช้รีเลย์เพียงตัวเดียวเพื่อควบคุมการกลับทาง	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				

	ง. ใช้คอนแทคเตอร์สองตัวเพื่อสลับขดลวดสตาร์ท						
11	11. ถ้าไม่มีการล็อกกันของคอนแทคเตอร์ (Interlocking) จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อกดปุ่มเดินหน้าและถอยหลังพร้อมกัน ก. มอเตอร์หยุดทำงาน ข. มอเตอร์หมุนช้า ค. มอเตอร์ไหม้เนื่องจากการลัดวงจร ง. ไม่มีผลกระทบต่อการทำงาน	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
12	วงจรสตาร์ทตรง (Direct-On-Line, DOL) ใช้หลักการทำงานอย่างไร ก. ใช้รีเลย์ลดกระแสก่อนป้อนเข้าสู่มอเตอร์ ข. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเต็มพิกัดให้มอเตอร์ทันที ค. ใช้ตัวต้านทานลดกระแสก่อนจ่ายไฟให้มอเตอร์ ง. ใช้หม้อแปลงลดแรงดันก่อนป้อนเข้าสู่มอเตอร์ จ.	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
13	อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเปิด-ปิดของมอเตอร์ในระบบ DOL โดยใช้ PLC คือ ก. รีเลย์ (Relay)	เข้าใจ	ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมได้อย่างถูกต้อง				

	ข. คอนแทคเตอร์ (Contactor) ค. ฟิวส์ (Fuse) ง. ไทเมอร์ (Timer)						
14	หน่วยความจำที่ใช้เก็บสถานะของเอาต์พุตคอยล์คอนแทคเตอร์ใน PLC Omron คือ ก. IO 100.00 ข. D200 ค. H300 ง. W400	เข้าใจ	ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมได้อย่างถูกต้อง				
15	หากไม่มีการใช้ซีลคอนแทค (Seal-in Contact) ในโปรแกรม PLC จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อปล่อยปุ่มกด START ก.มอเตอร์จะทำงานต่อไป ข.มอเตอร์จะเดินช้าลง ค.มอเตอร์จะหยุดทำงานทันที ง. มอเตอร์จะเปลี่ยนทิศทางการหมุน	เข้าใจ	ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมได้อย่างถูกต้อง				
16	คอนแทคเตอร์ในระบบควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส ควรมีคุณสมบัติใด ก. รองรับแรงดันไฟฟ้าสูงเท่านั้น ข. ใช้แทนรีเลย์ขนาดเล็กได้ ค. ควบคุมกระแสไฟฟ้าต่ำเพียงอย่างเดียว ง. สามารถทนกระแสโหลดของมอเตอร์ได้	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				

17	ถ้าต้องการให้มอเตอร์หยุดทำงานอัตโนมัติหลังจากเดินเครื่องไปแล้ว 10 วินาที ควรใช้ฟังก์ชันใดใน PLC ก. Counter ข. Comparator ค. Timer ง. Data Register	เข้าใจ	ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมได้อย่างถูกต้อง				
18	อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ที่ใช้ร่วมกับวงจร DOL เพื่อป้องกันกระแสเกินคือ ก. ฟิวส์ (Fuse) ข. ไทเมอร์ (Timer) ค. รีเลย์ป้องกันโอเวอร์โหลด (Overload Relay) ง. หม้อแปลง (Transformer)	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
19	การควบคุมมอเตอร์แบบ Jogging หมายถึงอะไร ก. การเดินมอเตอร์ด้วยความเร็วสูงสุด ข. การเดินมอเตอร์แบบหยุด-เดินสั้น ๆ ตามการกดปุ่ม ค. การเปลี่ยนทิศทางการหมุนอัตโนมัติ ง. การเดินมอเตอร์แบบหน่วงเวลาก่อนสตาร์ท	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				

20	การกลับทางหมุนของมอเตอร์ 3 เฟสในระบบ Jogging ต้องอาศัยหลักการใด ก. การสลับสายไฟเข้า R และ S ข. การใช้ไทเมอร์หน่วงเวลา ค. การลดแรงดันไฟฟ้า ง. การใช้คอนแทคเตอร์ 2 ตัวเพื่อสลับเฟส	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
21	ใน PLC Omron ปุ่มกดสำหรับ Jogging มักใช้หน่วยความจำใด ก. IO 0.00 และ IO 0.01 ข. D100 และ D101 ค. H200 และ H201 ง. W300 และ W301	เข้าใจ	ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมได้อย่างถูกต้อง				
22	คอยล์ของคอนแทคเตอร์ที่ใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ใน Jogging ควรอยู่ในหน่วยความจำใดของ PLC Omron ก. IO 100.00 และ IO 100.01 ข. D200 และ D201 ค. H300 และ H301 ง. W400 และ W401	เข้าใจ	ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมได้อย่างถูกต้อง				
23	การออกแบบวงจร Jogging ควรมีฟังก์ชันป้องกันใดเพื่อป้องกันไม่ให้มอเตอร์เสียหาย ก. รีเลย์ช่วยเสริม	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า				

	ข. Timer เท่านั้น ค. Overload Relay และ Interlocking ง. ฟิวส์แรงดันสูง		เหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
24	ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปข้างหน้าเมื่อกดปุ่ม Jog Forward และหยุดทันทีเมื่อปล่อยปุ่ม ควรใช้ฟังก์ชันใดใน PLC ก. ซีลคอนแทค (Seal-in Contact) ข. หน่วงเวลาเปิด (On-Delay Timer) ค. หน่วงเวลาปิด (Off-Delay Timer) ง. ควบคุมโดยตรงจากอินพุตปุ่มกด	เข้าใจ	ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมได้อย่างถูกต้อง				
25	จุดประสงค์หลักของการสตาร์ทมอเตอร์แบบ Star-Delta คืออะไร ก. ลดกระแสขณะสตาร์ท ข. เพิ่มแรงดันขณะสตาร์ท ค. ทำให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้น ง. ลดความร้อนในมอเตอร์	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
26	ในการสตาร์ทมอเตอร์แบบ Star-Delta มอเตอร์จะเริ่มต้นการทำงานในโหมดใดก่อน ก. Delta ข. Star	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า				

	ค. Direct-On-Line (DOL) ง. Jogging		เหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
27	การเปลี่ยนจาก Star เป็น Delta ควรเกิดขึ้นเมื่อ ก. มอเตอร์เริ่มทำงาน ข. มอเตอร์ถึงความเร็วที่เหมาะสม ค. มอเตอร์หมุนช้าเกินไป ง. กระแสโหลดของมอเตอร์ลดลงต่ำสุด	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
28	หากมีการสลับลำดับเฟสผิดในมอเตอร์ 3 เฟส จะเกิดอะไรขึ้น ก. มอเตอร์จะไม่หมุน ข. มอเตอร์จะหมุนกลับทาง ค. มอเตอร์จะทำงานช้าลง ง. กระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นผิดปกติ	ความรู้/ความจำ	อธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง				
29	ในการควบคุม Star-Delta โดยใช้ PLC Omron หน่วยความจำที่มักใช้สำหรับปุ่มกด START และ STOP คือ ก. IO 0.00 และ IO 0.01 ข. D100 และ D101 ค. H200 และ H201 ง. W300 และ W301	เข้าใจ	ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมได้อย่างถูกต้อง				
30	ถ้าต้องการให้มอเตอร์ทำงานในโหมด Star เป็นเวลา 5 วินาทีก่อนเปลี่ยนเป็น Delta ควรตั้งค่าฟังก์ชัน Timer อย่างไร	เข้าใจ	ออกแบบแลดเดอร์ไดอะแกรมได้อย่างถูกต้อง				

	ก. ตั้งค่าหน่วงเวลา 5 วินาที ข. ตั้งค่าหน่วงเวลา 10 วินาที ค. ใช้ Counter นับรอบแทน ง. ใช้ Comparator คำนวณเวลา						

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ผลวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบ
กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

การการวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดลอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมทำการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและข้อสอบ โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านทำการประเมิน ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ ค-2ตารางที่

ค-2 ผลวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์ข้อที่	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	3	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	4	1	1	1	0	0	0.6	ใช้ได้
	6	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	7	1	1	1	0	0	0.6	ใช้ได้
	8	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	10	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
	11	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	12	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	16	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
	18	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
	19	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	20	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	23	1	1	1	0	0	0.6	ใช้ได้
	25	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	26	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	27	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	28	1	1	1	0	0	0.6	ใช้ได้

วัตถุประสงค์ข้อที่	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5		
2	2	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	5	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	9	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	13	1	1	1	0	0	0.6	ใช้ได้
	14	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	15	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	17	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	21	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	22	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	24	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	29	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
	30	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้

ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สามารถนำไปใช้ได้

แบบประเมินความพึงพอใจ

แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller

<u>คำชี้แจง</u> แบบประเมินชุดนี้ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลผู้ตอบเบื้องต้น

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะต่าง ๆ

ตอนที่ 1 ข้อมูลผู้ตอบเบื้องต้น

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย (/) ลงในวงเล็บ หน้าข้อความที่ตรงกับความจริง

1. ระดับชั้นที่กำลังศึกษา
   - ( ) ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)
   - ( ) ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)
   - ( ) อื่น ๆ (โปรดระบุ).....
2. สาขาวิชาที่กำลังศึกษา
   - ( ) สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง
   - ( ) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
   - ( ) ผู้เรียนวิชาชีพระยะสั้น
   - ( ) อื่น ๆ (โปรดระบุ).....
3. อายุ
   - ( ) 15-18 ปี
   - ( ) 19-21 ปี
   - ( ) 22-25 ปี
   - ( ) 25 ปี ขึ้นไป

ตอนที่ 2 ความเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง โดยพิจารณาข้อความในแต่ละข้อและทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความพึงพอใจ

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

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน						
1	เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม					
2	ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการปฏิบัติ					
3	ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้วย PLC					
4	ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง					
5	ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้					
ด้านความเหมาะสมของเนื้อหา						
1	เนื้อหาของชุดฝึกปฏิบัติสามารถทำให้เข้าใจเรื่อง การประยุกต์ใช้ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า					
2	เนื้อหามีประโยชน์ต่อผู้เรียน และสามารถ					
3	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ของบทเรียน					
ด้านการออกแบบและคุณภาพชุดฝึก						
1	วัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างชุดฝึกมีความเหมาะสม					
2	ชุดฝึกมีขนาดที่เหมาะสมต่อการใช้งาน					
3	ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บ					
4	ชุดฝึกก่อให้เกิดทักษะพื้นฐานด้านการต่อการใช้งาน					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

ตารางที่ ค-3. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น					$\bar{X}$	SD
		5	4	3	2	1		
ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน								
1	เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	11	5	2			4.5	0.71
2	ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการปฏิบัติ	16	2				4.89	0.32
3	ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้วย PLC	14	3	1			4.72	0.57
4	ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง	13	4	1			4.67	0.59
5	ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้	15	1	2			4.72	0.63
ค่าเฉลี่ยด้านกิจกรรมการเรียนการสอน							4.7	0.14
ด้านความเหมาะสมของเนื้อหา								
1	เนื้อหาของชุดฝึกปฏิบัติสามารถทำให้เข้าใจเรื่อง การประยุกต์ใช้ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	15	3				4.83	0.38
2	เนื้อหามีประโยชน์ต่อผู้เรียน และสามารถ	12	3	3			4.5	0.79
3	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ของบทเรียน	14	2	2			4.67	0.69
ค่าเฉลี่ยด้านความเหมาะสมของเนื้อหา							4.67	0.17
ด้านการออกแบบและคุณภาพชุดฝึก								
1	วัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างชุดฝึกมีความเหมาะสม	16	2				4.89	0.32
2	ชุดฝึกมีขนาดที่เหมาะสมต่อการใช้งาน	14	3	1			4.72	0.57
3	ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บ	11	3	4			4.39	0.85
4	ชุดฝึกก่อให้เกิดทักษะพื้นฐานด้านการต่อการใช้งาน	16	2				4.89	0.32
ค่าเฉลี่ยด้านการออกแบบและคุณภาพชุดฝึก							4.72	0.24
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด							4.7	0.17

ภาคผนวก ง

- คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง
- คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส
- คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง
- คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging
- คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)
- คะแนนแบบประเมินทักษะการประยุกต์ใช้ PLC ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- คะแนนที่ได้จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางเรียน

ตารางที่ ง-1 คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง

คนที่	ใบปฏิบัติงาน การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง	ร้อยละ	คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง	ร้อยละ	รวม	ร้อยละ
1	38	76	7	70	45	75
2	40	80	8	80	48	80
3	39	78	8	80	47	78.33
4	45	90	9	90	54	90
5	39	78	7	70	46	76.67
6	42	84	9	90	51	85
7	43	86	9	90	52	86.67
8	40	80	8	80	48	80
9	44	88	8	80	52	86.67
10	44	88	9	90	53	88.33
11	43	86	9	90	52	86.67
12	40	80	9	90	49	81.67
13	42	84	9	90	51	85
14	40	80	8	80	48	80
15	43	86	10	100	53	88.33
16	42	84	9	90	51	85
17	39	78	7	70	46	76.67
18	38	76	7	70	45	75
รวม	741		150		891	
$\bar{X}$	**41.17**	**82.33**	**8.33**	**83.33**	**49.5**	**82.5**

จากตาราง ง-1 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ ใบปฏิบัติงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง ผู้เรียนทำคะแนนเฉลี่ยได้ 41.17 คิดเป็นร้อยละ 82.33 คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยวิธีสตาร์ทตรง ผู้เรียนทำคะแนนสอบเฉลี่ยได้ 8.33 คิดเป็นร้อยละ 83.33 รวมทั้งหมดคะแนนเฉลี่ยรวมที่ 49.50 คิดเป็นร้อยละ 82.50

ตารางที่ ง-2 คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส

คนที่	ใบปฏิบัติงาน การกลับทางหมุน มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำ 1 เฟส	ร้อยละ	คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุน มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส	ร้อยละ	รวม	ร้อยละ
1	37	74	7	70	44	73.33
2	42	84	8	80	50	83.33
3	40	80	8	80	48	80
4	43	86	9	90	52	86.67
5	46	92	9	90	55	91.67
6	46	92	9	90	55	91.67
7	40	80	7	70	47	78.33
8	42	84	8	80	50	83.33
9	38	76	7	70	45	75
10	39	78	7	70	46	76.67
11	42	84	8	80	50	83.33
12	41	82	9	90	50	83.33
13	41	82	9	90	50	83.33
14	44	88	9	90	53	88.33
15	44	88	8	80	52	86.67
16	43	86	8	80	51	85

คนที่	ใบปฏิบัติงาน การกลับทางหมุน มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำ 1 เฟส	ร้อยละ	คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุน มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส	ร้อยละ	รวม	ร้อยละ
17	40	80	7	70	47	78.33
18	38	76	7	70	45	75
รวม	746		144		890	
$\bar{X}$	41.44	82.89	8	80	49.44	82.41

จากตารางที่ ง-2 สามารถสรุปได้ดังนี้ ใบปฏิบัติงานการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ผู้เรียนทำคะแนนเฉลี่ยที่ 41.44 คิดเป็นร้อยละ 82.89 และคะแนนหลังเรียน ค่าเฉลี่ยที่ 8 คิดเป็นร้อยละ 80 รวมทั้งหมดค่าเฉลี่ยรวมที่ 49.44 คิดเป็นร้อยละ 82.41

ตารางที่ ง-3 คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง

คนที่	ใบปฏิบัติงานการ ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธี สตาร์ทตรง	ร้อยละ	คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธี สตาร์ทตรง	ร้อยละ	รวม	ร้อยละ
1	40	80	7	70	47	78.33
2	43	86	9	90	52	86.67
3	41	82	8	80	49	81.67
4	44	88	10	100	54	90
5	46	92	10	100	56	93.33
6	45	90	8	80	53	88.33
7	42	84	8	80	50	83.33
8	41	82	7	70	48	80
9	40	80	7	70	47	78.33
10	40	80	7	70	47	78.33
11	43	86	8	80	51	85
12	43	86	9	90	52	86.67

คนที่	ใบปฏิบัติงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	ร้อยละ	คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง	ร้อยละ	รวม	ร้อยละ
13	42	84	9	90	51	85
14	45	90	8	80	53	88.33
15	45	90	9	90	54	90
16	44	88	8	80	52	86.67
17	40	80	7	70	47	78.33
18	39	78	6	60	45	75
รวม	763		145		908	
$\bar{X}$	42.39	84.78	8.06	80.56	50.44	84.07

จากตารางที่ ง-3 สามารถสรุปได้ดังนี้ ใบปฏิบัติงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส วิธีสตาร์ทตรง ผู้เรียนทำคะแนนเฉลี่ยที่ 42.39 คิดเป็นร้อยละ 84.78 และคะแนนหลังเรียน ค่าเฉลี่ยที่ 8.06 คิดเป็นร้อยละ 80.56 รวมทั้งหมดค่าเฉลี่ยรวมที่ 50.44 คิดเป็นร้อยละ 84.07

ตารางที่ ง-4 คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging

คนที่	ใบปฏิบัติงานการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	ร้อยละ	คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	ร้อยละ	รวม	ร้อยละ
1	40	80	8	80	48	80
2	44	88	8	80	52	86.67
3	40	80	8	80	48	80
4	45	90	9	90	54	90
5	47	94	9	90	56	93.33
6	44	88	10	100	54	90
7	43	86	8	80	51	85

คนที่	ใบปฏิบัติงานการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	ร้อยละ	คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging	ร้อยละ	รวม	ร้อยละ
8	42	84	8	80	50	83.33
9	40	80	7	70	47	78.33
10	39	78	7	70	46	76.67
11	45	90	9	90	54	90
12	44	88	8	80	52	86.67
13	43	86	8	80	51	85
14	43	86	8	80	51	85
15	44	88	8	80	52	86.67
16	45	90	8	80	53	88.33
17	41	82	8	80	49	81.67
18	39	78	7	70	46	76.67
รวม	768		146		914	
$\bar{X}$	42.67	85.33	8.11	81.11	50.78	84.63

จากตารางที่ ง-4 สามารถสรุปได้ดังนี้ ใบปฏิบัติงานการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ Jogging ผู้เรียนทำคะแนนเฉลี่ยที่ 42.67 คิดเป็นร้อยละ 85.33 และคะแนนหลังเรียนค่าเฉลี่ยที่ 8.11 คิดเป็นร้อยละ 81.11 รวมทั้งหมดค่าเฉลี่ยรวมที่ 50.78 คิดเป็นร้อยละ 84.63

ตารางที่ ง-5 คะแนนใบปฏิบัติงานและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)

คนที่	**ใบปฏิบัติงานการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)**	**ร้อยละ**	**คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual)**	**ร้อยละ**	**รวม**	**ร้อยละ**
1	39	78	7	70	46	76.67
2	43	86	8	80	51	85
3	40	80	7	70	47	78.33
4	42	84	9	90	51	85
5	45	90	9	90	54	90
6	46	92	10	100	56	93.33
7	43	86	8	80	51	85
8	42	84	8	80	50	83.33
9	41	82	7	70	48	80
10	40	80	7	70	47	78.33
11	43	86	7	70	50	83.33
12	44	88	8	80	52	86.67
13	43	86	7	70	50	83.33
14	45	90	8	80	53	88.33
15	44	88	10	100	54	90
16	45	90	10	100	55	91.67
17	41	82	7	70	48	80
18	39	78	7	70	46	76.67
รวม	765		144		909	
$\bar{X}$	42.5	85	8	80	50.5	84.17

จากตารางที่ ง-5 สามารถสรุปได้ดังนี้ ใบปฏิบัติงานการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบ STAR-DELTA (manual) ผู้เรียนทำคะแนนเฉลี่ยที่ 42.5 คิดเป็นร้อยละ 85.00 และคะแนนหลังเรียน ค่าเฉลี่ยที่ 8.00 คิดเป็นร้อยละ 80.00 รวมทั้งหมดค่าเฉลี่ยรวมที่ 50.5 คิดเป็นร้อยละ 84.17

ตารางที่ ง-6 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

คนที่	**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน**	**ร้อยละ**
1	22	73.33
2	25	83.33
3	24	80
4	24	80
5	27	90
6	25	83.33
7	25	83.33
8	24	80
9	24	80
10	24	80
11	24	80
12	24	80
13	24	80
14	25	83.33
15	24	80
16	26	86.67
17	22	73.33
18	22	73.33
รวม	435	
$\bar{X}$	**24.17**	**80.554**

จากตาราง ง-6 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน คะแนนเฉลี่ยได้ 24.17 คิดเป็นร้อยละ 80.554

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายธเนศ ชาลีนพ

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย Programmable Logic Controller วิชาการโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ประวัติ เกิดวันที่ 1 ตุลาคม 2537

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 20 ม.12 ต.ลำตาเสา อ.วังน้อย จ.พระนครศรีอยุธยา 13170

Email : thanet.ch@bunharnpoly.ac.th

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปีการศึกษา 2561

ประวัติการทำงาน : 2565 – ปัจจุบัน บรรจุข้าราชการครู แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างบรรหาร-แจ่มใส สุพรรณบุรี