



ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์
Electric motor control experiment set by Programmable Logic
Controller

ฤทัย ประทุมทอง Ruthai Prathoomthong
อรุณ สุขแก้ว Arun Sukkaew

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2563

ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์
Electric motor control experiment set by Programmable Logic
Controller

ฤทัย ประทุมทอง Ruthai Prathoomthong
อรุณ สุขแก้ว Arun Sukkaew

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2563

ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ฤทัย ประทุมทอง¹ และอรุณ สุขแก้ว¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยมีสมมติฐานของการวิจัย คือ ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์มีคุณภาพจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับดีขึ้นไป(ค่าเฉลี่ย มากกว่า 3.50) และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดด้านความรู้ 80/80 และ ด้านทักษะ 70/70 วิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างชุดการสอน ซึ่งประกอบด้วย คู่มือครู คู่มือนักศึกษา ชุดทดลอง ที่ จากนั้นเป็นการประเมินคุณภาพของชุดการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา อุปกรณ์กลไฟฟ้า หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2558 สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จำนวน 25 คน

ผลการวิจัยพบว่า การประเมินคุณภาพของชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญ ชุดทดลองมีคุณภาพด้านโครงสร้างในอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.26 SD = 0.52) และชุดฝึกอบรมมีคุณภาพด้านการใช้งานในอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.36 SD = 0.67) ชุดทดลองมีประสิทธิภาพด้านความรู้ 83.34/83.43 และมีประสิทธิภาพด้านทักษะ 77.97/79.71 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และนักศึกษามีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.29 SD = 0.52)

คำสำคัญ : ชุดทดลอง มอเตอร์ไฟฟ้า โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

¹อาจารย์สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.เมือง จ.สงขลา

Electric motor control experiment set by Programmable Logic Controller

Ruthai Prathoomthong¹ and Arun Sukkaew¹

ABSTRACT

This research aimed to construct and the efficiency of Electric motor control experiment set by Programmable Logic Controller. The hypothesis of this research were the experiment set was efficient at the level of 80/80 in terms of knowledge, and at the level of 70/70 in terms of skills. The constructed experiment set consisted of a teacher's handbook, a student's handbook, and experimental set. The sample group was 29 student registering in Electromechanical Devices subjects of Bachelor of Science in Technical Education Program in Mechatronics Engineering at Rajamangala University of Technology Srivijaya.

The results showed that the overall result of quality evaluation of the experiment set by the specialists was at high level (mean = 4.26 SD = 0.52) and were the experiment set was efficient at the level of 83.34/83.43 in terms of knowledge, and at the level of 77.97/79.71 in terms of skills, which was higher than expected. and The learner's satisfaction of this training package was in very good level.

Keywords : experiment set, Electric motor, Programmable Logic Controller

¹Department of Industrial Education, Faculty of Industrial Education and Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Muang, Songkhla.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2563 เป็นงานวิจัยสร้างความโดดเด่นและเป็นเลิศเฉพาะทางตามอัตลักษณ์เชิงพื้นที่

ขอขอบคุณคณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญที่สละเวลาตรวจชุดฝึกอบรมให้คำแนะนำต่างๆ ขอขอบใจ นายนิธิศ นุกิจรังสรรค์ นายชริวิทย์ ทองรัมย์ และนายสิทธิพล ประทุมมณี ที่ช่วยจัดทำชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ และขอบใจนักศึกษาศาสาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ทุกคนที่มีส่วนร่วมให้การทำวิจัยในครั้งนี้ประสบความสำเร็จ

ผู้จัดทำ

สิงหาคม 2563

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 สมมุติฐาน	2
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้	4
2.2 การฝึกทักษะการเรียนรู้	5
2.3 ทฤษฎีการสร้างใบงาน	11
2.4 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	12
2.5 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	17
2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	18
2.7 สัญลักษณ์ที่ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	27
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	30
3.1 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	30
3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	30
3.3 การดำเนินการทดลอง	34
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	35
บทที่ 4 ผลของการวิจัย	37
4.1 ผลการสร้างชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์	37
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	38
บทที่ 5 สรุปผล และอภิปรายผลการวิจัย	41
5.1 สรุปผลการวิจัย	41
5.2 อภิปรายผล	41
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	44

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านโครงสร้าง	38
ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านการใช้งาน	38
ตารางที่ 4-3 ค่าประสิทธิภาพชุดทดลองด้านความรู้	39
ตารางที่ 4-4 ค่าประสิทธิภาพชุดทดลองด้านความทักษะ	39
ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินค่าระดับความพึงพอใจของผู้เรียน	39

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2-1: สเตเตอร์	13
ภาพที่ 2-2: โรเตอร์แบบกรงกระรอกและแบบขดลวดพันรอบโรเตอร์	14
ภาพที่ 2-3: วงจรขดลวดของมอเตอร์ 2 ความเร็ว	15
ภาพที่ 2-4: วงจรกำลังแบบ Direct On Line	16
ภาพที่ 2-5: วงจรกำลังการสตาร์ทแบบ Star – Delta	17
ภาพที่ 2-6: แมกเนติกคอมแทคเตอร์	19
ภาพที่ 2-7: ลักษณะโครงสร้างภายในของแมกเนติกคอนแทคเตอร์	19
ภาพที่ 2-8: หน้าสัมผัสหลักและหน้าสัมผัสช่วย	20
ภาพที่ 2-9: รีเลย์ตั้งเวลา	20
ภาพที่ 2-10: โอเวอร์โวลตรีเลย์	21
ภาพที่ 2-11: ฟิวส์ (Fuse)	22
ภาพที่ 2-12: หลอดไฟสัญญาณ (Pilot Lamp)	22
ภาพที่ 2-13: สวิตช์ปุ่มกด (Pushbutton Switch)	23
ภาพที่ 2-14: PLC Xinje XC3-14R-C	23
ภาพที่ 2-15: Switching Power Supply	25
ภาพที่ 2-16: รีเลย์	25
ภาพที่ 2-17: วงจรการต่อใช้งานรีเลย์	26
ภาพที่ 3-1: ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	31
ภาพที่ 3-2: โครงสำหรับยึดอุปกรณ์	32
ภาพที่ 3-3: การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า	32
ภาพที่ 3-4: การติดตั้งสวิตช์ปุ่มกด หลอดไฟสัญญาณ และรีเลย์หน่วงเวลา	33
ภาพที่ 3-5: การติดตั้งใช้งานส่วนควบคุมด้วยพีแอลซี	33
ภาพที่ 3-6: การติดตั้งแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์และโอเวอร์โวลตรีเลย์	33
ภาพที่ 3-7: ชุดทดลองพร้อมใช้งาน	34
ภาพที่ 4-1: ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อัตลักษณ์ คือ ลักษณะเฉพาะที่เป็นตัวตนของสถานศึกษา หรือกลุ่มสถานศึกษา ที่สอดคล้องกับเจตนารมณ์ในการจัดตั้งสถานศึกษา หรือลักษณะโดดเด่นของสถานศึกษา โดยควรเน้นที่ การกำหนดภาพความสำเร็จในตัวผู้เรียน(อาจเป็นคุณลักษณะ หรือสมรรถนะ) ในการกำหนดอัตลักษณ์ สถานศึกษาควรทำการวิเคราะห์ความเป็นมาของสถานศึกษา เจตนารมณ์ในการจัดตั้ง หรือบริบทของสถานศึกษา แล้วกำหนดอัตลักษณ์หรือคุณสมบัติเฉพาะที่ผู้สำเร็จการศึกษาจะต้องมีก่อน สำเร็จการศึกษา ทั้งนี้ ควรมีการประชาสัมพันธ์ให้เห็นพ้องร่วมกันระหว่างผู้เกี่ยวข้องกลุ่มต่าง ๆ รวมทั้งจะต้องมีกิจกรรมการส่งเสริมหรือพัฒนาที่เป็นรูปธรรม และ มีการประเมินหรือตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ว่าผู้เรียนหรือผู้สำเร็จการศึกษา ได้มีคุณสมบัติหรือผ่านเกณฑ์แล้ว(สำนักการศึกษา กรุงเทพมหานคร) ซึ่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยได้กำหนดว่า “บัณฑิตนักปฏิบัติ” คืออัตลักษณ์ของ มทร.ศรีวิชัย

สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ได้เปิดทำการเรียนการสอนในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ เพื่อผลิตครูช่างทางด้านแมคคาทรอนิกส์และป้อนให้กับภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง วิชา อุปกรณ์กลไฟฟ้า (Electromechanical Devices) รหัสวิชา 14-211-209 เป็นหมวดวิชาเฉพาะกลุ่มวิชาชีพเลือกของหลักสูตรฯ ที่นักศึกษาจะต้องลงทะเบียนเรียน และเป็นวิชาที่ต้องเรียนทั้งในส่วนของทฤษฎีและปฏิบัติ จากการจัดการเรียนการสอนที่ผ่านมา วิชาอุปกรณ์กลไฟฟ้า ได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

1. ไม่มีชุดทดลองที่ทันต่อเทคโนโลยีปัจจุบัน
2. นักศึกษาขาดทักษะในการควบคุมมอเตอร์ด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น
3. ชุดทดลองมีราคาแพง

ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้เรียน พบว่า จากผลการจัดกิจกรรมการศึกษาดังกล่าว เมื่อนักศึกษาต้องออกไปฝึกงานยังสถานประกอบการ ส่วนใหญ่นักศึกษาต้องปฏิบัติเกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

ซึ่งวิวัฒนาการในการควบคุมมอเตอร์ได้ไปพัฒนาไปใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนใหญ่ แต่ที่ได้เรียนมานั้นเป็นการควบคุมแบบพื้นฐานที่ใช้ทั่วไปและไม่เหมาะกับการใช้ในงานอุตสาหกรรม

จากความเปนมมาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญถึง แนวทางและวิธีการแก้ไขปัญหาโดยการสร้างชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ วิชาอุปกรณ์กลไฟฟ้า เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าที่สูงขึ้น และเป็นบัณฑิตนักปฏิบัติอย่างแท้จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

1.3 สมมุติฐาน

1. ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์มีคุณภาพจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับดีขึ้นไป (ค่าเฉลี่ย มากกว่า 3.50)

2. ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดด้านความรู้ 80/80 และ ด้านทักษะ 70/70

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.4.1 ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย

1) คู่มือครูและคู่มือนักศึกษา

2) ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์แบบเคลื่อนที่ได้

1.4.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา อุปกรณ์กลไฟฟ้า หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน จำนวน 18 คนตามสภาพจริง

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.5.1 ชุดทดลอง หมายถึง ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

1.5.2 ประสิทธิภาพของชุดทดลอง หมายถึง คุณภาพของชุดการสอนวัดจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้น ตามเกณฑ์ที่กำหนดด้านความรู้ 80/80 ด้านทักษะ 75/75

1.5.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้สำหรับทดสอบนักศึกษาหลังจากการเรียนด้วยชุดการสอนครบทุกใบปฏิบัติงาน

1.5.4 คู่มือครู หมายถึง ชุดเอกสารที่ครูใช้ประกอบสำหรับการเรียนการสอน ประกอบด้วย ใบความรู้, ใบปฏิบัติงานพร้อมเฉลย และแบบประเมินผล

1.5.5 คู่มือนักศึกษา หมายถึง ชุดเอกสารที่ประกอบด้วย ใบความรู้, ใบปฏิบัติงาน และแบบประเมินผล

1.5.6 สื่อการสอน หมายถึง วัสดุ อุปกรณ์ ของจริง และวิธีการที่ใช้สื่อเป็นสื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งหรือถ่ายทอดความรู้ไปยังนักศึกษา

1.5.7 ใบปฏิบัติงาน หมายถึง เอกสารที่แสดงรายละเอียดของการปฏิบัติงานเป็นขั้นตอนของงานอาชีพ มีรายการเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ พร้อมทั้งคำแนะนำ วิธีการปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดความปลอดภัย

1.5.8 ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี และมีประสบการณ์การสอนหรือการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า อย่างน้อย 5 ปี

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ด้านความรู้ 80/80 และด้านทักษะ 75/75

1.6.2 นักศึกษาที่ผ่านการเรียนในรายวิชาอุปกรณ์กลไฟฟ้า เกิดทักษะในการลงมือปฏิบัติในด้านการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยPLC

1.6.3 พัฒนาทักษะพื้นฐานของระบบควบคุมมอเตอร์ด้วยพีแอลซี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ เพื่อหาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีลำดับหัวข้อและรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- 2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้
- 2.2 การฝึกทักษะการเรียนรู้
- 2.3 ทฤษฎีการสร้างใบงาน
- 2.4 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส
- 2.5 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- 2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- 2.7 สัญลักษณ์ที่ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้

การเรียนรู้ หมายถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากประสบการณ์ที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม หรือจากการฝึกหัดรวมทั้งการเปลี่ยนปริมาณความรู้ของผู้เรียน งานที่สำคัญของครูก็คือช่วยนักเรียนแต่ละคนให้เกิดการเรียนรู้ หรือมีความรู้และทักษะตามที่หลักสูตรได้วางไว้ ครูมีหน้าที่จัดการการณ์ในห้องเรียน เพื่อจะช่วยให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ของแต่ละบทเรียน นักจิตวิทยาได้พยายามทำการวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ของทั้งสัตว์และมนุษย์ และได้ค้นพบหลักการที่ใช้ประยุกต์ เพื่อการเรียนรู้ในโรงเรียนได้ ทฤษฎีของการเรียนรู้มีหลายทฤษฎีแต่จะขอนำมากกล่าวเพียง 3 ทฤษฎี คือ 1. ทฤษฎีการเรียนรู้พฤติกรรมนิยม 2. ทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญานิยม 3. ทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมเชิงพุทธิปัญญา 1. ทฤษฎีการเรียนรู้พฤติกรรมนิยม ความคิดพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้พฤติกรรมนิยม 1.พฤติกรรมทุกอย่างเกิดขึ้นโดยการเรียนรู้และสามารถจะสังเกตได้ 2.พฤติกรรมแต่ละชนิดเป็นผลรวมของการเรียนที่เป็นอิสระหลายอย่าง 3.แรงเสริม (Reinforcement) ช่วยทำให้พฤติกรรมเกิดขึ้นได้ นักจิตวิทยาได้แบ่งพฤติกรรมของมนุษย์ออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. พฤติกรรมเรสปอนเดนซ์ (Respondent Behavior) หมายถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นโดยสิ่งเร้าเมื่อมีสิ่งเร้าพฤติกรรมตอบสนองก็จะเกิดขึ้น ซึ่งสามารถจะสังเกตได้ ทฤษฎีที่อธิบายกระบวนการเรียนรู้ประเภทนี้ คือ ทฤษฎีการเรียนรู้การวางเงื่อนไขแบบคลาสสิก (Classical Conditioning Theory) 2. พฤติกรรมโอเปอเรนต์ (Operant Behavior) เป็นพฤติกรรมที่บุคคลหรือสัตว์แสดงพฤติกรรมตอบสนองออกมา โดยปราศจากสิ่งเร้าที่แน่นอน และพฤติกรรมนี้มีผลต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนทฤษฎีการเรียนรู้ที่ใช้อธิบาย Operant Behavior เรียกว่า ทฤษฎีการเรียนรู้การวางเงื่อนไขแบบการกระทำ (Operant Conditioning Theory) ซึ่งทฤษฎีนี้เน้นว่าต้องการให้ Operant Behavior คงอยู่ตลอดไป ตัวอย่างทฤษฎีในกลุ่มพฤติกรรมนิยม 1. ทฤษฎีการเรียนรู้การวาง

เงื่อนไขแบบคลาสสิก (Classical Conditioning Theory) หรือ แบบสิ่งเร้า ผู้ค้นพบการเรียนรู้ลักษณะนี้คือ อีวาน พาฟลอฟ (Ivan Pavlov, 1849 – 1936) นักสรีรวิทยาชาวรัสเซียที่มีชื่อเสียงมาก พาฟลอฟสนใจศึกษาเกี่ยวกับระบบย่อยอาหาร โดยได้ทำการทดลองกับสุนัข ระหว่างที่ทำการทดลอง พาฟลอฟสังเกตเห็นปรากฏการณ์บางอย่างคือ ในบางครั้งสุนัขน้ำลายไหลโดยที่ยังไม่ได้รับอาหารเพียงแคเห็น ผู้ทดลองที่เคยเป็นผู้ให้อาหารเดินเข้ามาในห้องนั้น สุนัขก็น้ำลายไหลแล้ว จากปรากฏการณ์ดังกล่าวจุดประกายให้พาฟลอฟคิดรูปแบบการทดลองเพื่อหาสาเหตุให้ได้ว่า เพราะอะไรสุนัขจึงน้ำลายไหลทั้งๆ ที่ยังไม่ได้รับอาหาร พาฟลอฟเริ่มการทดลองโดยเจาะต่อมน้ำลายของสุนัขและต่อสายรับน้ำลายไหลออกสู่ขวดแก้วสำหรับวัดปริมาณน้ำลาย จากนั้นพาฟลอฟก็เริ่มการทดลองโดยก่อนที่จะให้อาหารแก่สุนัขจะต้องสั่นกระดิ่งก่อน (สั่นกระดิ่งแล้วทิ้งไว้ประมาณ 0.25 – 0.50 วินาที) แล้วตามด้วยอาหาร (ผงเนื้อ) ทำอย่างนี้อยู่ 7 – 8 วัน จากนั้นให้เฉพาะแต่เสียงกระดิ่ง สุนัขก็ตอบสนองคือน้ำลายไหลปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า พฤติกรรมสุนัขถูกวางเงื่อนไขหรือเรียกว่าสุนัขเกิดการเรียนรู้

2.2 การฝึกพัฒนาทักษะการเรียนรู้

ปัจจุบันเรื่องของ “การคิด” และ “การสอนคิด” เป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่งในการจัดการศึกษาเพื่อให้ได้คุณภาพสูง ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกหันมาศึกษา และเน้นในเรื่องของการพัฒนาผู้เรียนให้เติบโตขึ้นอย่างมีคุณภาพในทุก ๆ ด้าน ทั้งทางด้านสติปัญญา คุณธรรมและการเป็นพลเมืองที่ดีของประเทศ การพัฒนาด้านสติปัญญา เป็น ด้านที่มักได้รับความเอาใจใส่สูงสุด เนื่องจากเป็นด้านที่เห็นผลเด่นชัด ผู้เรียนที่มีความรู้ ความสามารถสูง มักจะได้รับการยอมรับและได้รับโอกาสที่ดีกว่าผู้มีความรู้ความสามารถ ต่ำกว่า และเป็นที่เข้าใจกันว่า ความรู้ความสามารถนี้สามารถวัด และประเมินกันได้ด้วยปริมาณความรู้ที่ผู้เรียนสามารถตอบในการทดสอบต่าง ๆ อย่างไรก็ตามในสองทศวรรษที่ ผ่านมา วงการศึกษาทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศต่างก็ได้ค้นพบว่า การพัฒนา สติปัญญาของผู้เรียนยังทำได้ในขอบเขตที่จำกัด และยังไปไม่ถึงเป้าหมายสูงสุดที่ต้องการในประเทศอเมริกามีผลการวิจัยนับเป็นร้อย ๆ เรื่องที่บ่งชี้ว่า ในการสอบวิชาต่าง ๆ ผู้เรียนมักสามารถทำ ได้ดีในส่วนที่เกี่ยวข้องกับทักษะขั้นพื้นฐาน แต่เมื่อมาถึงส่วนที่ต้อง ใช้ความคิดและเหตุผล ผู้เรียนยังไม่สามารถทำ ได้ดี เช่น นักเรียนอเมริกันสามารถคิดคำนวณได้ แต่ไม่สามารถใช้เหตุผลในการแก้โจทย์ปัญหาได้ นักเรียนสามารถเขียนประโยคได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถเขียนโต้แย้งได้ เช่นนี้เป็นต้น (Paul, 1943) สำหรับในประเทศไทยนั้นก็เช่นกัน วงการศึกษาไทย ได้มีความเคลื่อนไหวในเรื่องของการคิดนี้ มาหลายปีแล้ว ซึ่งทำให้เกิดแนวความคิดที่นำ มาใช้ในการสอนหลายเรื่อง อาทิเช่น แนวความคิดเรื่องการสอนให้ “คิดเป็น ทำ เป็น และแก้ปัญหาเป็น” และการสอนให้คิดตามแนวพุทธศาสตร์ ซึ่งได้แก่ “การคิดอย่างถูกวิธีตามหลักโยนิโสมนสิการ” เป็นต้น แต่แนวคิดเหล่านั้นยังไม่ได้รับการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง

ปฏิรูปการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพด้านกระบวนการคิด จึงนับเป็นกระบวนการ สำคัญที่จำเป็นต้องเร่งปรับปรุงและพัฒนากันอย่างจริงจังการสอนกระบวนการคิด หรือการสอนให้ผู้เรียนคิดเป็น ยังเป็นเรื่องที่มีความคลุมเครืออยู่มาก เนื่องจากกระบวนการคิดนั้น ไม่ได้มีลักษณะเป็นเนื้อหาที่ครูจะสามารถเห็นได้ง่าย และสามารถนำ ไปสอนได้ง่าย การคิดมีลักษณะเป็นกระบวนการ ดังนั้นการสอนจึง

ต้องเป็นการสอนกระบวนการด้วย ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนกระบวนการคิดจะต้องมีความเข้าใจว่ากระบวนการคิดนั้นมีลักษณะอย่างไร เกิดขึ้นได้อย่างไร และประกอบไปด้วยอะไรบ้าง

ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดเกี่ยวกับ “การคิด” จากต่างประเทศ

มีนักคิดนักจิตวิทยา และนักวิชาการจากต่างประเทศจำนวนมากที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การคิด ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดที่สำคัญ ๆ ในเรื่องนี้มีดังนี้ (ทศนา แคมมณี, 2540)

2.2.1 เลวิน (Lewin) นักทฤษฎีกลุ่มเกสตัต์ (Gestalt) เชื่อว่า ความคิดของบุคคลเกิดจากการรับรู้สิ่งเร้า ซึ่งบุคคลมักรับรู้ในลักษณะภาพรวมหรือส่วนรวมมากกว่าส่วนย่อย

2.2.2 บลูม (Bloom, 1961) ได้จำ แนกการรู้ (Cognition) ออกเป็น 5 ชั้น ได้แก่ การ รู้ชั้นความรู้ การรู้ชั้นเข้าใจ การรู้ชั้นวิเคราะห์ การรู้ชั้นสังเคราะห์ และการรู้ชั้นประเมิน

2.2.3 ทอแรนซ์ (Torrance, 1962) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ว่าประกอบไปด้วย ความคล่องแคล่วในการคิด (Fluency) ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) และความคิดริเริ่มในการคิด (Originality)

2.2.4 ออซูเบล (Ausubel, 1963) อธิบายว่า การเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Verbal Learning) จะเกิดขึ้นได้ หากการเรียนรู้สามารถเชื่อมโยงกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่มีมาก่อน ดังนั้น การให้กรอบความคิดแก่ผู้เรียนก่อนการสอนเนื้อหาสาระใด ๆ จะช่วยเป็นสะพานหรือโครงสร้างที่ผู้เรียนสามารถนำ เนื้อหา/สิ่งที่เรียนใหม่ไปเชื่อมโยงยึดเกาะได้ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความหมาย

2.2.5 เพียเจต์ (Piaget, 1964) ได้อธิบายพัฒนาการทางสติปัญญาว่าเป็นผลเนื่องมาจากการปะทะสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อม โดยบุคคลพยายามปรับตัวโดยใช้กระบวนการดูดซึม (Assimilation) และกระบวนการปรับให้เหมาะสม (Accommodation) โดยการพยายามปรับความรู้ ความคิดเดิมกับสิ่งแวดล้อมใหม่ ซึ่งทำให้บุคคลอยู่ในภาวะสมดุล สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ กระบวนการดังกล่าวเป็นกระบวนการ พัฒนาโครงสร้างทางสติปัญญาของบุคคล

2.2.6 บรุนเนอร์ (Bruner, 1965) กล่าวว่า เด็กเริ่มต้นเรียนรู้จากการกระทำ ต่อไป จึงจะสามารถจินตนาการ สร้างภาพในใจหรือในความคิดขึ้นได้ แล้วจึงถึงขั้นการคิดและเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรม

2.2.7 กานเย (Gagne, 1965) ได้อธิบายว่าผลการเรียนรู้ของมนุษย์มี 5 ประเภท ได้แก่

1) ทักษะทางปัญญา (Intellectual Skills) ซึ่งประกอบด้วยทักษะย่อย 4 ระดับ คือ การจำแนกแยกแยะ การสร้างความคิดรวบยอด การสร้างกฎ และการสร้างกระบวนการหรือกฎขั้นสูง

2) กลวิธีในการเรียนรู้ (Cognitive Strategies) ซึ่งประกอบด้วยกลวิธีการใส่ใจ การรับและทำความเข้าใจข้อมูล การดึงความรู้จากความทรงจำ การแก้ปัญหา และกลวิธีการคิด

3) ภาษา (Verbal Information)

4) ทักษะการเคลื่อนไหว (Motor Skills)

5) เจตคติ (Attitudes)

2.2.8 กิลฟอร์ด (Guilford, 1967) ได้อธิบายว่าความสามารถทางสมองของมนุษย์ ประกอบด้วยมิติ 3 มิติ คือ

1) ด้านเนื้อหา (Contents) หมายถึง วัตถุ/ข้อมูลที่ใช้เป็นสื่อก่อให้เกิดความคิด ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น อาจเป็นภาพ เสียง สัญลักษณ์ ภาษา และพฤติกรรม

2) มิติด้านปฏิบัติการ (Operations) หมายถึง กระบวนการต่าง ๆ ที่บุคคลใช้ในการคิด ซึ่งได้แก่ การรับรู้และเข้าใจ (Cognition) การจำ การคิดแบบเอกลัทธิ การคิด แบบเอกลัทธิ และการประเมินค่า

3) มิติด้านผลผลิต (Products) หมายถึง ผลของการคิด ซึ่งอาจมีลักษณะ เป็นหน่วย (Unit) เป็นกลุ่มหรือพวกของสิ่งต่าง ๆ (Classes) เป็นความสัมพันธ์ (Relation) เป็นระบบ (System) เป็นการแปลงรูป (Transformation) และการประยุกต์ (Implication)

ความสามารถทางการคิดของบุคคล เป็นผลจากการผสมผสานมิติด้านเนื้อหา และด้านปฏิบัติการเข้าด้วยกัน

1) ลิปแมน และคณะ (Lipman, 1981) ได้นำ เสนอแนวคิดในการสอนคิดผ่านทางการสอนปรัชญา (Teaching Philosophy) โดยมีความเชื่อว่า ความคิดเชิงปรัชญาเป็นสิ่งที่ขาดแคลนมากในปัจจุบัน เราจำเป็นต้องสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ (Community of Inquiry) ที่ผู้คนสามารถร่วมสนทนากันเพื่อแสวงหาความรู้ความเข้าใจทางการคิด ปรัชญาเป็นวิชาที่จะช่วยเตรียมให้เด็กฝึกฝนการคิด

2) คลอสไมเออร์ (Klausmier, 1985) ได้อธิบายกระบวนการคิดโดยใช้ทฤษฎีการประมวลผลข้อมูล (Information Processing) ว่า การคิดมีลักษณะเหมือนการทำงานของคอมพิวเตอร์ คือ มีการนำ ข้อมูลเข้าไป (Input) ผ่านตัวปฏิบัติการ (Processor) แล้วจึงส่งผลออกมา (Output) กระบวนการคิดของมนุษย์มีการรับข้อมูล มีการจัดกระทำ และแปลงข้อมูลที่ได้รับมา มีการเก็บรักษาข้อมูล และมีการนำ ข้อมูลออกมาใช้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์ กระบวนการเกิดขึ้นในสมองไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถศึกษาได้จากการอ้างอิง หรือการคาดคะเนกระบวนการนั้น

3) สเติร์นเบิร์ก (Sternberg, 1985) ได้เสนอทฤษฎีสามนคร (Triarchic Theory) ซึ่งประกอบด้วยทฤษฎีย่อย 3 ส่วน คือ ทฤษฎีย่อยด้านบริบทสังคม (Contextual Sub theory) ซึ่งอธิบายถึงความสามารถทางสติปัญญาที่เกี่ยวข้องกับบริบททางสังคมและวัฒนธรรมของบุคคล และทฤษฎีย่อยด้านประสบการณ์ (Experiential Sub theory) ซึ่งอธิบายถึงผลของประสบการณ์ที่มีต่อความสามารถทางปัญญา รวมทั้งทฤษฎีย่อยด้านกระบวนการคิด (Componential Sub theory) ซึ่งเป็นความสามารถทางสติปัญญาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิด

ปรัชญาการสร้างความรู้ (Constructivism) อธิบายว่า การเรียนรู้ เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในบุคคล บุคคลเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากการสัมพันธ์สิ่งทีพบเห็นกับความรู้ ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม เกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure)

1) การ์ดเนอร์ (Gardner, 1983) เป็นผู้บุกเบิกแนวคิดใหม่เกี่ยวกับสติปัญญาของมนุษย์ คือ ทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple Intelligences) ซึ่งแต่เดิม ทฤษฎีทางสติปัญญามักกล่าวถึงความสามารถเพียงหนึ่งหรือสองด้าน แต่การ์ดเนอร์เสนอไว้ถึง 8 ด้าน ได้แก่ด้านดนตรี ด้านการเคลื่อนไหวร่างกายและกล้ามเนื้อ ด้านการใช้เหตุผลเชิงตรรกะและคณิตศาสตร์ ด้านภาษา ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านการสัมพันธ์กับผู้อื่น ด้านการเข้าใจตนเองและด้านความเข้าใจในธรรมชาติ แนวทางการพัฒนาการคิด จากต่างประเทศ ได้มีผู้เสนอแนวคิดและแนวทางในการพัฒนาการคิดไว้จำนวนไม่น้อย อาทิเช่น

ก) เอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน (Edward De Bono, 1973) ได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาการคิดไว้จำนวนมาก เช่น การพัฒนาการคิดโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป การใช้เทคนิคหมวก 6 ใบ เป็นต้น

ข) ศูนย์พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Center for Critical Thinking, Sonoma State University, 1996) ได้พัฒนาคู่มือการสอนเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับการสอนในโรงเรียนทุกระดับ และยังได้ผลิตสื่อประเภทเทปเสียงบรรยาย และวีดิทัศน์ ขึ้นเป็นจำนวนมาก

ค) มีนักศึกษาจำนวนหลายท่านได้พัฒนารูปแบบการสอนที่เน้นการพัฒนากระบวนการคิดขึ้นหลายรูปแบบ เช่น จอยส์และเวลล์ (Joyce and Weil) เอนนิส (Ennis) และวิลเลียมส์ (Williams) เป็นต้น

หลักการ และแนวคิดของไทย

พระธรรมปิฎก (๒๕๓๙) ได้นำเสนอแนวคิดในการจัดการศึกษาและการสอนตามหลักพุทธธรรม ซึ่งครอบคลุมในเรื่องการพัฒนาปัญญา และการคิดไว้จำนวนมากและได้มีนักการศึกษาไทยนำแนวคิดเหล่านี้มาประยุกต์ใช้เป็นรูปแบบ กระบวนการ และเทคนิคในการสอน ทำให้ประเทศไทยมีการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้มากขึ้นหลักการ และแนวคิด ตามหลักพุทธธรรมที่นำมาใช้ในการจัดการศึกษา และการสอนที่พระธรรมปิฎกได้เผยแผ่ที่สำคัญ ๆ มีดังนี้

- 1) ความสุขของมนุษย์เกิดจากการรู้จักดำเนินชีวิตให้ถูกต้องทั้งต่อตัวเองและผู้อื่น
- 2) การรู้จักการดำเนิน ชีวิต อย่างถูกต้อง คือ การรู้จัก คิดเป็น พูดเป็น และทำเป็น
- 3) การคิดเป็นหรือการคิดอย่างถูกต้องเป็นศูนย์กลางที่บริหารการดำเนินชีวิตทั้งหมด ทำหน้าที่ชี้แนะ และควบคุมการกระทำ การคิดจะเริ่มเข้ามามีบทบาทเมื่อมนุษย์ได้รับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีอยู่มาก หากคิดเป็นหรือคิดดีก็จะเกิดการเลือกรับเป็นหรือเลือกรับแต่สิ่งที่ดี ๆ เมื่อรับมาแล้วก็จะเกิดการคิด ตีความเชื่อมโยงและตอบสนองออกมาเป็นการกระทำ ในขั้นตอนนี้จะมีสิ่งปรุงแต่งความคิดเข้ามาได้แก่ อารมณ์ชอบ ชัง คติและอคติต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อการคิดตีความเชื่อมโยงและการกระทำ ถ้าคิดเป็นคิดโดยรู้ถึงสิ่งปรุงแต่งต่าง ๆ นั้นก็จะสามารถบริหารการกระทำ อย่างเหมาะสมได้

- 4) กระบวนการคิดเป็น เป็นสิ่งที่พัฒนาได้ ฝึกฝนได้โดยกระบวนการที่เรียกว่าการศึกษาหรือสิกขา การพัฒนานั้นเรียกว่า การพัฒนาสัมมาทิฐิ ผลที่ได้คือมรรคหรือการกระทำ ที่ดีงาม

- 5) แก่นแท้ของการศึกษา คือการพัฒนาปัญญาของตนเองให้เกิดมีสัมมาทิฐิคือการมีความรู้ ความเข้าใจ ความคิดเห็น ค่านิยมที่ถูกต้อง ดีงาม เกื้อกูลแก่ชีวิต และครอบครัว

- 6) สัมมาทิฐิ ทำให้เกิดการพูดและการกระทำที่ถูกต้องดีงาม สามารถดับทุกข์และแก้ปัญหาได้

- 7) ปัจจัยที่ทำให้เกิดสัมมาทิฐิ ได้มี 2 ประการคือ

- ก) ปัจจัยภายนอก หรือเรียกว่า ปรโตโฆสะ ได้แก่ สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ครู พ่อแม่ เพื่อน สื่อมวลชน ฯลฯ

- ข) ปัจจัยภายใน หรือเรียกว่า โยนิโสมนสิการ ได้แก่ การคิดเป็น

8) การศึกษาทั้งหลายที่จัดกันมาตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน ทำกันอย่างเป็นงานเป็นการเป็นระบบ ระเบียบ ถือว่าเป็นปรโตโมสะทั้งสิ้น

9) บุคคลส่วนใหญ่ในโลกจะสามารถพัฒนาตนเองให้ใช้โยนิโสมนสิการอย่างเดียวไม่ได้ จำเป็นต้องอาศัยปรโตโมสะก่อนในเบื้องต้น

10) โยนิโสมนสิการเรียกได้ว่าเป็นการคิดเป็น เป็นความสามารถที่บุคคลรู้จักมองรู้จักพิจารณาสิ่งทั้งหลายตามสภาวะโดยวิธีคิดหาเหตุปัจจัย สืบค้นจากต้นเหตุตลอดทางจนถึงผลสุดท้ายที่เกิดแยกแยะเรื่องออกให้เห็นตามสภาวะที่เป็นจริง คิดตามความสัมพันธ์ที่สืบทอดจากเหตุโดยไม่เอาความรู้สึกอุปทานของตนเองเข้าไปจับหรือเคลือบคลุม บุคคลนั้นจะสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ด้วยวิธีการแห่งปัญญา

11) โยนิโสมนสิการ เป็นองค์ประกอบภายในมีความเกี่ยวข้องกับการฝึกใช้ความคิดให้รู้จักคิดอย่างถูกวิธี คิดอย่างมีระเบียบ คิดอย่างวิเคราะห์ ไม่มองเห็นสิ่งต่าง ๆ อย่าง ตื้น ๆ ผิวนั้น เป็นขั้นตอนสำคัญของการสร้างปัญญา ทำใจให้บริสุทธิ์ และเป็นอิสระ ทำให้ทุกคนช่วยตนเองได้ นำไปสู่ความเป็นอิสระไร้ทุกข์ พร้อมด้วยสันติสุขเป็นจุดหมายสูงสุดของพระพุทธศาสนา

12) โยนิโสมนสิการ ไม่ใช่ตัวปัญญา แต่เป็นปัจจัยให้เกิดปัญญา มีเป้าหมายสูงสุดคือการดับทุกข์

13) โยนิโสมนสิการ มีองค์ประกอบ 4 ส่วนคือ

ก) อุบายมนสิการ คือการคิดอย่างเข้าถึงความจริง

ข) ปถมนสิการ คือการคิดอย่างมีลำดับขั้นตอนไม่สับสน

ค) การณมนสิการ คือการคิดอย่างมีเหตุผล

ง) อุปาทกมนสิการ คือการคิดอย่างมีเป้าหมาย คิดให้เกิดผลไม่ใช่คิดไปเรื่อยเปื่อย

14) ในการดำเนินชีวิต สติเป็นองค์ธรรมที่จำ เป็นต้องใช้ในการทำงานทุกอย่างโยนิโสมนสิการ เป็นสิ่งหล่อเลี้ยงสติที่ยังไม่เกิดให้ได้เกิด ช่วยให้สติที่เกิดแล้วเกิดต่อเนื่องต่อไป

15) กลไกการทำงาน ของโยนิโสมนสิการในกระบวนการคิด เมื่อบุคคลรับรู้สิ่งใดความคิดก็จะพุ่งเข้าสู่ความชอบหรือไม่ชอบทันที นั่นคือสิ่งปรุงแต่ง เนื่องจากบุคคลมีประสบการณ์มาก่อน เรียกสิ่งปรุงแต่งนั้นว่าวิชา ในตอนนี้เองที่โยนิโสมนสิการจะเข้าไปสกัดกั้นความคิดนั้นแล้วเป็นตัวนำเอากระบวนการคิดบริสุทธิ์ที่จะพิจารณาตามสภาวะตามเหตุปัจจัย เป็นลำดับไม่สับสน มีเหตุผลและเกิดผลได้ (ตามองค์ประกอบทั้งสี่ข้อในข้อ 13) ทำให้คนเป็นนายไม่ใช่ทาสของความคิด เอาความคิดมาใช้แก้ปัญหาได้

16) คนปกติสามารถใช้โยนิโสมนสิการง่าย ๆ ได้โดยการพยายามควบคุมกระแสความคิดให้อยู่ในแนวทางที่ดีงาม ตามทางที่เคยได้รับการอบรมสั่งสอนจากกัลยาณมิตรมาก่อนแล้ว และเมื่อพิจารณาเห็นความจริง และรู้ว่าคำ แนะนำ สั่งสอนนั้นถูกต้องดีงาม มีประโยชน์ ก็ยิ่งมั่นใจและเกิดศรัทธาขึ้นเอง เกิดเป็นการประสานกันระหว่างปัจจัยภายนอกกับปัจจัยภายใน กลายเป็นความหมายของตนเป็นที่พึ่งแห่งตนได้ ดังนั้นในการสอนเพื่อสร้างศรัทธาจะต้องพยายามให้นักเรียนได้รับรู้ผลและเกิดความตระหนักในผลของการกระทำ ความดี ต้องเร้าให้เกิดการเสริมแรงภายใน

17) กล่าวโดยสรุปกลไกการทำงานของโยนิโสมนสิการ และความสัมพันธ์ระหว่างโปรโตโสมะกับโยนิโสมนสิการ มีดังนี้

ก) โยนิโสมนสิการจะทำงาน 2 ขั้นตอนคือ รับรู้อารมณ์หรือประสบการณ์จากภายนอก การรับรู้ด้วยโยนิโสมนสิการจะเป็นการรับรู้อย่างถูกต้อง มีการคิดค้นพิจารณาอารมณ์หรือเรื่องราวที่เก็บเข้ามาเป็นการพิจารณาข้อมูลด้วยสติซึ่งจะเอาไปใช้ประโยชน์ในการดำเนินชีวิตและทำกิจกรรมต่าง ๆ ต่อไป

ข) กัลยาณมิตร (โปรโตโสมะที่ดี) และโยนิโสมนสิการเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างบุคคลกับโลกหรือสภาพแวดล้อมภายนอก โดยกัลยาณมิตรเชื่อมให้บุคคลติดต่อกับโลกทางสังคมอย่างถูกต้อง และโยนิโสมนสิการเชื่อมต่อบุคคลกับโลกทางจิตใจของตนเองอย่างถูกต้อง

18) วิธีคิดตามหลักโยนิโสมนสิการมี 10 วิธีคือ

ก) วิธีคิดแบบสืบสาวเหตุปัจจัย เป็นวิธีคิดเพื่อให้รู้สภาวะที่เป็นจริง

ข) วิธีคิดแบบแยกแยะองค์ประกอบ เป็นวิธีคิดเพื่อกำหนดแยกปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นสิ่งที่ป็นรูปธรรมและสิ่งที่ป็นนามธรรม

ค) วิธีคิดแบบสามัญลักษณะ เป็นวิธีคิดเพื่อให้รู้เท่ากัน คือรู้ว่าสิ่งต่าง ๆ นั้นเกิดขึ้นเอง และจะดับไปเอง เรียกว่า รู้อนิจจัง และรู้ว่าสิ่งต่าง ๆ นั้นเกิดขึ้นมาเองไม่มีใครบังคับหรือกำหนดขึ้น เรียกว่า รู้อนัตตา

ง) วิธีคิดแบบอริยสัจจ เป็นวิธีคิดแบบแก้ปัญหโดยเริ่มจากตัวปัญหาหรือทุกข์ ทำความเข้าใจให้ชัดเจน สืบค้นสาเหตุ เตรียมแก้ไข วางแผนกำจัดสาเหตุของปัญหา มีวิธีการปฏิบัติ 4 ขั้นตอน คือ

1. ทุกข์ - การกำหนดให้รู้สภาพปัญหา

2. สมุทัย - การกำหนดเหตุแห่งทุกข์เพื่อกำจัด

3. นิโรธ - การดับทุกข์อย่างมีจุดหมาย ต้องมีการกำหนดว่าจุดหมายที่ต้องการคืออะไร

4. มรรค - การกำหนดวิธีการในรายละเอียดและปฏิบัติเพื่อกำจัดปัญหา

จ) วิธีคิดแบบบรรณธรรมสัมพันธ์ เป็นวิธีคิดให้มีความสัมพันธ์กันระหว่างหลักการและความมุ่งหมาย สามารถตอบคำถามได้ว่าที่ทำหรือจะทำอย่างนี้เพื่ออะไร ทำให้การกระทำ มีขอบเขตไม่เลยเถิด

ฉ) วิธีคิดแบบคุณโทษและทางออก เป็นการคิดบนพื้นฐานความตระหนักที่ว่าทุกสิ่งในโลกนี้มีทั้งส่วนดีและส่วนด้อย ดังนั้นเมื่อต้องคิดตัดสินใจเลือกเอาของสิ่งใดเพียงอย่างเดียวจะต้องยอมรับส่วนดีของสิ่งที่ไม่ได้เลือกไว้ และไม่มองข้ามโทษหรือข้อบกพร่อง จุดอ่อน จุดเสียของสิ่งที่เลือกไว้ การคิดและมองตามความจริงนี้ ทำให้ ไม่ประมาท อาจนำ เอาส่วนดีของสิ่งที่ไม่ได้เลือกนั้นมาใช้ประโยชน์ได้ และสามารถหลีกเลี่ยงหรือโอกาสแก้ไขส่วนเสียบกพร่องที่ติดมากับสิ่งที่เลือกไว้

ช) วิธีคิดแบบรู้คุณค่าแท้-คุณค่าเทียม เป็นวิธีคิดที่สามารถแยกแยะได้ว่าคุณค่าแท้คืออะไร คุณค่าเทียมคืออะไรคุณค่าแท้ คือคุณค่าของสิ่งมีประโยชน์แก่ร่างกายโดยตรง อาศัยปัญญาตีราคาเป็นคุณค่าสนองปัญญาคุณค่าเทียม คือคุณค่าพอกเสริมสิ่งจำ เป็นโดยตรง อาศัยตมหาตีราคา เป็นคุณค่า

สนองต้นทาวีคิดนี้ใช้เพื่อมุ่งให้เกิดความเข้าใจและเลือกเสพคุณค่าแท้ที่เป็นประโยชน์แก่ชีวิต เพื่อพ้นจากการเป็นทาสของวัตถุ เป็นการเกี่ยวข้องกับด้วยปัญญา มีขอบเขตเหมาะสม

ข) วิธีคิดแบบเร้าคุณธรรม เป็นการคิดถึงแต่สิ่งที่ดีมีคุณ เมื่อได้รับประสบการณ์ใด แทนที่จะคิดถึงสิ่งที่ไม่ดีงาม เป็นวิธีคิดที่สกัดกั้น ชัดเภาตต้นทาวี

ฅ) วิธีคิดแบบเป็นอยู่กับปัจจุบัน เป็นวิธีคิดให้ตระหนักถึงสิ่งที่เป็นอยู่ในขณะปัจจุบัน กำหนดเอาที่ความเกี่ยวข้องกับความเป็นอยู่ประจำ วันเชื่อมโยงต่อกันมาถึงสิ่งที่กำลังรับรู้ กิจการตามหน้าที่หรือการปฏิบัติ โดยมีจุดหมายไม่เพื่อฝืนกับอารมณ์ชอบหรือชัง

ฉ) วิธีคิดแบบวิรัชวาท เป็นการคิดแบบมองให้เห็นความจริง โดยแยกแยะออกให้เห็นแต่ละแง่ แต่ละด้านจนครบทุกด้าน ไม่พิจารณาสิ่งใด ๆ เพียงด้านหรือแง่มุมเดียวแนวทาง รูปแบบ กระบวนการ วิธีการ เทคนิคการสอนและการพัฒนากระบวนการคิดของไทยในระยะประมาณ 50 ปีที่ผ่านมา ได้มีนักคิดและนักการศึกษาที่ได้ให้ความสนใจในเรื่องพัฒนาการคิดตลอดมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะหลัง ๆ ได้มีการนำ หลักธรรมทางพระพุทธศาสนา มาประยุกต์ใช้ในการสอน และศึกษาวิจัยกันมากขึ้น ควบคู่ไปกับการนำ ทฤษฎีและหลักการของต่างประเทศมาประยุกต์ใช้ จึงทำให้ประเทศไทยได้รูปแบบการสอน กระบวนการสอนและเทคนิคต่าง ๆ เพิ่มขึ้นมาก อาทิเช่น การสอนให้ “คิดเป็น ทำ เป็น และแก้ปัญหาเป็น” โดย โกวิท วรพิพัฒน์ “การสอนโดยสร้างศรัทธาและโยนิโสมนสิการ” โดย สุมน อมรวิวัฒน์ “การสอนความคิด” โดย โกวิท ประวาลพลฤกษ์ “การสอนทักษะกระบวนการ” โดย กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ และ “กระบวนการคิดเป็นเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมไทย” โดย หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษากระทรวงศึกษาธิการ เป็นต้น

2.3 ทฤษฎีการสร้างใบงาน

2.3.1 ลักษณะของใบงาน

ใบงานหรือแบบฝึกหัดจะใช้ในระหว่างช่วงหนึ่ง ๆ ของบทเรียน โดยที่สาระส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาหรือข้อคำถามที่ครอบคลุมเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ที่พึงจะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านไป

2.3.2 จุดประสงค์การมีใบงาน

ใบงานเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสตรวจสอบตนเองดูว่า Information ที่ได้รับไปนั้นเพียงพอที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาได้หรือไม่ ครูผู้สอนเองก็สามารถจะใช้เป็นข้อมูลในการปรับแต่งการสอนของตนเองได้ เนื่องจากใบงาน มีไว้เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบปริมาณเนื้อหา ความรู้ความเข้าใจในแต่ละช่วงของบทเรียน ดังนั้น หากมีการแบ่งบทเรียนออกเป็นหลาย ๆ ตอน ก็ควรจะมีใบงานหลาย ๆ ใบ ตามช่วงการสอน ใบงานจะไม่มีกฎเกณฑ์ที่ตายตัวว่ารูปแบบของใบงานจะต้องมีลักษณะอย่างไร แต่ว่าโดยจุดประสงค์แล้วใบงานในแต่ละช่วง ควรมีข้อคำถามหรือปัญหาให้ผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหาให้ครอบคลุมเนื้อหามากที่สุด จึงควรที่จะใช้ข้อคำถามรูปแบบที่เป็นปรนัยให้มากที่สุด รวมทั้งเวลาในการ Progress ที่สั้น ๆ ด้วย ดังนั้นข้อสอบปรนัยน่าจะเป็นข้อสอบหรือข้อคำถามที่เหมาะสม ในใบงานหนึ่ง ๆ อาจมีข้อสอบชนิดเดียวหรืออาจมีข้อสอบปรนัยหลาย ๆ ชนิดรวมอยู่ด้วยก็ได้ หากแต่การวางรูปแบบควรคำนึงถึงความสะดวกในการทำ คือ การอ่าน การตอบคำถาม และการตรวจให้คะแนนจะต้องทำได้ง่าย เช่น การจัดที่ตอบไว้ในตำแหน่งหลังข้อคำถามในแนวเดียวกัน เป็นต้น โดยหลักใหญ่แล้วใบงานควรมีข้อคำถามจำนวน

มาก เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาและเวลาตรวจทำได้อย่างรวดเร็ว จึงควรละเว้นข้อสอบอัตนัยที่ใช้เวลานาน ตรวจให้คะแนนลำบาก ข้อสอบปรนัยทั้งหมดจึงเป็นทางเลือกที่นำมาใช้กันโดยทั่วไป เช่น

- 1) ข้อสอบแบบถูกผิด (True/False Item)
- 2) ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Exercises)
- 3) ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Item)
- 4) ข้อสอบแบบตอบสั้น (Short Answer Item)
- 5) ข้อสอบแบบตัวเลือก (Multiple Choice Item)

2.3.3 ข้อคำนึงถึงในการสร้างใบงาน

ใบงานของเนื้อหาช่วงหนึ่ง ๆ จะต้องมีคำถามมากพอที่จะครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดและมีคำถามที่วัดได้หลายแง่หลายมุมจากง่ายไปยากที่จะสะท้อนให้เห็นถึงการนำความรู้ไปแก้ปัญหาในระดับต่าง ๆ ใบงานหรือแบบฝึกหัด มีไว้เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสนำความรู้ที่ได้รับไปฝึกหัดแก้ปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการเรียนรู้ หากแก้ปัญหาได้ก็จะเกิดการเรียนรู้ขึ้น จึงไม่ควรที่จะนำผลจากใบงานไปใช้เพื่อการประเมินผลสัมฤทธิ์หรือเป็นคะแนนเก็บในการเรียน เพราะการใช้ใบงานมิได้มีจุดประสงค์เช่นนั้น

2.4 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Three Phase Induction Motor)

นิโกลา เทสลา (Nicolai Tesla) ชาวเซอร์เบีย ได้สร้างมอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นตัวแรกในปี 1880 สาเหตุที่เรียกมอเตอร์ชนิดนี้ว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำเนื่องจาก การหมุนของมอเตอร์ชนิดนี้เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กหมุนของขดลวดที่สเตเตอร์มีต่อตัวนำในโรเตอร์ ซึ่งมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสนี้มีข้อดีข้อเสียดังนี้

ข้อดี (Advantage)

- 1) เป็นมอเตอร์ชนิดที่สร้างขึ้นได้ง่าย และทนทาน โดยเฉพาะชนิดกรงกระรอก
- 2) ราคาไม่แพงมากนัก
- 3) มีความเร็วเกือบคงที่—คือความเร็วขณะโหลดเต็มลดลงจากขณะไม่มีโหลดเพียงไม่กี่เปอร์เซ็นต์
- 4) ต้องการการดูแลและบำรุงรักษาต่ำ
- 5) สามารถที่จะมีแรงหมุน (Start) ได้ง่าย

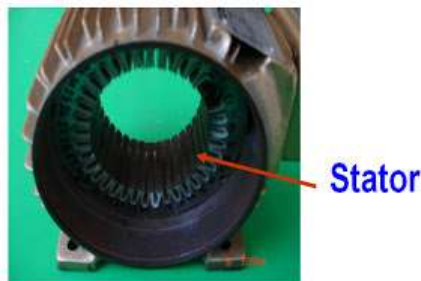
ข้อเสีย (Disadvantage)

- 1) ควบคุมความเร็วได้ยาก
- 2) ขณะมีโหลดน้อยจะทำงานที่ Power Factor ต่ำและล่าหลัง
- 3) กระแสไฟฟ้าเริ่ม หมุนจะมากเป็น 5-7 เท่า ของกระแสไฟฟ้าขณะโหลดเต็ม

2.4.1 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

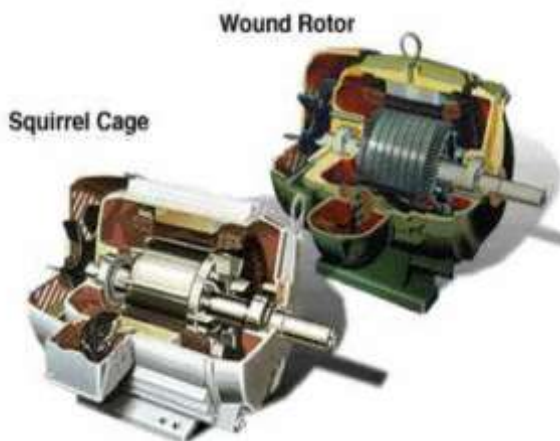
มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วนคือ 1. สเตเตอร์ (Stator) โดยที่สเตเตอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กบาง ๆ อัดซ้อนเข้าด้วยกันและทำให้เป็นช่องสล็อตไว้บรรจุขดลวดโดยจำนวน

ขั้วแม่เหล็กจะเป็นตัวกำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ เมื่อเราจ่ายไฟกระแสสลับให้กับขดลวดที่สเตเตอร์ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ค่าคงที่ค่าหนึ่ง และสนามแม่เหล็กนี้จะหมุนด้วยความเร็วที่เรียกว่าความเร็วซิงโครนัส (NS)



ภาพที่ 2-1 สเตเตอร์

โรเตอร์ (Rotor) ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ โรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel cage rotor) มอเตอร์ที่ใช้โรเตอร์ชนิดนี้เรียกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก โดยประมาณ ร้อยละ 90 ของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะใช้โรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก ทั้งนี้เพราะว่าโรเตอร์ชนิดนี้เป็นชนิด ที่ทำได้ง่ายและทนทาน โรเตอร์ชนิดนี้ประกอบด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ อัดซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก และถูกทำให้เป็นช่องสล็อตให้ขนานกันเพื่อฝังหรือบรรจุตัวนำโรเตอร์ ตัวนำที่ฝังนี้จะมีลักษณะเป็นแท่งทองแดง อลูมิเนียม หรือ อัลลอย โดยในหนึ่งสล็อตจะบรรจุแท่งตัวนำโรเตอร์เพียง 1 แท่งเท่านั้น และปลายสุดของแท่งตัวนำทั้ง 2 ด้านนั้นในแต่ละด้านจะถูกต่อปลายลัดวงจรเข้าด้วยกันโดยการบัดกรี หรือเชื่อมด้วยไฟฟ้าโรเตอร์ของมอเตอร์แบบกรงกระรอกที่แท่งตัวนำจะถูกต่อลัดวงจรไว้อย่างถาวร ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะนำความต้านทานจากภายนอกมาต่ออนุกรมเข้ากับวงจรโรเตอร์เพื่อช่วยในการเริ่ม หมุนได้ และสล็อตของโรเตอร์จะไม่อยู่ในลักษณะที่ขนานกับเพลลา แต่จะวางให้มีลักษณะเฉียงเล็กน้อยเพื่อช่วยให้มอเตอร์หมุนได้อย่างรวดเร็ว โดยการลดการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กฮัม (Magnetic Hum) และช่วยในการลดการเกิดล๊อคของโรเตอร์ อันเนื่องมาจากสนามแม่เหล็กที่ตกค้างอยู่ที่ผนังของ สเตเตอร์ กับโรเตอร์และโรเตอร์แบบขดลวดพันรอบโรเตอร์ (Wound Rotor) มอเตอร์ที่ใช้โรเตอร์ชนิดนี้ เรียกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบโรเตอร์พันขดลวด (Wound Rotor Motor) เฟสวารด์มอเตอร์(Wound Motor) หรือสลีปรिंगมอเตอร์ (Slip-ring Motor) โรเตอร์ชนิดนี้พบมากในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสและมีการพันแบบขดลวดสองชั้นเหมือนกับขดลวดที่ใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ในโรเตอร์ชนิดนี้ภายในจะต่อแบบววาย และมีปลายสายต่อออกมา 3 ปลายต่อเข้ากับ สลึปรिंगที่ติดกับเพลลาของโรเตอร์นั้นและโรเตอร์แบบนี้สามารถที่จะนำความต้านทานที่ต่อแบบววายต่อเข้ากับ สลึปรिंगของโรเตอร์ เป็นการเพิ่มแรงบิดขณะเริ่ม หมุน แต่เมื่อมอเตอร์เริ่ม หมุนไปจนหมุนด้วยความเร็วปกติแล้ว สลึปรึงจะถูกลัดวงจรกลายเป็นโรเตอร์แบบกรงกระรอก



ภาพที่ 2-2 โรเตอร์แบบกรงกระรอกและแบบขดลวดพันรอบโรเตอร์

2.4.2 หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นผลมาจากสนามแม่เหล็กหมุนในสเตเตอร์ซึ่งทำให้โรเตอร์สามารถหมุนได้โดยที่สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟสจะเกิดจากขดลวด 3 ขดวางห่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้าเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทั้ง 3 เฟสเข้าไปยังขดลวดทั้ง 3 ในสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นทั้ง 3 เฟสเมื่อรวมสนามแม่เหล็กหมุนเข้าด้วยกันทางเวกเตอร์จะได้สนามแม่เหล็กหมุนที่มีขนาดคงที่หมุนไปรอบ ๆ มอเตอร์ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์จะสามารถกำหนดได้จากสมการ

$$n_s = \frac{120}{P}$$

เมื่อ	NS	คือ ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนหรือความเร็วซิงโครนัส (rpm)
	F	คือ ความถี่ (Hz)
	P	คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก (Pole)

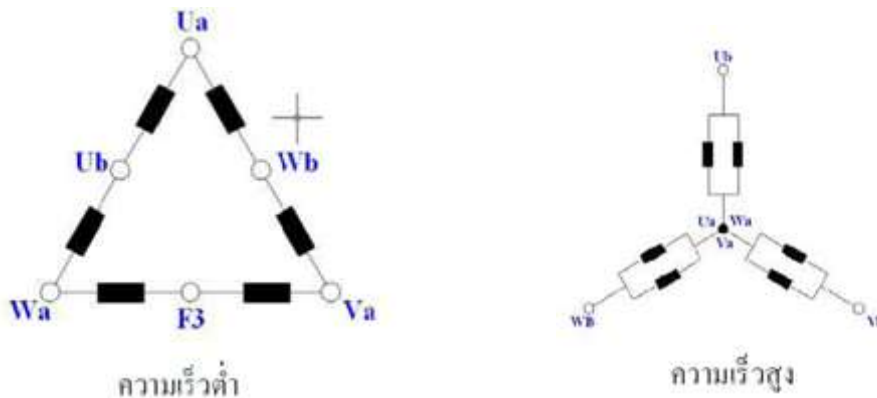
2.4.3 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

มอเตอร์สามเฟสสามารถเปลี่ยนความเร็วได้โดยเปลี่ยนวงจรของขดลวดที่สเตเตอร์เพื่อให้ จำนวนขั้ว แม่เหล็กเปลี่ยนไปเช่นจาก 2 ขั้ว (N - S) เป็น 4 ขั้ว (N - S - N - S) หรือจาก 4 ขั้ว (N - S - N - S) เป็น 8 ขั้ว (N - S - N - S - N - S - N - S) มีข้อจำกัดคือการเปลี่ยนจำนวนขั้ว ต้องเป็น 2 เท่าเสมอตั้งที่กล่าวมาแล้วเช่น จาก 2 เป็น 4 หรือ จาก 4 เป็น 8 จะเปลี่ยนจาก 4 เป็น 6 ไม่ได้เพราะวงจรของขดลวดบังคับอยู่นอกจากที่สเตเตอร์มีขดลวดมากกว่า 1 ชุด สำหรับการคำนวณความเร็วรอบของมอเตอร์อาจคำนวณได้จากสูตร

$$RPM = \frac{120F}{P}$$

เมื่อ	RPM	คือ ความเร็วรอบต่อนาที (Rev per Minute)
	F	คือ ความถี่ (Hz)
	P	คือจำนวนขั้วแม่เหล็ก (Pole)

ค่าความเร็วรอบที่ได้จากการคำนวณนี้เป็นค่าที่ได้ตามทฤษฎี สำหรับเมื่อนำไปใช้งานจริง ความเร็วมอเตอร์จะลดลงเล็กน้อยเนื่องจากแรงเสียดทานของลูกปืน และโหลดภาระที่ต่อเข้ากับ มอเตอร์ ส่วนวงจรขดลวดของมอเตอร์ 2 ความเร็วจะเป็นดังนี้



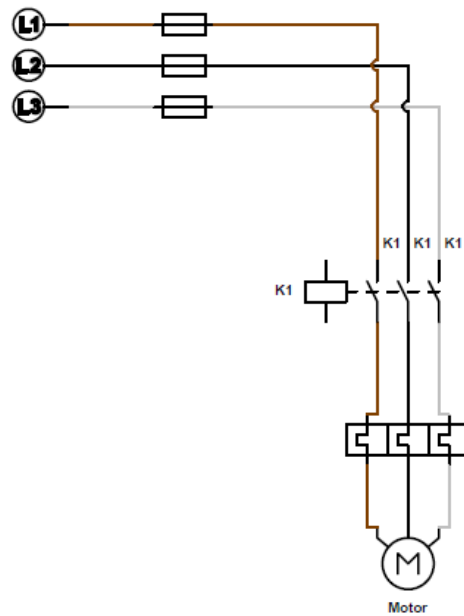
ภาพที่ 2-3 วงจรขดลวดของมอเตอร์ 2 ความเร็ว

2.4.4 การเริ่มเดินมอเตอร์

วิธีการเริ่มเดินมอเตอร์หรือสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส มักแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

- 1) การเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรง (Direct on line starter: DOL)

การเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรง เป็นการจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามพิกัดที่ระบุบน Name Plate มอเตอร์ เรียกว่าการสตาร์ทแบบ DOL โดยไม่มีการลดกระแสหรือแรงดันขณะสตาร์ท ซึ่งมอเตอร์จะมีกระแสขณะสตาร์ทประมาณ 6 ถึง 7 เท่าของกระแสพิกัด จึงเหมาะกับมอเตอร์ขนาดเล็กเช่นมอเตอร์มีขนาดไม่เกิน 7.5 กิโลวัตต์หรือ 10 แรงม้า แต่อาจมีการสตาร์ทแบบ DOL ได้เช่นกันในมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ สำหรับงานที่ต้องการแรงบิดสูง



ภาพที่ 2-4 วงจรกำลังแบบ Direct On Line

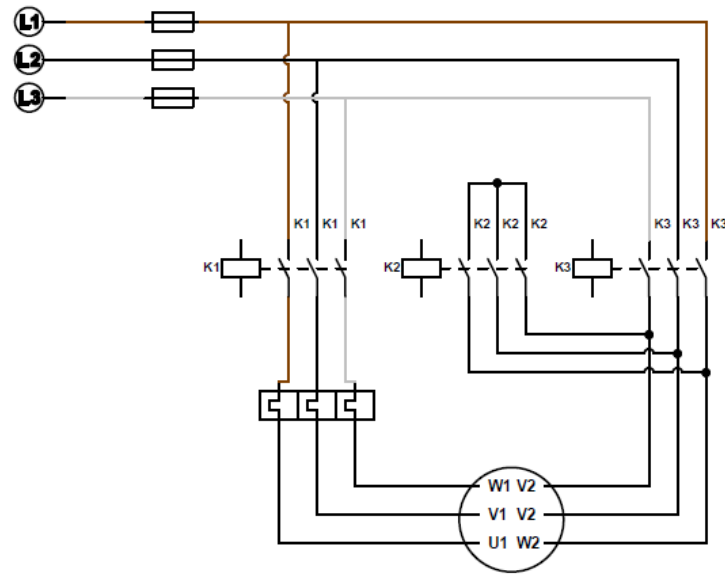
2) การเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยการลดแรงดันไฟฟ้า (Reduced Voltage Starter)

เนื่องจากการเริ่มเดินมอเตอร์แบบ DOL จะมีกระแสสตาร์ทสูงประมาณ 7 ถึง 10 เท่า ทำให้การเลือกอุปกรณ์ไม่ว่าจะเป็นขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์, คอนแทคเตอร์, สายไฟ จะต้องมีการเผื่อการรองรับกระแสให้เพียงพอ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น การเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยการลดแรงดันไฟฟ้า (Reduced Voltage Starter) มีหลายแบบด้วยกันตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แต่วิธีที่นิยมที่สุดคือ การเริ่มเดินแบบสตาร์-เดลต้า (Star-delta starter)

การสตาร์ทแบบสตาร์-เดลตานั้นเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากออกแบบง่าย และเหมาะสำหรับการสตาร์ทมอเตอร์สามเฟสแบบเหนี่ยวนำใช้สำหรับมอเตอร์ที่มีการต่อขดลวดภายในที่มีปลายสาย

ต่อออกมาข้างนอก 6 ปลาย และมอเตอร์จะต้องมีพิกัดแรงดันสำหรับการต่อแบบเดลตาที่สามารถต่อเข้ากับแรงดันสายจ่ายได้อย่างปลอดภัยปกติพิกัดที่ตัวมอเตอร์สำหรับระบบแรงดัน 3 เฟส 380 V จะระบุเป็น 380/660 V

ในขณะสตาร์ทมอเตอร์จะทำการต่อแบบสตาร์ (Star หรือ Y) ซึ่งสามารถลดแรงดันขณะสตาร์ทได้ และเมื่อมอเตอร์หมุนไปได้สักระยะหนึ่งประมาณความเร็ว 75% ของความเร็วพิกัดมอเตอร์จะทำการต่อแบบเดลตา (Delta หรือ D)



ภาพที่ 2-5 วงจรกำลังการสตาร์ทแบบ Star – Delta

2.4.5 การหยุดเดินมอเตอร์

การหยุดเดินมอเตอร์ด้วยกระแสกลับทาง (Reverse Current Braking or Plugging) การหยุดเดินเครื่องแบบนี้ จะใช้หลักการแยกมอเตอร์จากแหล่งจ่ายไฟ ขณะที่มอเตอร์ยังคงหมุนอยู่ และต่อเข้ากับ แหล่งจ่ายไฟอีกครั้งโดยให้มีทิศกลับทาง วิธีการหยุดเดินเครื่องแบบนี้จะมีประสิทธิภาพมาก แต่จะต้อง ตัดแหล่งจ่ายไฟออกก่อนที่มอเตอร์จะหมุนกลับทาง โดยจะใช้อุปกรณ์อัตโนมัติแบบต่าง ๆ เพื่อควบคุม การหยุดของมอเตอร์เมื่อความเร็วของมอเตอร์มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ก่อนที่จะใช้วิธีนี้จะต้องแน่ใจก่อนว่า มอเตอร์จะสามารถทนต่อการหยุดเดินด้วยกระแสกลับทาง เพราะว่าจะเกิดความเค้นทางกล และทางความร้อนขึ้นและมีการสูญเสียพลังงานสลิปและพลังงานจลน์ในตัวกรงกระรอกขณะที่หยุดเดินเครื่อง กระแสและแรงบิดจะมีค่าสูงกว่าตอนเริ่ม เดินเครื่องดังนั้น เพื่อให้การหยุดเดินมอเตอร์เป็นไปอย่างราบเรียบ ควรจะต่อความต้านทานอนุกรมเข้ากับแต่ละเฟสของสเตเตอร์

2.5 การควบคุมมอเตอร์

การควบคุมมอเตอร์ หมายถึง การทำให้มอเตอร์ทำงานตามคำสั่ง และทำให้เกิดความปลอดภัยต่อ ตัวมอเตอร์ และอุปกรณ์เครื่องจักรที่ต่อกับมอเตอร์ รวมถึงทำให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานด้วย

2.5.1 จุดประสงค์ของการควบคุมมอเตอร์

- 1) เพื่อเริ่มการเดินมอเตอร์ (Starting)
- 2) เพื่อการหยุดมอเตอร์ (Stopping)
- 3) เพื่อกลับทางหมุนมอเตอร์ (Reversing)
- 4) เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ (Running)

- 5) เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ (Speed Control)
- 6) เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน (Safety of Operator)
- 7) เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับมอเตอร์และระบบ (Protection Damage)
- 8) เพื่อบำรุงรักษาอุปกรณ์เริ่มเดินมอเตอร์ (Maintenance of Starting Equipment)

2.5.2 ประเภทของการควบคุมมอเตอร์

แบ่งตามลักษณะการสั่ง อุปกรณ์ควบคุมให้มอเตอร์ทำงานเป็น 3 ประเภทคือ

1) การควบคุมด้วยมือ (Manual control) เป็นการสั่ง งานให้อุปกรณ์ควบคุมทำงานโดยผู้ปฏิบัติงาน ควบคุมให้ระบบกลไกทางกลทำงาน ซึ่งการสั่ง งานให้ระบบกลไกทำงานนี้โดย ส่วนมากจะใช้คนเป็นผู้สั่ง งานแทบทั้ง สิ้น ซึ่งมอเตอร์จะถูกควบคุมจากการสั่ง งานด้วยมือโดยการ ควบคุมผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ท็อกเกิลสวิทช์ (Toggle switch) เซฟตี้สวิทช์ (Safety switch) ดรัมสวิทช์ (Drumswitch) เป็นต้น

2) การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatic control) โดยการใช้สวิทช์ปุ่มกดที่สามารถควบคุมระยะไกลได้ซึ่งมักจะต่อร่วมกับแมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic contactor) ที่ใช้จ่ายกระแสให้กับมอเตอร์แทนสวิทช์ธรรมดาซึ่งสวิทช์แม่เหล็กนี้อาศัยผลการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้าวงจรการควบคุมมอเตอร์กึ่งอัตโนมัตินี้ต้องอาศัยคนคอยกดสวิทช์จ่ายไฟให้กับสวิทช์แม่เหล็ก สวิทช์แม่เหล็กจะดูดให้หน้าสัมผัสมาแตะกันและจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ และถ้าต้องการหยุดมอเตอร์ก็จะต้องอาศัยคนคอยกดสวิทช์ปุ่มกดอีกเช่นเดิม จึงเรียกรูปแบบนี้ว่า การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

3) การควบคุมอัตโนมัติ (Automatic control) การควบคุมแบบนี้จะอาศัยอุปกรณ์ซึ่งนำ (Pilot device) คอยตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสิ่ง ต่าง ๆ เช่น สวิทช์-ลูกลอยทำหน้าที่ตรวจวัดระดับน้ำ ในถัง คอยสั่ง ให้มอเตอร์ปั๊ม ทำงานเมื่อน้ำหมดถัง และสั่งให้มอเตอร์หยุดเมื่อน้ำเต็มถัง, สวิทช์ความดัน ทำหน้าที่ตรวจจับความดันลมเพื่อสั่ง ให้ปั๊มลมทำงาน, เทอร์โมสแตท ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าตามอุณหภูมิสูงหรือต่ำ เป็นต้น วงจรการควบคุมมอเตอร์แบบนี้เพียงแต่ใช้คนกดปุ่มเริ่ม เดินมอเตอร์ในครั้งแรกเท่านั้น ต่อไปวงจรก็จะทำงานเองโดยอัตโนมัติตลอดเวลา

2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

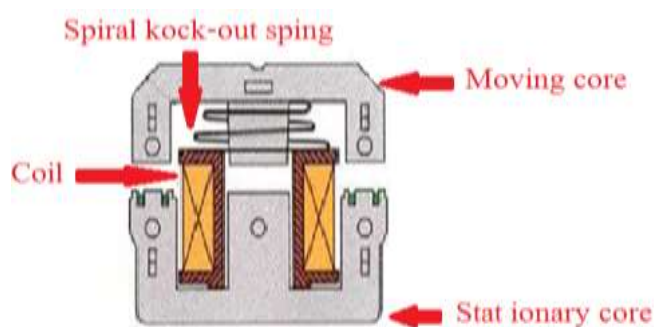
การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้านั้น มีอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุมมอเตอร์อย่างมากมายอุปกรณ์ที่ใช้ งานนั้นต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานในการควบคุม อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุมที่เป็นพื้นฐานหลักมีดังนี้

2.6.1 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)



ภาพที่ 2-6 แมกเนติกคอนแทคเตอร์

เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานโดยใช้อำนาจแม่เหล็ก ในการเปิดปิดหน้าสัมผัส เพื่อควบคุม วงจรมอเตอร์ หรือ เรียกว่าสวิตช์แม่เหล็ก(Magnetic Switch) หรือ คอนแทคเตอร์(Contactor) ก็ได้ แมกเนติกคอนแทคเตอร์มีโครงสร้างที่สำคัญและหลักการทำงานดังนี้



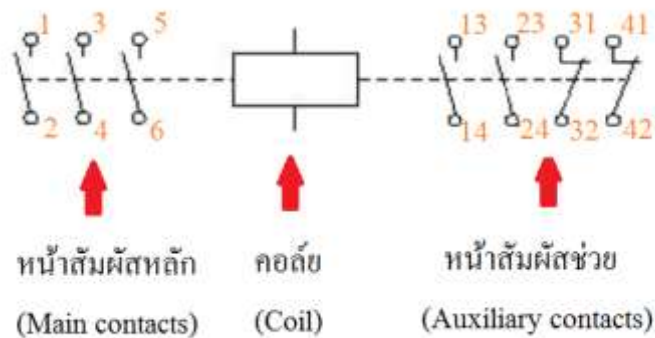
ภาพที่ 2-7 ลักษณะโครงสร้างภายในของแมกเนติกคอนแทคเตอร์

1) แกนเหล็ก แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ แกนเหล็กอยู่กับที่ (Stationary core) ที่ขาทั้งสองข้าง ของแกนเหล็กจะมีลวดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดอยู่ เป็นรูปร่างแหวน ฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกนเพื่อลดการสั่น สะเทือนของแกนเหล็ก อันเนื่องมาจากการสั่น สะเทือนไฟฟ้ากระแสสลับ เรียกวงแหวนนี้ว่า, shadding และแกนเหล็กเคลื่อนที่ (moving core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอัดซ้อนกันเป็นแกน จะมีชุดหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ (moving contact) ยึดติดอยู่

2) ขดลวด (Coil) ทำมาจากลวดทองแดงพันอยู่รอบบ๊อบบี้ตรงกลางขาตัวอีของแกนเหล็กที่อยู่กับที่ ขดลวดทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กเพื่อทำให้หน้าสัมผัสเปลี่ยนสถานะ

3) หน้าสัมผัส (Contact) แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts) โดยปกติ แล้วหน้าสัมผัสหลักมี 3 อัน สำหรับส่งผ่านกำลังไฟฟ้า 3 เฟสเข้าไปสู่มอเตอร์ หรือโหลดที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส หน้าสัมผัสหลักของคอนแทคเตอร์มีขนาดใหญ่ สามารถทนแรงดันและกระแสได้สูง หน้าสัมผัสหลักเป็นชนิดปกติเปิด (Normally open) และหน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) หน้าสัมผัส ชนิดนี้ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของตัวคอนแทคเตอร์ มีขนาดเล็กทนกระแสได้ต่ำ ทำ

หน้าที่ช่วยการ ทำงานของวงจร เช่น เป็นหน้าสัมผัสที่ทำให้คอนแทคเตอร์ทำงานได้ตลอดเวลา หรือเรียกว่า "holding" หรือ "maintaining contact" หน้าสัมผัสช่วยนี้จะเป็นหน้าสัมผัสแบบโยกได้สองทาง โดยจะถูก ดึงขึ้น-ลงไปตามจังหวะการดูด-ปล่อยของคอนแทคเตอร์



ภาพที่ 2-8 หน้าสัมผัสหลักและหน้าสัมผัสช่วย

4) หลักการทำงาน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดสนามแม่เหล็ก ที่อยู่ขากกลางของ แกนเหล็กขดลวดจะ สร้างสนามแม่เหล็กที่มีแรงสนามแม่เหล็กขณะแรงสปริง ดึงให้แกนเหล็กเคลื่อนที่ เคลื่อนที่ลงมาใน สภาวะนี้คอนแทคทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงานคือ คอนแทคปกติปิดจะเปิด วงจรจุดสัมผัสออก และคอนแทคปกติเปิดจะต่อวงจรของจุดสัมผัส เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยัง ขดลวด สนามแม่เหล็กคอนแทคทั้ง สองชุดจะกลับไปสู่สภาวะเดิม

2.6.2 รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay)



ภาพที่ 2-9 รีเลย์ตั้งเวลา

รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay) หรือรีเลย์หน่วงเวลา เป็นรีเลย์ควบคุมที่หน้าสัมผัสจะเปิดหรือ ปิด หลังจากช่วงเวลาที่ตั้งเอาไว้ผ่านไป ซึ่งจะต่างจากแบบทำงานทันทีซึ่งจะเปิดหรือปิดโดยทันที ช่วงเวลา หน่วงอาจจะเริ่ม ต้นจากการเปิดหรือปิดวงจรของแม่เหล็กก็ได้ ขึ้นอยู่กับการทำงานของวงจร จำแนกได้ 3 ประเภทดังนี้

1) หน่วงเวลาเมื่อมีไฟเข้า (Time Delay on Energization หรือ On-Delay)หน้าสัมผัสของรีเลย์ หน่วงเวลาชนิดนี้จะทำงานก็ต่อ เมื่อมีไฟเข้าที่ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงเวลาหน่วงตามที่ได้ตั้งเอาไว้ โดยที่หน้าสัมผัสจะเปลี่ยนสถานะ ณ จุดสิ้นสุดของช่วงเวลาหน่วงนั้น ๆ และเมื่อตัดไฟออกไปแล้ว หน้าสัมผัสจะกลับสู่สถานะปกติทันที

2) หน่วงเวลาเมื่อตัดไฟออก (Time Delay on De-Energization หรือ Off -Delay) หน้าสัมผัส ของรีเลย์หน่วงเวลาชนิดนี้จะทำงานทันทีที่มีไฟจ่ายเข้ามาและเมื่อตัดไฟออกจากวงจรเป็นระยะเวลาหนึ่ง ตามที่ตั้ง ไว้แล้วหน้าสัมผัสจึงจะกลับสู่สถานะปกติ

3) หน่วยเวลาทั้ง เมื่อมีไฟเข้าและตัดไฟออก (On-Delay and Off-Delay Timing Relay) หน้าสัมผัสของรีเลย์หน่วงเวลาชนิดนี้จะทำงานเมื่อ มีไฟเข้าที่ขดลวดแม่เหล็ก ไฟฟ้าในช่วงเวลาหน่วง ที่ตั้งเอาไว้ และเมื่อตัดไฟออกไปแล้วหน้าสัมผัสจะกลับสู่สถานะปกติหลังจากเวลาที่ได้ตั้งเอาไว้เช่นกัน ซึ่งรีเลย์ประเภทนี้ก็คือเป็นการรวมกันระหว่างรีเลย์หน่วงเวลา 2 ประเภทแรกนั่นเอง

2.6.3 รีเลย์ป้องกันโหลดเกินหรือโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay)



ภาพที่ 2-10 โอเวอร์โหลดรีเลย์

รีเลย์ป้องกันโหลดเกินหรือโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay) รีเลย์ป้องกันโหลดเกินนั้นมีหลายชนิด โดยในที่นี้จะกล่าวถึงรีเลย์ความร้อนเกินแบบโลหะคู่ (Bimetallic Thermal Overload Relay) ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมใช้กันมากที่สุด และมีระดับการป้องกันสูงต่อ สภาวะโหลดเกินที่ยาวนานหรือต่ำซึ่งมีใช้ทั้ง ระบบไฟกระแสสลับและกระแสดตรง มีลักษณะสมบัติทั่วไปดังนี้

1) การทำงานและการป้องกันเป็นแบบ 3 ขั้ว

2) มีการชดเชยอุณหภูมิอากาศแวดล้อมดังนั้นการแกว่งของอุณหภูมิจะไม่มีผลต่อการทำงาน

3) มีการป้องกันในแต่ละเฟส เพื่อป้องกันมอเตอร์ในกรณีทำงานแบบเฟสเดียวสามารถปรับตั้ง ใหม่ได้ด้วยมือหรืออัตโนมัติรีเลย์ความร้อนเกินแบบโลหะคู่จะมีโลหะคนละชนิด 2 แถบเชื่อมติดเข้า ด้วยกัน โดยต้องเลือกโลหะที่มี สัมประสิทธิ์การขยายตัวแตกต่างกัน เมื่อโลหะได้รับความร้อน แผ่นโลหะก็จะมี การโค้งงอในทิศทางที่ถูกกำหนด รีเลย์ชนิดนี้จะมีแผ่นโลหะ คู่ 3 ชุด แต่ละชุดจะถูกพันรอบด้วยขดลวดทำความร้อนที่มีการไหลของกระแสในแต่ละเฟส ขณะที่มอเตอร์มีการดึงกระแส ผลของความ ร้อนจะถูกวัดได้โดยโลหะคู่และมันจะเริ่ม โค้ง ปริมาณการโค้งจะขึ้นกับขนาดของกระแส โลหะคู่จึงถูก ใช้ในการควบคุมและตัดกลไกการทำงานถ้ากระแสถูกดึงโดยโหลดเกินค่าที่ตั้งไว้ โลหะคู่จะโค้งจนถึง จุดตัด ทำให้หน้าสัมผัสช่วยเปิดและอีกอันปิด หน้าสัมผัสที่เปิด ปกติแล้วจะถูกต่อกับวงจรขดลวดคอนแทคเตอร์

และเมื่อน้ำสัมผัสเปิดก็จะเป็นการหยุดการทำงานของมอเตอร์ส่วนน้ำสัมผัสที่ปิดจะใช้ ควบคุมหลอดไฟ ชี้นำ (Pilot Lamp) เพื่อส่งสัญญาณเตือนว่ามีการตัด และเมื่อตัดแล้วจะสามารถปรับตั้ง รีเลย์ใหม่ได้ก็ ต่อเมื่ออุณหภูมิของโลหะคู่ลดลงแล้ว

2.6.4 ฟิวส์ (Fuse)



ภาพที่ 2-11 ฟิวส์ (Fuse)

ฟิวส์ (Fuse) มี 2 ประเภท คือ

1) ชนิด มาตรฐานทำงานทันที (Non Time Delay Fuse)

2) ชนิดหน่วงเวลา (Time Delay Fuse) ฟิวส์กำลังที่เหมาะสมสำหรับการป้องกันมอเตอร์ จะ เป็นฟิวส์ชนิดหน่วงเวลา เนื่องจากกระแสเริ่มแรกในขณะสตาร์ทมอเตอร์มีค่าสูงกว่ากระแสปกติ ประมาณ 5-8 เท่า ฟิวส์ตามมาตรฐาน IEC (In) (International Electrotechnical Commission) มี ขนาดเป็นแอมแปร์ (A) ดังนี้ 6,10,20,25,32,40,50,63,80,100,125,160,200,250,315,400

2.6.5 หลอดไฟสัญญาณ (Pilot Lamp)



รูปที่ 2.12 หลอดไฟสัญญาณ (Pilot Lamp)

เป็นหลอดไฟที่ใช้สถานะในการทำงานมีหลายสีหลายแบบ บางชนิดเป็นแบบรวมอยู่กับสวิตช์ ปุ่มกดหรือมีหม้อแปลงเล็ก สำหรับจ่ายไฟให้หลอดที่ใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำ รายละเอียดและเทคนิคเวลา เลือกใช้ก็คือ แรงดันใช้งาน รูปแบบ และสีของเลนส์การต่อหลอดสัญญาณจะไม่ต่อขนาดกับขดลวดของ รีเลย์ เนื่องจากขดลวดของรีเลย์จะเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าสูง

2.6.6 สวิตช์ปุ่มกด (Pushbutton Switch)



ภาพที่ 2-13 สวิตช์ปุ่มกด (Pushbutton Switch)

โดยทั่วไปตัวสวิตช์จะมีคอนแทคปกติปิดและเปิด อย่างละหนึ่งคอนแทคในตัวเดียวกัน แต่สามารถนำคอนแทคมาต่อเพิ่มเติมได้ตามต้องการตัวปุ่มกดมีหลายแบบให้เลือกใช้ รายละเอียดเทคนิค เวลาเลือกใช้ก็คือกระแสคอนแทค ,จำนวนและชนิดของคอนแทค แรงดันใช้งาน ขนาดและรูปแบบที่ต้องการใช้

2.6.7 พีแอลซี (Programmable logic Controller: PLC)



ภาพที่ 2-14 PLC Xinje XC3-14R-C

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Controller : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสิ่งสำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของ

อุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand-alone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น

PLC เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด – สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard- Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

1) โครงสร้างของ PLC

PLC เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม PLC ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรม PLC ขนาดเล็กส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC จะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็น ส่วนประกอบย่อย ๆ ได้

หน่วยความจำของ PLC ประกอบด้วย หน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับการปฏิบัติงานของ PLC ส่วน ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ ROM ย่อมาจาก Read Only Memory สามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้ ถ้าชำรุดแล้วซ่อมไม่ได้

i. RAM (Random Access Memory) หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็ก ๆ ต่อไว้ เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมบ่อย ๆ

ii. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิด EPROM นี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตหรือตากแดดร้อนๆ นาน ๆ มีข้อดีตรงที่โปรแกรมจะไม่สูญหายแม้ไฟดับ จึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องเปลี่ยนโปรแกรม

iii. EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีการทางไฟฟ้า

เหมือนกับ RAM นอกจากนั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับ ราคาจะแพงกว่า แต่จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน

2.6.8 สวิตซ์ซิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)



ภาพที่ 2-15 Switching Power Supply

Power Supply คือแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับตัวอุปกรณ์หรือ Device ที่เราใช้งาน ซึ่งก็มีหลากหลายประเภท มีแบบที่เป็น linear Power Supply ก็คือพวก Transformer กับ Non-linear Power Supply หรือ Switching Power Supply โดยเฉพาะ Switching Power Supply ที่เราจะมาแนะนำนี้ เป็นอุปกรณ์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยจะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ต้องการแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อให้ฟังก์ชันในอุปกรณ์ทำงานได้ (ส่งแรงดันไฟฟ้าไปยัง Capacitor หรือ Chips ของอุปกรณ์นั้น)

2.6.9 รีเลย์ (Relay)



ภาพที่ 2-16 รีเลย์

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือ

เปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

1) รีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

ก) ส่วนของขดลวด (Coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระตุ้นให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ถูกผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระตุ้นให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

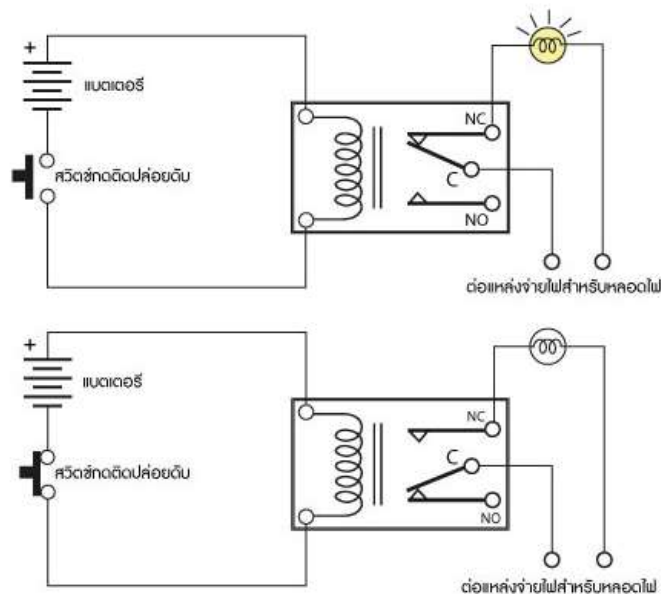
ข) ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง

2) จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

ก) จุดต่อ NC ย่อมาจาก Normally Close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

ข) จุดต่อ NO ย่อมาจาก Normally Open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่นโคมไฟสนามเหนือหน้าบ้าน

ค) จุดต่อ C ย่อมาจาก Common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



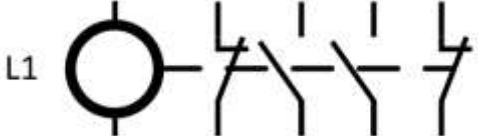
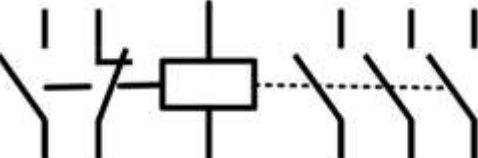


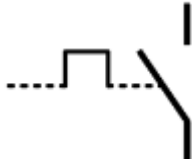


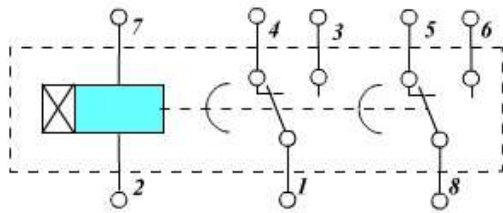
ภาพที่ 2-17 วงจรการต่อใช้งานรีเลย์

2.7 สัญลักษณ์ที่ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า จำเป็นที่จะต้องเขียนสัญลักษณ์แทนของจริง ซึ่งในตารางต่อไปนี้จะแสดงสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ ซึ่งในที่นี้จะใช้สัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ตามมาตรฐานการออกแบบของ EIC (International Electrotechnical Commission)

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

สัญลักษณ์	ความหมาย
	หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open)
	หน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close)
	รีเลย์ (Relay)
	คอนแทรกเตอร์ (Contactor)
	หลอดไฟสัญญาณ (Pilot lamp)
	เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)
	โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay)



รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relays)



มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส (Three Phase Induction Motor)

F1



ฟิวส์ (Fuses)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เปรมชัย คงตัน(2555: บทคัดย่อ) การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 32 ที่มีคุณภาพ รวมทั้งหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 32 ตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 24 คน ระหว่างภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ในระหว่างการปฏิบัติใบงานมีการประเมินความสามารถทางการปฏิบัติ โดยการสังเกตด้วยแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติ และเมื่อปฏิบัติใบงานเสร็จจะมีการทดสอบด้วยแบบทดสอบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 32

ผลจากการวิจัยพบว่า ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 32 ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านบอร์ดทดลอง ในระดับ ดีมาก มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.64 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 และด้านใบงานอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.50 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 และมีประสิทธิภาพ 80.92/82.46 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

เรวดี มาน้อย(2556: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) หาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์ตามเกณฑ์ 80/80 และ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิตของโรงเรียนพัทลุง ปีการศึกษา 2556 จำนวน 30 คน ที่ได้มาโดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พร้อมคู่มือการใช้ และแบบทดสอบ

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพทางการศึกษา และสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน (t-test dependent)

ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 2) ชุดทดลองกลศาสตร์มีประสิทธิภาพทางการศึกษา 80.33/81.11 3) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นชุดทดลองกลศาสตร์นี้สามารถนำไปใช้ในโรงเรียนต่าง ๆ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

ทวิศิลป์ พรหมสุวรรณ(2556: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วิชา งานช่างพื้นฐาน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ฝ่ายมัธยม โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติวิชางานช่างพื้นฐาน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้รูปแบบการวิจัย ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้ (1) สร้างและทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ โดยผู้วิจัยสร้างชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นมา แล้วปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ จึงนำมาใช้การทดลองต่อวงจรซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง (2) วิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองและคู่มือการใช้โดยผู้เชี่ยวชาญ และ (3) หาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้การทดลองแบบ one-group post –test only กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ที่เรียนวิชางานช่างพื้นฐาน จำนวนรวม 30 คนผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 99.2/95.87 ซึ่งได้ผลมากกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ (90/90) แสดงว่าชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ
2. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสสลับของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.97 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือคะแนนที่ตั้งไว้

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ เพื่อหาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีลำดับหัวข้อและรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- 3.1 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การดำเนินการทดลอง
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

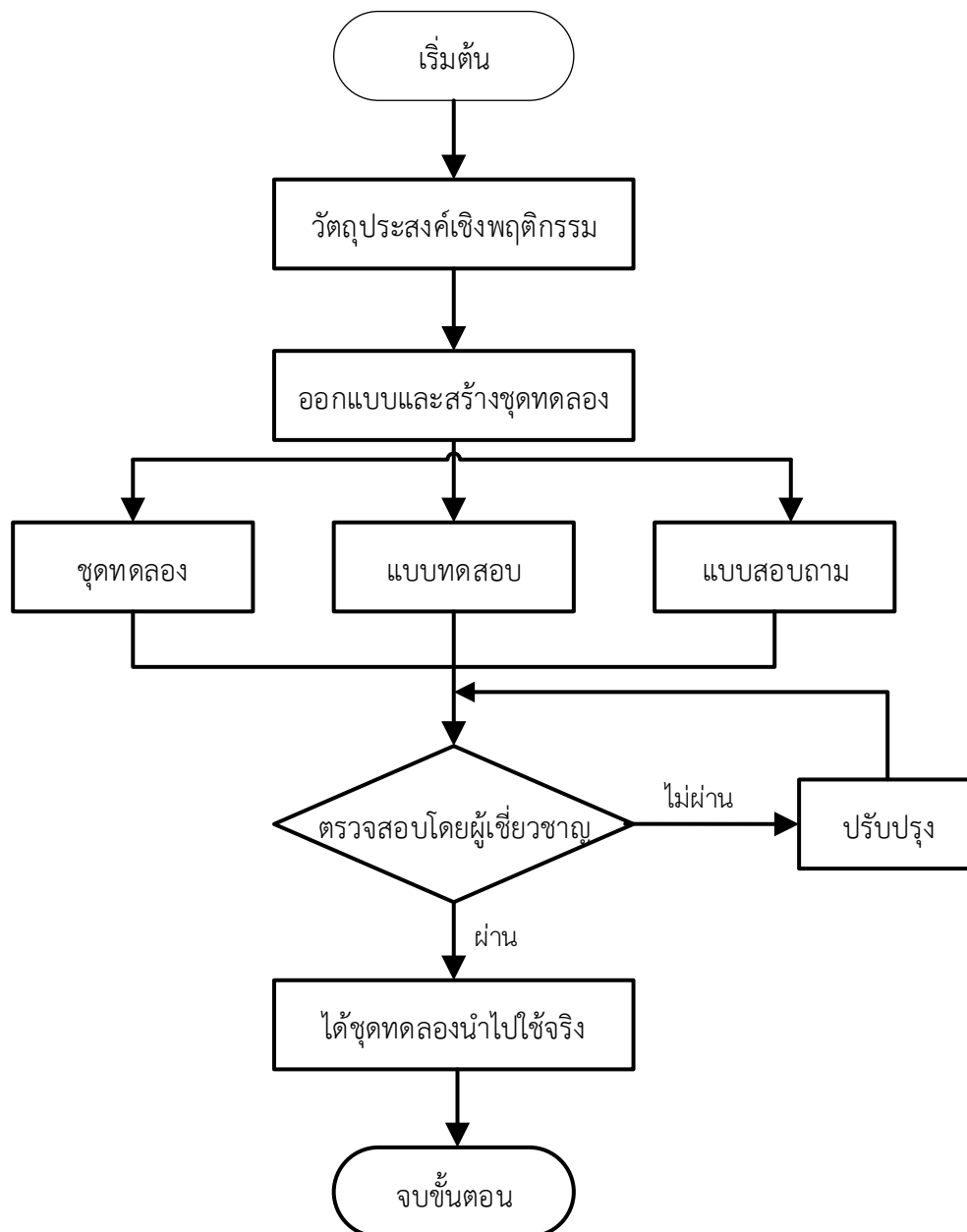
3.1 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ อดุทธศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา อุปกรณ์กลไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมอดุทธศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน ออกแบบชุดทดลอง คู่มือการทดลอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยมีลำดับขั้นตอนการสร้างแสดงดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

รายละเอียดในแต่ละขั้นตอน มีดังต่อไปนี้

3.2.1 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ขั้นตอนนี้เริ่มจากการวิเคราะห์งาน วิเคราะห์หัวข้อเรื่องและกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.2.2 ออกแบบและสร้างชุดทดลอง ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรม เมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และใบงานการทดลอง ซึ่งจากการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ประกอบด้วยใบงานทั้งหมด 7 หัวข้อ ดังนี้

1) ใบงานที่ 1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง

- 2) ใบงานที่ 2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานตามลำดับขั้นแบบควบคุมด้วยมือ
- 3) ใบงานที่ 3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานตามลำดับขั้นแบบอัตโนมัติ
- 4) ใบงานที่ 4 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว
- 5) ใบงานที่ 5 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด
- 6) ใบงานที่ 6 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด
- 7) ใบงานที่ 7 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ท – เคลลต้า

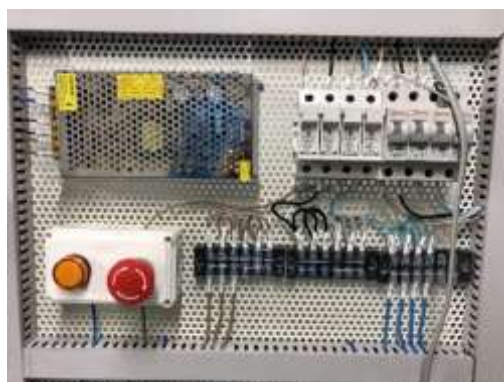
โดยมีขั้นตอนการจัดทำชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ รายละเอียดดังนี้

1. สร้างโครงสำหรับยึดอุปกรณ์การทดลองทั้งหมด



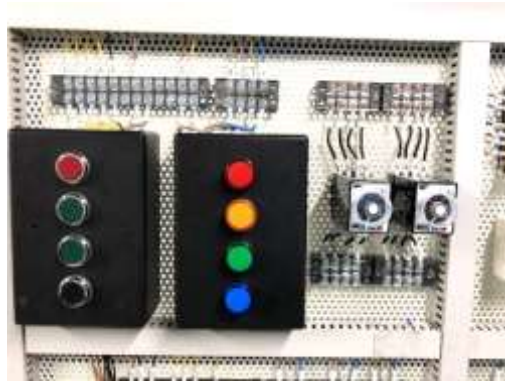
ภาพที่ 3-2 โครงสำหรับยึดอุปกรณ์

2. ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า



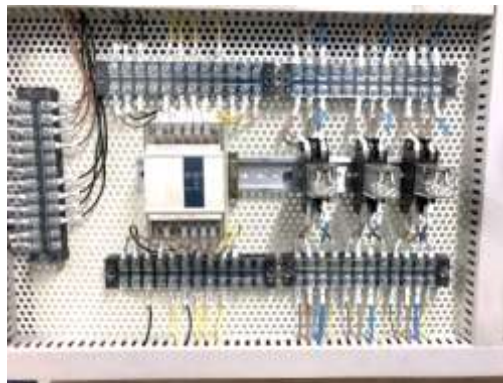
ภาพที่ 3-3 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า

3. ติดตั้งสวิตช์ปุ่มกด หลอดไฟสัญญาณ และรีเลย์หน่วงเวลา



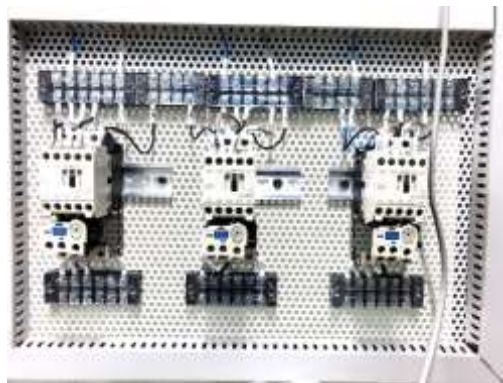
ภาพที่ 3-4 การติดตั้งสวิตช์ปุ่มกด หลอดไฟสัญญาณ และรีเลย์หน่วงเวลา

4. ติดตั้งใช้งานส่วนควบคุมด้วยพีแอลซี



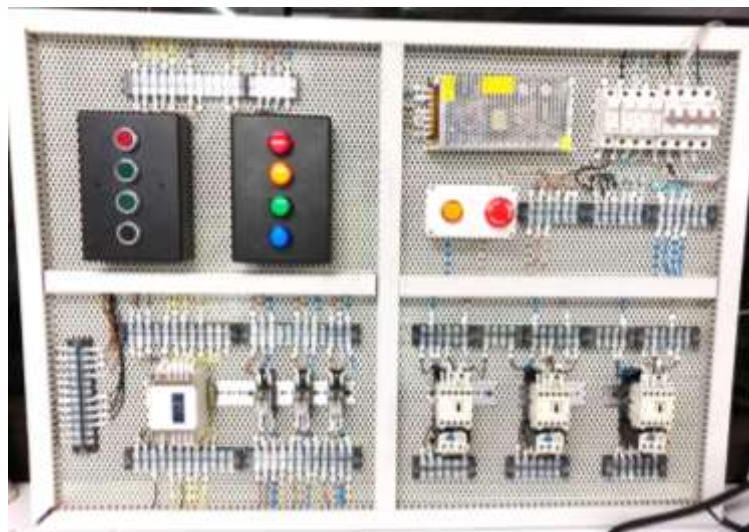
ภาพที่ 3-5 การติดตั้งใช้งานส่วนควบคุมด้วยพีแอลซี

5. ติดตั้งแมกเนติกส์คอนแทกเตอร์และโอเวอร์โวลต์รีเลย์



ภาพที่ 3-6 การติดตั้งแมกเนติกส์คอนแทกเตอร์และโอเวอร์โวลต์รีเลย์

6. ประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกันพร้อมใช้ชุดทดลอง



ภาพที่ 3-7 ชุดทดลองพร้อมใช้งาน

3.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัย โดยทำการเขียนข้อคำถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีความกะทัดรัด ตรงไปตรงมา และทำความเข้าใจง่าย โดยมีตัวเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือกได้แก่ ก. ข. ค. และ ง. โดยคำตอบที่ถูกต้องของแบบทดสอบจะกระจายอยู่ตัวเลือกละ 25 % หลังจากนั้นจะให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และทำการปรับปรุง แก้ไข ผลการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง

3.2.4 แบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียน โดยการใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นโดยแบบสอบถามมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคอร์ท (Likert's Rating Scale) 5 ระดับ แบ่งเป็น 3 ด้าน

3.3 การดำเนินการทดลอง

เมื่อปรับปรุงและแก้ไขชุดทดลองตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง กำหนดเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. ปฐมนิเทศนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างก่อนเริ่มใช้ชุดทดลอง ผู้สอนชี้แจงวัตถุประสงค์การสอน รูปแบบ ขั้นตอนการสอน และวิธีเรียนให้กลุ่มตัวอย่างทราบ

2. ผู้วิจัยทำการสอนนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างตามแผนการสอนพร้อมทั้งปฏิบัติตามใบงาน และมีการตรวจใบงาน

4. ทดสอบด้านความรู้ หลังจากนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างผ่านการเรียนการสอน ครบทุกหัวข้อเรื่องแล้ว และทำใบปฏิบัติงานเรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5. ทดสอบด้านทักษะ หลังจากนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างผ่านการเรียนการสอน ครบทุกหัวข้อเรื่องแล้ว และทำใบปฏิบัติงานเรียบร้อยแล้ว ด้วยการสอบปฏิบัติ

6. ให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ผลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความสอดคล้องของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาแปลงเป็นคะแนน ดังนี้ (มงคล, 2545: 60)

มีความเห็นว่า สอดคล้อง	กำหนดคะแนนเป็น	1
มีความเห็นว่า ไม่น่าใจ	กำหนดคะแนนเป็น	0
มีความเห็นว่า ไม่สอดคล้อง	กำหนดคะแนนเป็น	-1

จากนั้นนำมาแทนค่าในสูตรหาค่าดัชนีความสอดคล้อง

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

เมื่อ	IOC	คือ	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency)
	$\sum \square$	คือ	ค่าผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ซึ่งเกณฑ์การแปลความหมายดัชนีความสอดคล้อง มีดังนี้

0.50 ถึง 1.00 หมายถึง สอดคล้อง

-0.50 ถึง 0.49 หมายถึง ไม่น่าใจ

-1.00 ถึง -0.49 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

3.4.2 การวิเคราะห์ผลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับความเหมาะสม ของชุดการสอน โดยหาค่าเฉลี่ยจากคะแนนที่แจกแจงความถี่แล้ว และสวนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม SPSS for window (ฉัตรศิริ, 2544: 129-132)

3.4.3 การแปลความหมายของแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (ชูศรี, 2544:75) มีรายละเอียดดังนี้

ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่ 4.51-5.00 หมายถึง มากที่สุด

ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่ 3.51-4.50 หมายถึง มาก

ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่ 2.51-3.50 หมายถึง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่ 1.51-2.50 หมายถึง น้อย

ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่ 1.00-1.50 หมายถึง น้อยที่สุด

3.4.4 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้านความรู้ (เสาวณีย์ , 2526: 56-57)

จากสูตร

$$E_1 = \frac{(\sum x/N)}{A} * 100$$

$$E_2 = \frac{(\sum y/N)}{B} * 100$$

เมื่อ	E_1	คือ	ประสิทธิภาพของของการเรียนรู้ระหว่างเรียน คิดจากการทำแบบฝึกหัดแต่ละใบความรู้เป็นร้อยละ
	E_2	คือ	ประสิทธิภาพของการเรียนรู้หลังเรียน คิดจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นร้อยละ
	$\sum x$	คือ	คะแนนรวมของผู้เรียนระหว่างเรียน
	$\sum y$	คือ	คะแนนรวมของผู้เรียนหลังเรียน
	N	คือ	จำนวนผู้เรียนทั้งหมด
	A	คือ	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดระหว่างเรียนทุกหัวเรื่องรวมกัน
	B	คือ	คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ก่อนเรียน

M_2 คือ คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียน

P คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

ค่าอัตราส่วนที่ได้จากสูตรนี้ จะมีช่วยอยู่ระหว่าง 0-2 ถ้าค่าที่คำนวณได้ มีค่ามากกว่า 1 ถือว่าได้เกณฑ์มาตรฐาน

3.4.5 วิเคราะห์ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดการสอนทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยผู้วิจัยเสนอผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1 ผลการสร้างชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล มี 3 ส่วน คือ

4.2.1 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

4.2.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลอง

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียน

4.1 ผลการสร้างชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

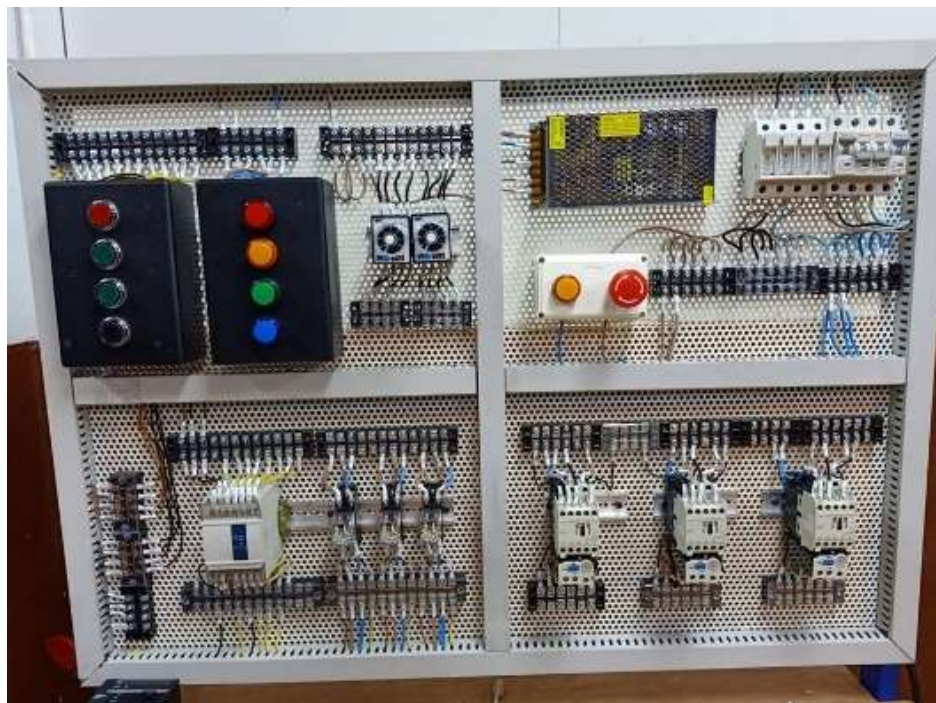
ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย

1) คู่มือครู ประกอบด้วย ใบความรู้ ใบปฏิบัติงานพร้อมเฉลย และแบบประเมินผล

2) คู่มือนักศึกษา ประกอบด้วย ใบความรู้ ใบปฏิบัติงาน และแบบประเมินผล

3) ชุดทดลอง

ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2.1 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินคุณภาพของชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน โดยประเมินคุณภาพด้านโครงสร้าง และด้านการใช้งาน

ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านโครงสร้างของชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

หัวข้อประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. ขนาดรูปร่างเหมาะสมกับการใช้งาน	4.30	.42	มาก
2. ความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์	4.40	.64	มาก
3. ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งอุปกรณ์	4.20	.56	มาก
4. ความประณีตสวยงาม	4.10	.48	มาก
5. ความเหมาะสมในการออกแบบโดยรวม	4.30	.51	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมด้านโครงสร้าง	4.26	0.52	มาก

จากตารางที่ 4-1 แสดงผลการประเมินคุณภาพด้านโครงสร้างของชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมด้านโครงสร้างมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านการใช้งานชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

หัวข้อประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. ความสะดวกในการใช้งาน	4.40	.69	มาก
2. ความเหมาะสมของใบปฏิบัติงาน	4.20	.63	มาก
3. ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายชุดทดลอง	4.30	.73	มาก
4. ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์	4.40	.66	มาก
5. มีประโยชน์ต่อการเรียนการสอน	4.50	.63	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมด้านการใช้งาน	4.36	0.67	มาก

จากตารางที่ 4-2 แสดงผลการประเมินคุณภาพด้านการใช้งานชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมด้านการใช้งานมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก

4.2.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลอง

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยแบ่งการหาประสิทธิภาพออกเป็น 2 ด้าน ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลอง ด้านความรู้ แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการหาค่าประสิทธิภาพชุดทดลองด้านความรู้

n= 25

รายการ	คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	คะแนนเต็ม	ร้อยละ
คะแนนจากการทำแบบฝึกหัด (E1)	738	29.52	35	84.34
คะแนนจากการทำแบบทดสอบ (E2)	730	29.20	35	83.43

จากตารางที่ 4-3 ผลการวิจัยซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏว่า ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพด้านความรู้ คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ เท่ากับ 84.34/83.43 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80

2) ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลอง ด้านทักษะ แสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ค่าประสิทธิภาพชุดทดลองด้านความทักษะ

n= 25

รายการ	คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	คะแนนเต็ม	ร้อยละ
คะแนนจากการทำใบปฏิบัติงาน (E1)	1462	58.48	75	77.97
คะแนนจากการทดสอบปฏิบัติ (E2)	1395	55.80	70	79.71

จากตารางที่ 4-4 ผลการวิจัยซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏว่า ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพด้านทักษะ คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของการทำใบปฏิบัติงาน และการทดสอบปฏิบัติ เท่ากับ 77.97/79.71 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 75/75

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียน

การวิเคราะห์หาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ แสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินค่าระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จำนวน 25 คน

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. ด้านการใช้งานชุดทดลอง	4.41	.43	มาก
2. ด้านคู่มือนักศึกษา	4.17	.65	มาก
3. ด้านแบบทดสอบและการประเมินผล	4.31	.47	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.29	.52	มาก

จากตารางที่ 4-5 พบว่านักศึกษามีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีความพึงพอใจด้านการใช้งานชุดทดลองมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านแบบทดสอบและการประเมินผล และอันดับสุดท้ายคือ ด้านคู่มือนักศึกษา

บทที่ 5

สรุปผล และอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพ ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยสมมติฐานการวิจัย คือ ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับดีขึ้นไป (ค่าเฉลี่ย มากกว่า 3.50) และชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดด้านความรู้ 80/80 และ ด้านทักษะ 70/70 จากผลการปฏิบัติงาน การเก็บข้อมูล และผลการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยมีการประเมินคุณภาพด้านโครงสร้างของชุดทดลอง โดยมีระดับคุณภาพดังนี้ 1) ชุดทดลองมีคุณภาพโดยรวมด้านโครงสร้างอยู่ในระดับมากที่สุด หากพิจารณาเป็นรายหัวข้อ พบว่า ความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์มีค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพมากที่สุด รองลงมาคือ ขนาดรูปร่างเหมาะสมกับการใช้งาน และความเหมาะสมในการออกแบบโดยรวม อันดับถัดมา คือ ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งอุปกรณ์ อันดับสุดท้าย คือ ความประณีตสวยงาม และ 2) ชุดทดลองมีคุณภาพโดยรวมด้านการใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งหากพิจารณาเป็นรายหัวข้อ พบว่า มีประโยชน์ต่อการเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพมากที่สุด รองลงมาคือ ความสะดวกในการใช้งาน และใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ อันดับถัดมา คือ ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายชุดทดลอง อันดับสุดท้าย คือ ความเหมาะสมของใบปฏิบัติงาน

5.1.2 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง

ผลการหาประสิทธิภาพชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพด้านความรู้ เท่ากับ 84.34/83.43 และมีประสิทธิภาพด้านทักษะเท่ากับ 77.97/79.71

5.1.3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียน

ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ พบว่านักศึกษามีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีความพึงพอใจด้านการใช้งานชุดทดลองมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านแบบทดสอบและการประเมินผล และ อันดับสุดท้ายคือ ด้านคู่มือนักศึกษา

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 การประเมินคุณภาพชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมด้านโครงสร้างมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด และด้านการใช้งานมีคุณภาพในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน ซึ่งเป็นตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.2.2 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง ด้านความรู้ ผลปรากฏว่า ประสิทธิภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพด้านความรู้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยคิดจากคะแนนเฉลี่ยร้อยละของการทำแบบฝึกหัด (E_1) และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียน (E_2) มีค่าเท่ากับ 84.34/83.43 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีขั้นตอนในการสร้างที่ดี ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับมาก ก่อนที่จะนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างเมื่อพิจารณาจากค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของการทำแบบฝึกหัดจะมีค่าสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เนื่องจากการทำแบบฝึกหัดผู้เรียนได้ทำทันทีหลังเรียนจบในแต่ละหัวข้อ อีกทั้งสามารถค้นหาข้อมูลเพื่อนำมาทำแบบฝึกหัดได้ แต่การทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้เรียนไม่สามารถค้นหาข้อมูลขณะที่ทำแบบทดสอบ อาจจะทำให้ความรู้ ความเข้าใจ ความจำในเนื้อหาที่มีความแม่นยำลดลง หรือถูกลืมไปบางส่วน

การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองด้านทักษะ ผลปรากฏว่าประสิทธิภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพด้านทักษะสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยคิดจากคะแนนเฉลี่ยร้อยละของการทำใบปฏิบัติงาน (E_1) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละของการทดสอบปฏิบัติ (E_2) มีค่าเท่ากับ 77.97/79.71 ซึ่งสูงกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.2.3 การประเมินค่าระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ พบว่านักศึกษามีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีความพึงพอใจด้านการใช้งานชุดทดลองมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านแบบทดสอบและการประเมินผล และอันดับสุดท้ายคือ ด้านคู่มือนักศึกษา

กระบวนการในการสร้างชุดทดลองในการวิจัยนี้ ได้วิเคราะห์และออกแบบอย่างเป็นระบบโดยเริ่มต้นจากการศึกษาแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย มีการปรับปรุงแก้ไขตามกระบวนการสร้างเครื่องมือวิจัยทำให้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการสอนเรื่อง การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนมีกระตือรือร้น มีความตั้งใจในการเรียนรู้ และมีความมั่นใจในการปฏิบัติงานด้านการควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์มากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัยยศ ดำรงกิจโกศล (2560) ที่ได้พัฒนาชุดฝึกอบรมการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่พบว่า ครูผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีผลสัมฤทธิ์ด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ทฤษฎี : 80/80 ปฏิบัติ : 75) ด้านการจัดการฝึกอบรมในภาพรวมอยู่ในระดับดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาญชัย ทองประสิทธิ์ (2561) ที่ได้สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนการอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง การประหยัดพลังงาน พบว่าชุดการสอนมีประสิทธิภาพ 80.88/80.73 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80

บรรณานุกรม

- ชัยณรงค์ เย็นศิริ และกฤษดา ศรีจันทร์พิยม. 2559. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการประเมินตามสภาพจริงในวิชา การพัฒนาหลักสูตร และบุคลากรทางอาชีวศึกษา ของภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, น.68 - 73. ใน การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 9 . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- ชัยยศ ดำรงกิจโกศล. 2560. การพัฒนาชุดฝึกอบรมการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์, น.64-72. วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่ 29 ฉบับที่ 101.
- โชคชัย อลงกรณ์ทักษิณ. 2559. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง ผู้บังคับรถชุด-ตัก, น.148 – 152 ใน การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 9 . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- ชาญชัย ทองประสิทธิ์. 2561. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนการอนุรักษ์พลังงาน เรื่องการประหยัดพลังงาน. น. 75-80. วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่ 30 ฉบับที่ 106.
- สุประวิทย์ เมืองเจริญ. 2559. การพัฒนาและสร้างชุดทดลองการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับงานคัดแยกวัตถุ, น.39 – 44. ใน การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 9 . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ภาคผนวก



คู่มือสำหรับครู

ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วย
โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

Electric Motor Control Training Kit
with PLC

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
และเทคโนโลยี



คำนำ

เนื้อหาของคู่มือเล่มนี้ประกอบไปด้วย รายละเอียดของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ใบงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี ประกอบด้วย ใบงานที่ 1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง ใบงานที่ 2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานตามลำดับขั้นแบบควบคุมด้วยมือ ใบงานที่ 3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานตามลำดับขั้นแบบอัตโนมัติ ใบงานที่ 4 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว ใบงานที่ 5 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด ใบงานที่ 6 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด และใบงานที่ 7 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ – เดลต้า เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในสถานการณ์ต่าง ๆ มีทักษะการคิดและการแก้ปัญหา และบูรณาการกับการทำงานตามสาขาอาชีพต่าง ๆ ต่อไป

ผู้จัดทำคู่มือ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือสำหรับการใช้งานชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี เล่มนี้ จะสามารถให้ความรู้และเกิดประโยชน์แก่ผู้สอน ผู้เรียน ตลอดจนผู้ที่สนใจศึกษาทั่วไปเป็นอย่างดี หากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้จัดทำ ขออ้อมรับคำติชมเพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขในโอกาสต่อไป

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
รายละเอียดของชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี	
อุปกรณ์ที่ใช้ในชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี	3
สัญลักษณ์ที่ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	8
การใช้งานชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี	9
ใบงานการควบคุมมอเตอร์ด้วยพีแอลซี	
ใบงานที่ 1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง	13
ใบงานที่ 2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานตามลำดับชั้นแบบควบคุมด้วยมือ	18
ใบงานที่ 3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานตามลำดับชั้นแบบอัตโนมัติ	22
ใบงานที่ 4 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว	28
ใบงานที่ 5 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด	32
ใบงานที่ 6 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด	36
ใบงานที่ 7 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ – เดลต้า	40

รายละเอียดของชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี

ชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี เป็นชุดฝึกของหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย โดยในคู่มือชุดนี้มีส่วนประกอบดังนี้

- 1) อุปกรณ์ที่ใช้ในชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี
- 2) สัญลักษณ์ที่ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- 3) ใบงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยวงจรไฟฟ้า
- 4) ใบงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้านั้น มีอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุมอย่างมากมายอุปกรณ์ที่ใช้งานนั้นต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานในการควบคุม อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุมมีดังนี้

1.1 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)



รูปที่ 1.1 แมกเนติกคอนแทคเตอร์

เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานโดยใช้อำนาจแม่เหล็ก ในการเปิดปิดหน้าสัมผัส เพื่อควบคุมวงจรมอเตอร์ หรือ เรียกว่าสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch) หรือ คอนแทคเตอร์(Contactor) ก็ได้

1.2 รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay)



รูปที่ 1.2 รีเลย์ตั้งเวลา

รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay) หรือรีเลย์หน่วงเวลา เป็นรีเลย์ควบคุมที่หน้าสัมผัสจะเปิดหรือ ปิด หลังจากเวลาที่ตั้งเอาไว้ผ่านไป ซึ่งจะต่างจากแบบทำงานทันทีซึ่งจะเปิดหรือปิดโดยทันที ช่วงเวลาหน่วงอาจจะ เริ่ม ต้นจากการเปิดหรือปิดวงจรของแม่เหล็กก็ได้ ขึ้นอยู่กับการทำงานของวงจร

1.3 รีเลย์ป้องกันโหลดเกินหรือโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay)



รูปที่ 1.3 โอเวอร์โหลดรีเลย์

รีเลย์ป้องกันโหลดเกินหรือโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay) รีเลย์ป้องกันโหลดเกินนั้นมีหลาย ชนิด โดยในที่นี้จะกล่าวถึงรีเลย์ความร้อนแบบโลหะคู่ (Bimetallic Thermal Overload Relay) ซึ่งเป็นชนิด ที่นิยมใช้กันมากที่สุด และมีระดับการป้องกันสูงต่อ สภาวะโหลดเกินที่ยาวนานหรือต่ำ ซึ่งมีใช้ทั้ง ระบบไฟ กระแสสลับและกระแสตรง

1.4 ฟิวส์ (Fuse)



รูปที่ 1.4 ฟิวส์

ฟิวส์กำลังที่เหมาะสมสำหรับการป้องกันมอเตอร์จะเป็นฟิวส์ชนิดหน่วงเวลา เนื่องจากกระแสเริ่มแรกในขณะสตาร์ทมอเตอร์มีค่าสูงกว่ากระแสปกติ ประมาณ 5-8 เท่า ฟิวส์ตามมาตรฐาน IEC (In) (International Electrotechnical Commission) มีขนาดเป็นแอมแปร์ (A) ดังนี้ 6,10,20,25,32,40,50,63,80,100,125,160,200,250,315,400

1.5 หลอดไฟสัญญาณ (Pilot Lamp)



รูปที่ 1.5 หลอดไฟสัญญาณ

เป็นหลอดไฟที่ใช้สถานะในการทำงานมีหลายสีหลายแบบ บางชนิดเป็นแบบรวมอยู่กับสวิตช์ปุ่มกด หรือมีหม้อแปลงเล็ก สำหรับจ่ายไฟให้หลอดที่ใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำ รายละเอียดและเทคนิคเวลา เลือกใช้ก็คือ แรงดันใช้งาน รูปแบบ และสีของเลนส์การต่อหลอดสัญญาณจะไม่ต่อขนาดกัขดลวดของ รีเลย์ เนื่องจากขดลวดของ รีเลย์จะเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าสูง

1.6 สวิตช์ปุ่มกด (Pushbutton Switch)



รูปที่ 1.6 สวิตช์ปุ่มกด

โดยทั่วไปตัวสวิตช์จะมีคอนแทคปกติปิดและเปิด อย่างละหนึ่งคอนแทคในตัวเดียวกัน แต่สามารถนำคอนแทคมาต่อเพิ่มเติมได้ตามต้องการตัวปุ่มกดมีหลายแบบให้เลือกใช้ รายละเอียดเทคนิคเวลาเลือกใช้ก็คือ กระแสคอนแทค ,จำนวนและชนิดของคอนแทค แรงดันใช้งาน ขนาดและรูปแบบที่ต้องการใช้

1.7 พีแอลซี (Programmable logic Controller: PLC)



รูปที่ 1.7 พีแอลซี Xinje XC3-14R-C

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Controller : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสิ่งสำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที

1.8 สวิตซ์ซิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)



รูปที่ 1.8 สวิตซ์ซิงเพาเวอร์ซัพพลาย

Power Supply คือแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับตัวอุปกรณ์หรือ Device ที่เราใช้งาน ซึ่งก็มีหลากหลายประเภท มีแบบที่เป็น linear Power Supply ก็คือพวก Transformer กับ Non-linear Power Supply หรือ Switching Power Supply โดยเฉพาะ Switching Power Supply ที่เราจะมาแนะนำนี้ เป็นอุปกรณ์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยจะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ต้องการแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อให้ฟังก์ชันในอุปกรณ์ทำงานได้

1.9 รีเลย์ (Relay)





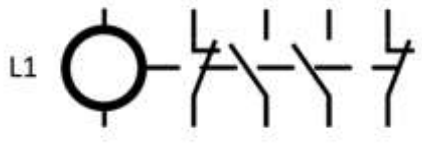
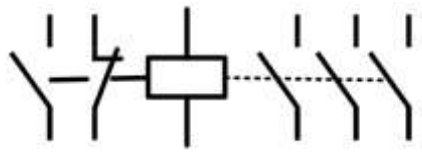
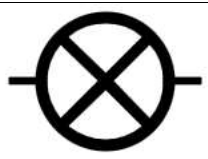

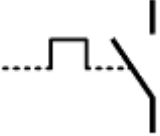
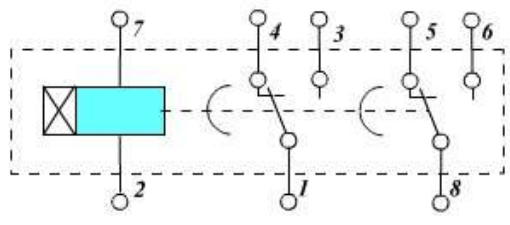

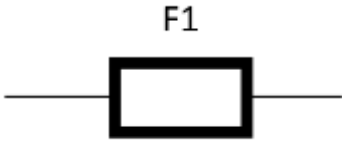
รูปที่ 1.9 รีเลย์

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์

2. สัญลักษณ์ที่ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

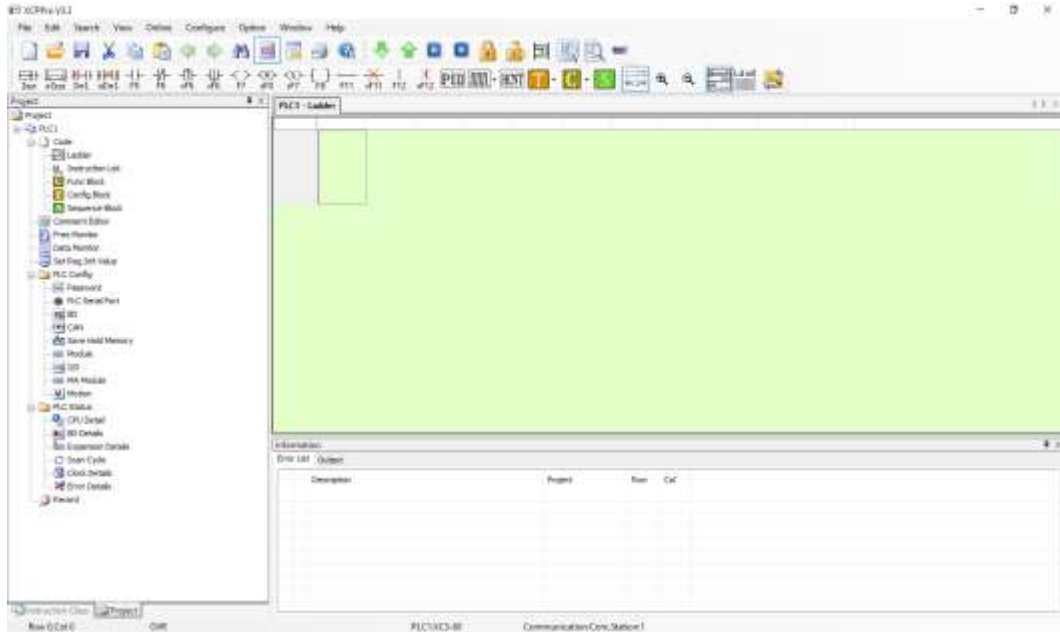
ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า จำเป็นที่จะต้องเขียนสัญลักษณ์แทนของจริง ซึ่งในตารางต่อไปนี้จะ แสดงสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ ซึ่งในที่นี้จะใช้สัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ตามมาตรฐานการออกแบบของ IEC (International Electrotechnical Commission)

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

สัญลักษณ์	ความหมาย
	หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open)
	หน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close)
	รีเลย์ (Relay)
	คอนแทกเตอร์ (Contactor)
	หลอดไฟสัญญาณ (Pilot lamp)
	เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)
	โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay)
	รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relays)
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส (Three Phase Induction Motor)
	ฟิวส์ (Fuses)

3. การใช้งานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี

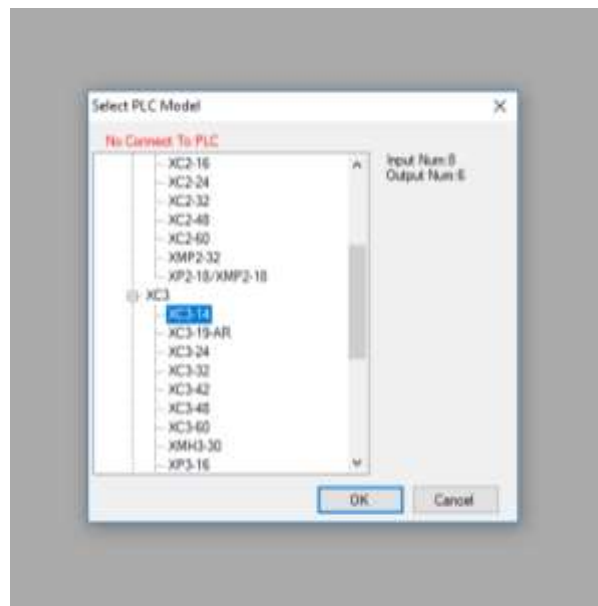
โปรแกรมที่ใช้เขียนแลตเตอร์ไดอะแกรมสำหรับชุดฝึกอบรมชุดนี้คือ XC Series Program Tool Version 3.3 ที่รองรับการใช้งานของพีแอลซี Xinje รุ่น XC3 – 14R – C ซึ่งเป็นรุ่นที่ใช้งานในชุดทดลอง



รูปที่ 3.1 โปรแกรม XC Series Program Tool Ver. 3.3

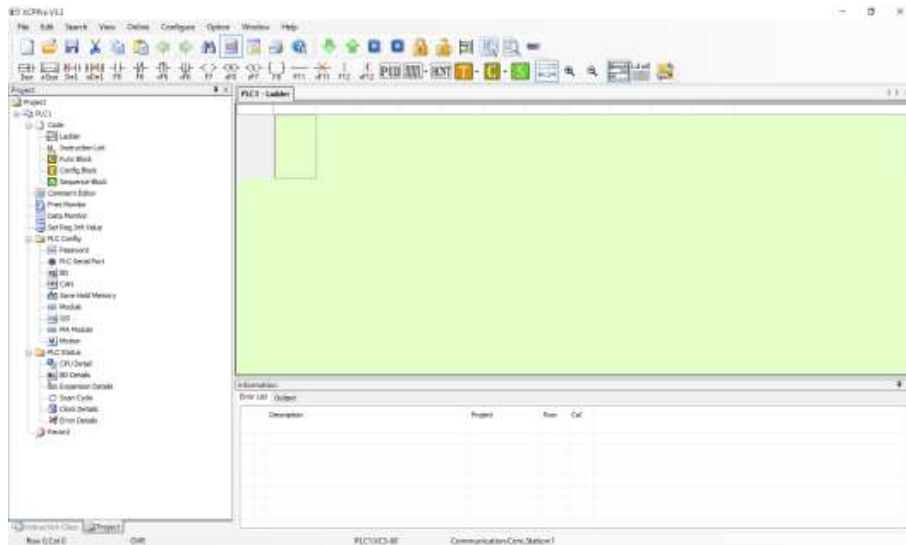
3.1 ขั้นตอนการเขียนแลตเตอร์ไดอะแกรม

เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วให้สร้างไฟล์ใหม่แล้วเลือกพีแอลซี รุ่น XC3 – 14 จะได้หน้าต่างโปรแกรมว่าง ๆ มาเพื่อเขียนแลตเตอร์ไดอะแกรม

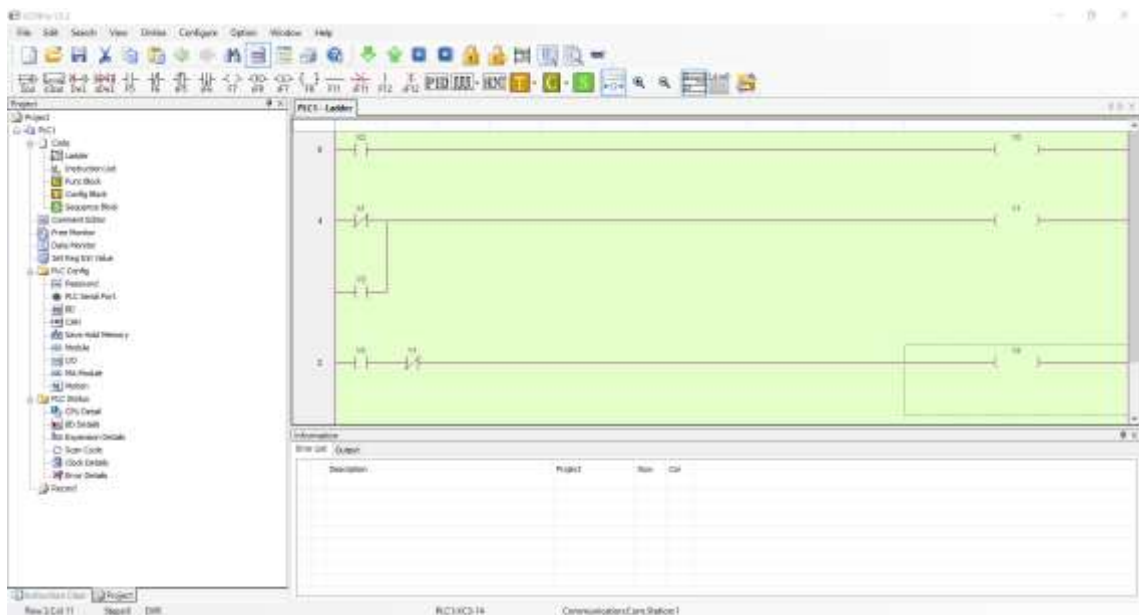


รูปที่ 3.2 หน้าต่างที่แสดงเพื่อทำการเลือกรุ่นของพีแอลซี

เมื่อได้หน้าโปรแกรมมาแล้ว ก็ทำการเขียนแลตเตอร์ไดอะแกรมลงในที่ว่าง อาจจะเขียนโดยการพิมพ์ผ่านคีย์บอร์ด หรือเลือกจากแถบคำสั่งด้านบนก็ได้

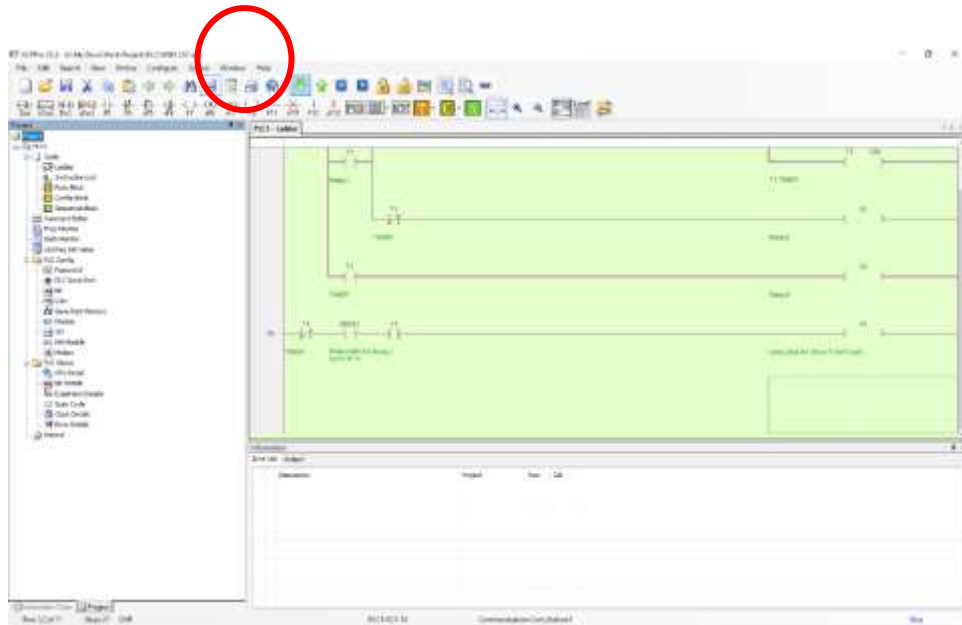


รูปที่ 3.3 หน้าต่างพร้อมทำการเขียนแลตเตอร์ไดอะแกรม

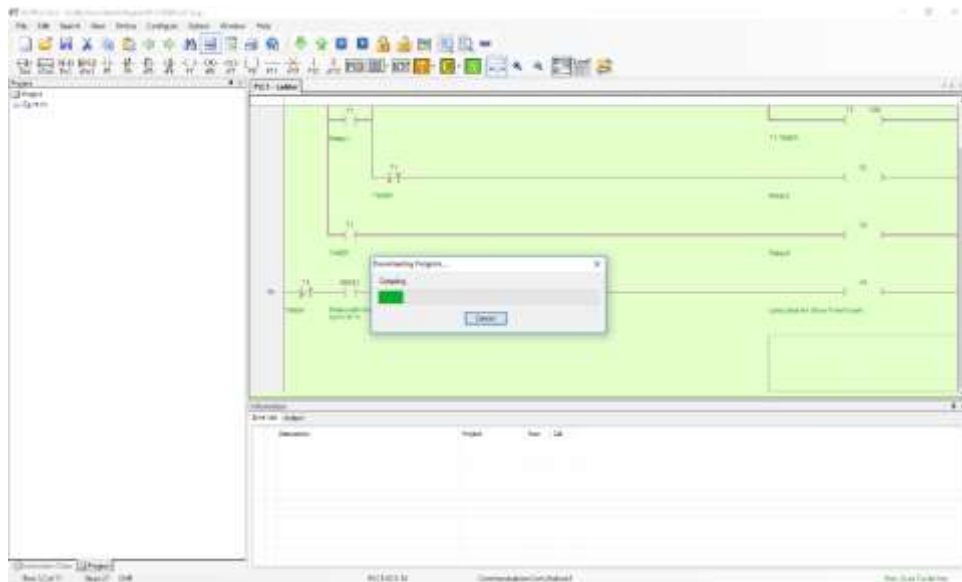


รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการเขียนแลตเตอร์ไดอะแกรม

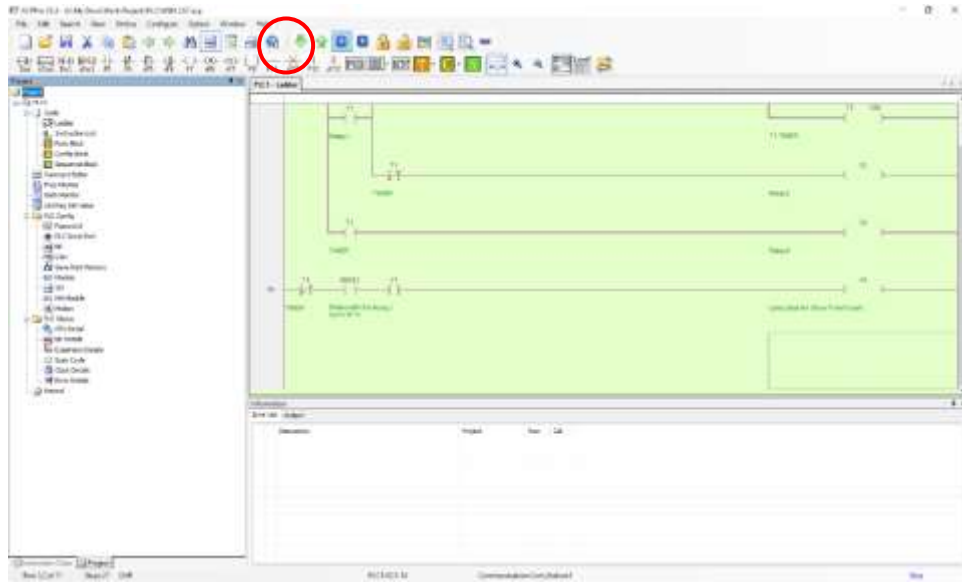
3.2 ขั้นตอนการดาวน์โหลดแลตเตอร์ไดอะแกรมลงพีแอลซี หลังจากเขียนแลตเตอร์ไดอะแกรมเสร็จถ้าเราต้องการจะนำแลตเตอร์ที่เราเขียนลงพีแอลซี อย่างแรกทำการเชื่อมต่อสายข้อมูลเข้ากับคอมพิวเตอร์และพีแอลซี หลังจากนั้นก็กดปุ่มดาวน์โหลดในหน้าโปรแกรม เมื่อดาวน์โหลดเสร็จแล้วก็ให้กด RUN เพื่อเริ่มการทำงานตามเงื่อนไขของแลตเตอร์ไดอะแกรมที่เราได้เขียนไว้



รูปที่ 3.4 การกดปุ่มดาวน์โหลดหลังจากการเชื่อมต่อพีแอลซีเข้ากับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.5 รูปขณะคอมพิวเตอร์กำลังอัปโหลดแลตเตอร์ลงสู่พีแอลซี



รูปที่ 3.6 การกดปุ่มเริ่มการทำงานของพีแอลซี

ใบปฏิบัติงานที่ 1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง (Direct On Line Starter : DOL)

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง เป็นการเริ่มเดินมอเตอร์โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามพิกัดที่ระบุ เรียกว่า “การเริ่มเดินมอเตอร์แบบ DOL” โดยไม่มีการลดกระแสหรือแรงดันขาเริ่มเดิน ซึ่งมอเตอร์จะมีกระแสเริ่มเดินประมาณ 6 – 7 เท่าของกระแสที่แผ่นป้าย (Name Plate) จึงเหมาะกับมอเตอร์ขนาดเล็กเท่านั้น การเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรงสามารถใช้อุปกรณ์ควบคุมการเริ่มเดินได้ โดยการควบคุมประกอบไปด้วยการทำงานวงจร 2 ส่วนคือ

1. วงจรกำลัง (Power Circuit) เป็นวงจรส่วนที่จ่ายกระแสเข้ามอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อให้มอเตอร์หมุน ดังนั้นจึงมีกระแสจำนวนมากตามพิกัดกระแสของมอเตอร์แต่ละตัวไหลผ่าน วงจรส่วนนี้ พิวส์ป้องกันวงจรกำลัง (Power Fuse) หน้าสัมผัสหลักของคอนแทกเตอร์ และรีเลย์ไหลตกเกิน เป็นต้น

2. วงจรควบคุม (Control Circuit) เป็นวงจรควบคุมการทำงานของวงจรกำลังให้ทำงานตามความต้องการ วงจรส่วนนี้ประกอบด้วยพิวส์ป้องกันวงจรควบคุม (Control Fuse) ชุดหน้าสัมผัสของรีเลย์ไหลตกเกิน สวิตช์ปุ่มกด รีเลย์ตั้งเวลา ขดลวดของคอนแทกเตอร์ หน้าสัมผัสช่วยของคอนแทกเตอร์ หลอดไฟสัญญาณ เป็นต้น

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรงได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรงได้
3. ต่อวงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรงได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

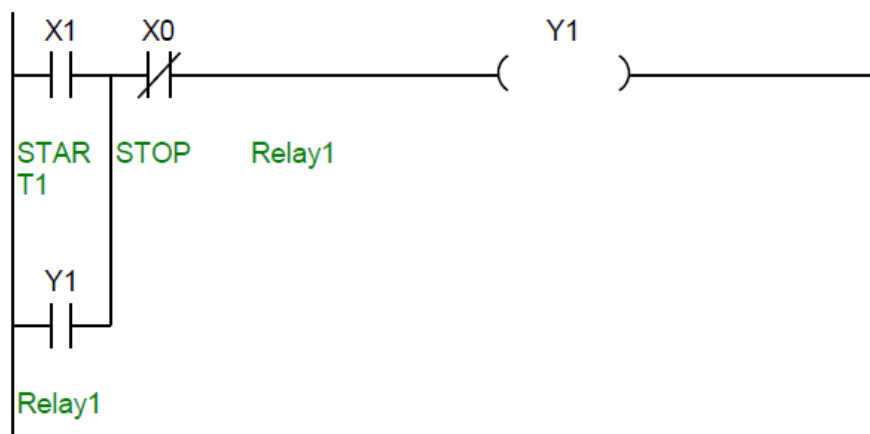
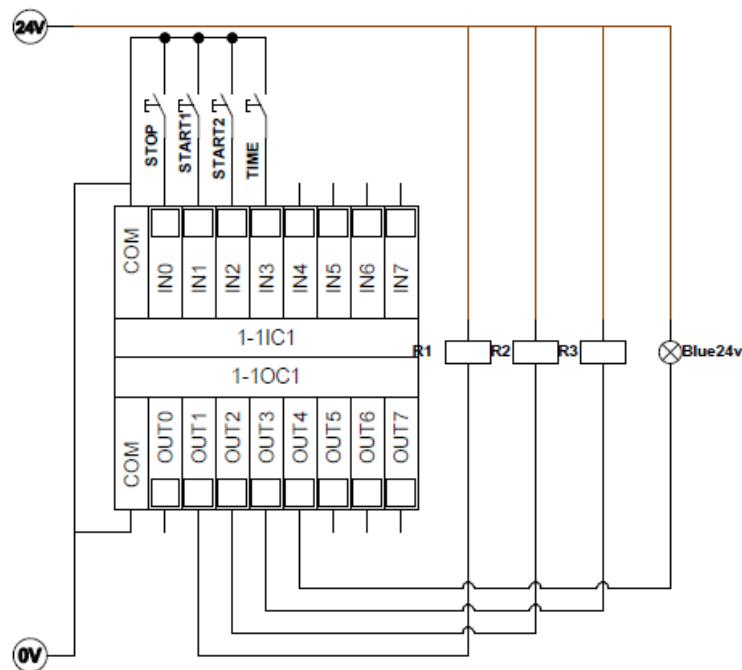
1. Magnetic Contactor 220 Volt	1 ตัว
2. Overload Relay	1 ตัว
3. Circuit Breaker 3P	1 ตัว
4. Circuit Breaker 1P	1 ตัว
5. Push Button Switch	2 ตัว
6. Induction Motor 3 phase	1 ตัว
7. สายต่อวงจร	1 ชุด
8. Pilot Lamp	2 หลอด
9. มัลติมิเตอร์	1 ตัว
10. พีแอลซี Xinje XC3-14R-C	1 ตัว

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 1 และตรวจสอบความถูกต้อง
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ให้กับวงจรควบคุม
3. ทดสอบการทำงานของวงจร และบันทึกผลลงในตารางที่ 1 ดังนี้
 - 3.1 สังเกตการณ์ทำงานขณะไม่ได้กดสวิตช์ควบคุม บันทึกผล
 - 3.2 กดสวิตช์ S2 ค้างไว้ สังเกตการณ์ทำงานของวงจร บันทึกผล

- 3.3 กดสวิตช์ S1 ค้างไว้ สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล
- 3.4 กดปุ่มทริป (Trip) ของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล
- 3.5 กดสวิตช์ S2 ค้างไว้และปล่อย สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล
- 3.6 กดปุ่มรีเซ็ต (Reset) ของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล
- 3.7 กดสวิตช์ S2 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล
- 3.8 กดสวิตช์ S1 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล
4. ปิดสวิตช์จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรถูกควบคุม
5. ต่อวงจรถูกควบคุมตามรูปที่ 2 และตรวจสอบความถูกต้อง
6. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรถูกควบคุม และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลต์ ให้กับวงจรถูกควบคุม
7. ทดสอบการทำงานของวงจรถูกควบคุม ตามข้อ 3.1 – 3.8 สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล

กำลัง



รูปที่ 1.1 วงจรการต่อพีแอลซีและแลตเตอร์ไต่อะแกรมของการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง

การทำงานของวงจร

1. เริ่มเดินมอเตอร์ (Motor start) จากวงจรควบคุม ตามรูปที่ 1.1 กดสวิทช์ S2 กระแสจาก L ไหลผ่าน F2 หน้าสัมผัส F3 หน้าสัมผัส S1,S2 เข้าคอยล์ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ K1 ครบวงจรที่ N แมกเนติกคอนแทคเตอร์ K1 ทำงาน หน้าสัมผัสปกติเปิด K1 แฉวที่ 2 เกิดการ Inter lock หน้าสัมผัส K1 แฉวที่ 3 ต่่วงจรให้หลอดสัญญาณ H1 ทำงาน ในวงจรกำลังหน้าสัมผัสหลักของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ K1 ต่่วงจรให้มอเตอร์ทำงาน ตามรูปที่ 1.2 และแฉวที่ 3 หน้าสัมผัส K1 ปกติปิดเปลี่ยนเป็นปกติเปิดหลอดสัญญาณ H2 ดับ

2. หยุดมอเตอร์ (Motor stop) จากวงจรควบคุมกดสวิทช์ S1 ตัดกระแสที่จ่ายคอยล์ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ K1 ทำให้คอยล์ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ K1 หยุดทำงาน หน้าสัมผัสจะกลับสภาวะเดิมมอเตอร์หยุดทำงาน หลอดสัญญาณ H1 ดับ และแฉวที่ 3 หน้าสัมผัสปกติปิด K1 แสดงการหยุดทำงานหลอดสัญญาณ H2 ติด

3. มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง (Motor overload) เมื่อมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง กระแสที่ไหลเกินพิกัดขณะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง (Overload current) จะทำให้ลวดความร้อนของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ในวงจรกำลังเลื่อนกลไกให้หน้าสัมผัส F3 ในวงจรควบคุมทำงาน เปิดวงจรตัดกระแสที่จ่ายคอยล์ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ K1 ทำให้คอยล์ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ K1 หยุดทำงาน หน้าสัมผัสจะกลับสภาวะเดิม มอเตอร์หยุดทำงาน ขณะเดียวกันจะต่่วงจรให้หลอดสัญญาณ H3 สว่าง

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่อง...การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง....

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คุณ	ระดับ คะแนน	ผล คุณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด} \times 100}{\text{คิดเป็นร้อยละ}}$
คิดเป็นร้อยละ				

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
\geq ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
\geq ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
$<$ ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

ใบปฏิบัติงานที่ 2

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบทำงานเรียงลำดับ

การควบคุมให้ทำงานเรียงตามลำดับ คือ การควบคุมให้มอเตอร์ตัวหนึ่งทำงานหลังจากที่มอเตอร์อีกตัวหนึ่งทำงานไปแล้ว

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

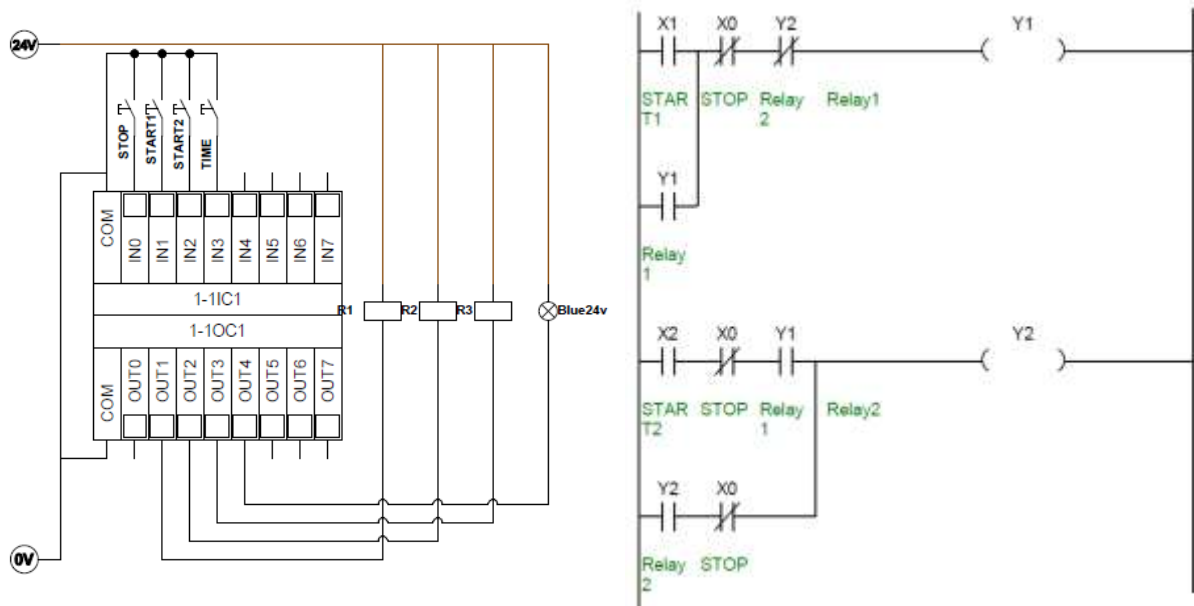
1. อธิบายหลักการการเริ่มเดินมอเตอร์ทำงานเรียงลำดับแบบควบคุมได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเริ่มเดินมอเตอร์ทำงานเรียงลำดับแบบควบคุมได้
3. ปฏิบัติการเริ่มเดินมอเตอร์ทำงานเรียงลำดับแบบควบคุมได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

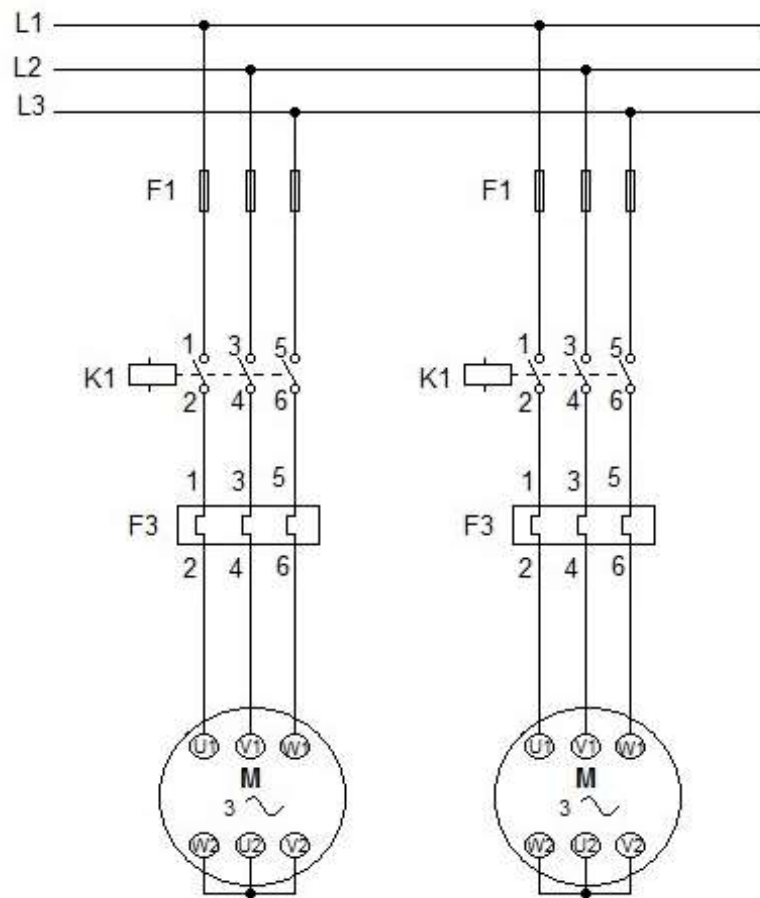
1. Magnetic Contactor 220 Volt	2 ตัว
2. Overload Relay	2 ตัว
3. Circuit Breaker 3P	1 ตัว
4. Circuit Breaker 1P	1 ตัว
5. Pilot Lamp	2 หลอด
6. Push Button Switch	3 ตัว
7. Induction Motor	2 ตัว
8. สายต่อวงจร	
9. พีแอลซี Xinje XC3-14R-C	1 ตัว

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต่อกังจรควบคุมตามรูปที่ 2.1 และตรวจสอบความถูกต้อง
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม
3. ทดสอบการทำงานของวงจร และบันทึกผลลงในตารางที่ 2.1 ดังนี้
 - 3.1 สังเกตการทำงานของวงจรขณะยังไม่ได้กดสวิตช์ควบคุม บันทึกผล
 - 3.2 กดสวิตช์ S3 ค้างไว้ สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.3 กดสวิตช์ S2 ค้างไว้ สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.4 ปล่อยสวิตช์ S2 สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.5 กดสวิตช์ S3 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.6 กดสวิตช์ S1 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
4. ปิดสวิตช์จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม
5. ต่อกังจรกำลังตามรูปที่ 2.2 แล้วตรวจสอบความถูกต้อง
6. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลต์ ให้กับวงจรกำลัง
7. ทดสอบการทำงานของวงจร ตามข้อ 3.1 – 3.6 สังเกตการทำงานของวงจร และบันทึกผลลงในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วงจรการต่อพีแอลซีและแลตเตอร์ไดอะแกรมของการการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานตามลำดับขั้นแบบควบคุมด้วยมือ



รูปที่ 2.2 วงจรกำลังของการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบทำงานเรียงลำดับด้วยมือ

ตารางที่ 2.1 การทดลองสภาวะการทำงานของเครื่องเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบทำงานเรียงลำดับด้วยมือ

ลำดับที่	เงื่อนไข/ตำแหน่งการควบคุม						ผลการปฏิบัติงาน									
	S1		S2		S3		K1		H1		H2		H3		M	
	กด	ปล่อย	กด	ปล่อย	กด	ปล่อย	On	Off	On	Off	On	Off	On	Off	On	Off
3.1																
3.2																
3.3																
3.4																
3.5																
3.6																

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส 2 ตัว
การทำงานของวงจร

มอเตอร์ตัวที่ 1 (M1) จะต้องทำงานก่อนมอเตอร์ตัวที่ 2 จึงจะทำงานได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่าหน้าสัมผัสปกติเปิดของ K1 ในแถวที่ 3 จะตัดไฟเข้าคอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K2 ไว้ก่อนแล้ว ดังนั้นจึงไม่สามารถทำงานก่อนได้ การทำงานมี 2 สถานะ คือ ควบคุมการทำงาน และการทำงานเกินกำลัง

1. การควบคุมมอเตอร์ คือ การเริ่มเดินมอเตอร์ตัวที่ 1 (M1) และการเริ่มเดินมอเตอร์ตัวที่ 2 (M2)

การเริ่มเดินมอเตอร์ตัวที่ 1 (M1) กดสวิตช์ S2 จะทำให้คอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K1 ทำงาน หน้าสัมผัสปกติเปิดของ K1 ในแถวที่ 2 เกิดการ Inter lock มอเตอร์ตัวที่ 1 (M1) จะหมุน คอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K1 ทำงานค้างพร้อมกันนั้นหน้าสัมผัสปกติเปิดของ K1 ในแถวที่ 3 จะเปลี่ยนสถานะจากปกติเปิดเป็นปิดเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K2 ทำงาน ถ้าหากสวิตช์ S3 ถูกกดในแถวที่ 5 หน้าสัมผัสปกติเปิดจะทำงาน ทำให้หลอดสัญญาณ H1 สว่าง

การเริ่มเดินมอเตอร์ตัวที่ 2 กดสวิตช์ S3 ทำให้คอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K2 ในแถวที่ 3 ทำงาน หน้าสัมผัสปกติเปิด K2 ในแถวที่ 4 เกิดการ Inter lock ทำให้คอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K2 ในแถวที่ 3 ทำงานค้าง และหน้าสัมผัสปกติเปิด K2 ในแถวที่ 6 ทำงานด้วยพร้อมกัน หลอดสัญญาณ H2 สว่าง ในขณะเดียวกันหน้าสัมผัสปกติปิด K2 ในแถวที่ 1 ทำงานเปิดวงจรไฟฟ้าทำให้คอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K1 หยุดทำงาน มอเตอร์ตัวที่ 1 (M1) จะหยุดหมุน หลอดสัญญาณ H1 ดับ

เมื่อกดสวิตช์ S1 มอเตอร์ทุกตัวจะหยุดทำงาน

2. กรณีมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง

มอเตอร์ตัวที่ 1 (M1) ทำงานเกินกำลัง กระแสที่ไหลขณะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง จะทำให้หลอดความร้อยของโอเวอร์โวลติลลยีในวงจรกำลังเปลี่ยนสถานะให้หน้าสัมผัสของ F3 ในวงจรควบคุมทำงานเปิดวงจรตัดกระแสที่จ่ายเข้าวงจรทั้งหมด ขณะเดียวกันจะต่อวงจรให้หลอดสัญญาณ H3 ในแถวที่ 5 สว่าง

มอเตอร์ตัวที่ 2 (M2) ทำงานเกินกำลัง กระแสที่ไหลขณะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง จะทำให้หลอดความร้อยของโอเวอร์โวลติลลยีในวงจรกำลังเปลี่ยนสถานะให้หน้าสัมผัสของ F3 ในวงจรควบคุมทำงานเปิดวงจรตัดกระแสที่จ่ายเข้าวงจรทั้งหมด

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่อง...การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือ....

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คุณ	ระดับ คะแนน	ผล คุณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด}}{\text{คิดเป็นร้อยละ}} \times 100$
คิดเป็นร้อยละ				

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
\geq ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
\geq ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
$<$ ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

ใบปฏิบัติงานที่ 3

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบเรียงลำดับแบบอัตโนมัติ

การควบคุมแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ เป็นการควบคุมที่ใช้รีเลย์ตั้งเวลาการทำงานของคอนแทคเตอร์ ให้มอเตอร์ตัวที่ 1 ทำงานก่อนตัวที่ 2 โดยอัตโนมัติ และมอเตอร์ตัวที่ 2 ไม่สามารถทำงานก่อนมอเตอร์ตัวที่ 1

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการการเริ่มเดินมอเตอร์ทำงานเรียงลำดับแบบอัตโนมัติได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเริ่มเดินมอเตอร์ทำงานเรียงลำดับแบบอัตโนมัติได้
3. ปฏิบัติการเริ่มเดินมอเตอร์ทำงานเรียงลำดับแบบอัตโนมัติได้

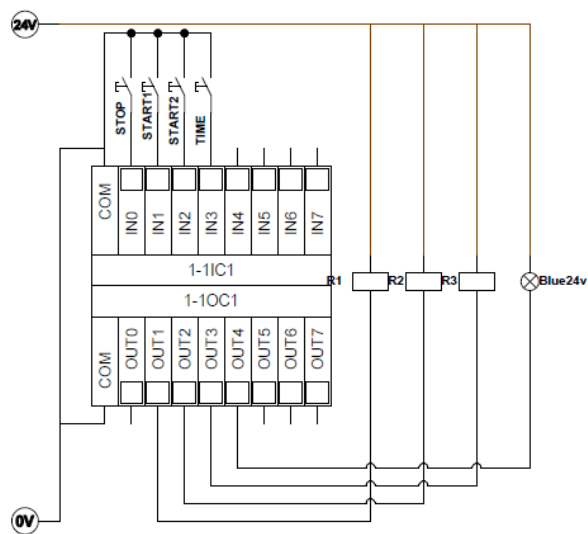
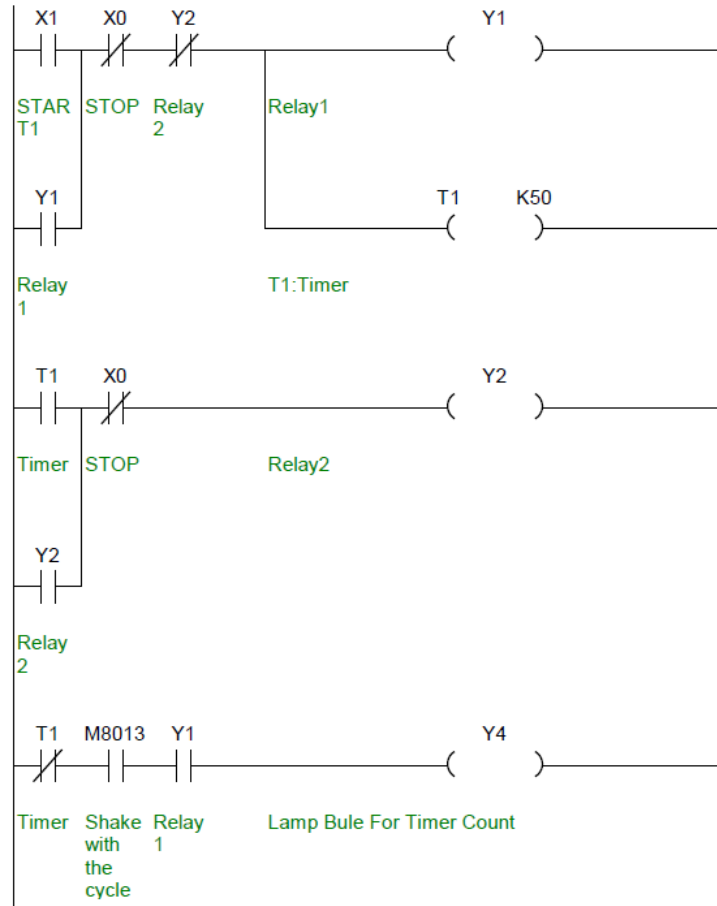
เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | |
|----------------------------|--------|
| 1. Magnetic Contractor | 2 ตัว |
| 2. Overload Relay | 2 ตัว |
| 3. พีแอลซี Xinje XC3-14R-C | 1 ตัว |
| 4. Circuit Breaker 3P | 1 ตัว |
| 5. Circuit Breaker 1P | 1 ตัว |
| 6. Pilot Lamp | 2 หลอด |
| 7. Push Button Switch | 3 ตัว |
| 8. Induction Motor | 2 ตัว |
| 9. สายต่อวงจร | |

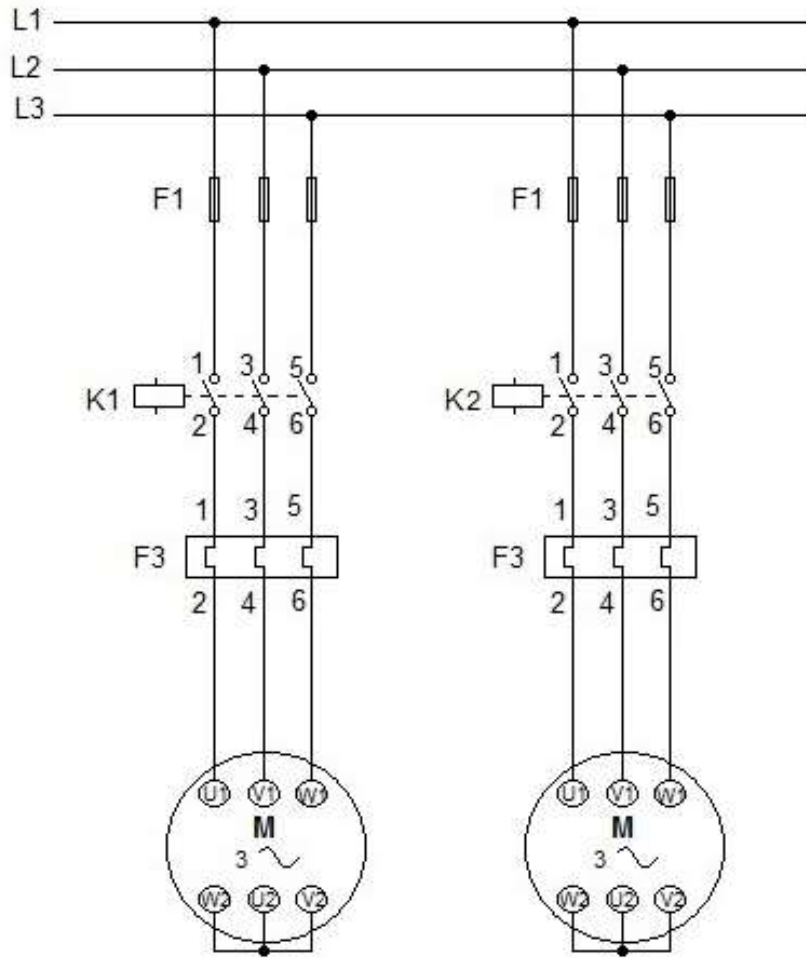
ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 3.1 และตรวจสอบความถูกต้อง
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม
3. ทดสอบการทำงานของวงจร และบันทึกผลลงในตารางที่ 2.1 ดังนี้
 - 3.1 สังเกตการทำงานของวงจรขณะยังไม่ได้กดสวิตช์ควบคุม บันทึกผล
 - 3.2 กดสวิตช์ S2 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.3 กดสวิตช์ S1 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.4 กดปุ่มรีเซ็ตของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ตัวที่ 1 (F3) สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.5 กดสวิตช์ S2 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.6 กดปุ่มรีเซ็ต (Reset) ของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ตัวที่ 1 (F3) สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.7 กดปุ่มรีเซ็ตของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ตัวที่ 2 (F4) สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.8 กดสวิตช์ S2 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.9 กดปุ่มรีเซ็ต (Reset) ของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ตัวที่ 2 (F4) สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.10 กดสวิตช์ S2 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.11 กดสวิตช์ S1 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
4. ปิดสวิตช์จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม
5. ต่อวงจรกำลังตามรูปที่ 3.2 แล้วตรวจสอบความถูกต้อง

6. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลต์ ให้กับวงจรกำลัง
7. ทดสอบการทำงานของวงจรตามข้อ 3.1 – 3.11 สังเกตการทำงานของมอเตอร์ บันทึกผลลงในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วงจรควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ



รูปที่ 3.2 วงจรกำลังการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ

ตารางที่ 3.1 การทดลองสภาวะการทำงานของเครื่องเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบทำงานเรียงลำดับอัตโนมัติ

ที่	เงื่อนไข/ตำแหน่งการควบคุม								ผลการทดลอง										
	S1		S2		F3		F4		K1	K2	K3	H1	H2	H3	H4	M1		M2	
	กด	ปล่อย	กด	ปล่อย	trip	reset	trip	reset	On	on	on	on	on	on	on	on	off	on	off
3.1																			
3.2																			
ระยะเวลา K3T ทำงาน					ถึงเวลา														
3.3																			
3.4																			
3.5																			
3.6																			
3.7																			
3.8																			
3.9																			
3.10																			
ระยะเวลา K3T					ถึงเวลา														
3.11																			

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส 2 ตัว

การทำงานของวงจร

มอเตอร์ตัวที่ 1 (M1) จะต้องทำงานก่อนมอเตอร์ตัวที่ 2 จึงจะทำงานได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่าหน้าสัมผัสปกติเปิดของ K1 ในแถวที่ 3 จะตัดไฟเข้าคอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K2 ไว้ก่อนแล้ว ดังนั้นจึงไม่สามารถทำงานก่อนได้ การทำงานมี 2 สถานะ คือ ควบคุมการทำงาน และการทำงานเกินกำลัง

1. การควบคุมมอเตอร์ คือ การเริ่มเดินมอเตอร์ตัวที่ 1 (M1) และการเริ่มเดินมอเตอร์ตัวที่ 2 (M2)

การเริ่มเดินมอเตอร์ตัวที่ 1 (M1) กดสวิตช์ S2 จะทำให้คอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K1 ทำงาน หน้าสัมผัสปกติเปิดของ K1 ในแถวที่ 2 เกิดการ Inter lock มอเตอร์ตัวที่ 1 (M1) จะหมุน คอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K1 ทำงานค้างพร้อมกันนั้นหน้าสัมผัสปกติเปิดของ K1 ในแถวที่ 3 จะเปลี่ยนสถานะจากปกติเปิดเป็นปิดเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K2 ทำงาน ถ้าหากสวิตช์ S3 ถูกกดในแถวที่ 5 หน้าสัมผัสปกติเปิดจะทำงาน ทำให้หลอดสัญญาณ H1 สว่าง

การเริ่มเดินมอเตอร์ตัวที่ 2 กดสวิตช์ S3 ทำให้คอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K2 ในแถวที่ 3 ทำงาน หน้าสัมผัสปกติเปิด K2 ในแถวที่ 4 เกิดการ Inter lock ทำให้คอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K2 ในแถวที่ 3 ทำงานค้าง และหน้าสัมผัสปกติเปิด K2 ในแถวที่ 6 ทำงานด้วยพร้อมกัน หลอดสัญญาณ H2 สว่าง ในขณะเดียวกันหน้าสัมผัสปกติปิด K2 ในแถวที่ 1 ทำงานเปิดวงจรไฟฟ้าทำให้คอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K1 หยุดทำงาน มอเตอร์ตัวที่ 1 (M1) จะหยุดหมุน หลอดสัญญาณ H1 ดับ

เมื่อกดสวิตช์ S1 มอเตอร์ทุกตัวจะหยุดทำงาน

2. กรณีมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง

มอเตอร์ตัวที่ 1 (M1) ทำงานเกินกำลัง กระแสที่ไหลขณะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง จะทำให้ลดความ
รื้อยของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ในวงจรกำลังเปลี่ยนสถานะให้หน้าสัมผัสของ F3 ในวงจรควบคุมทำงานเปิดวงจรตัด
กระแสที่จ่ายเข้าวงจรทั้งหมด ขณะเดียวกันจะต้องวงจรให้หลอดสัญญาณ H3 ในแถวที่ 5 สว่าง

มอเตอร์ตัวที่ 2 (M2) ทำงานเกินกำลัง กระแสที่ไหลขณะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง จะทำให้ลดความ
รื้อยของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ในวงจรกำลังเปลี่ยนสถานะให้หน้าสัมผัสของ F3 ในวงจรควบคุมทำงานเปิดวงจรตัด
กระแสที่จ่ายเข้าวงจรทั้งหมด

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 3 เรื่อง...การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ....

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คุณ	ระดับ คะแนน	ผล คุณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด} \times 100}{15}$
คิดเป็นร้อยละ				15

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
≥ ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
≥ ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
< ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

ใบปฏิบัติงานที่ 4

การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว

ลักษณะการกลับทางหมุนแบบจ็อกกิ้ง การกลับทางหมุนมอเตอร์โดยการกดสวิทช์ปุ่มกดค้างไว้ เมื่อปล่อยมือออกจากสวิทช์ปุ่มกดมอเตอร์ก็จะหยุดหมุน การเริ่มเดินมอเตอร์จะเริ่มเดินให้หมุนขวาหรือซ้ายก่อนก็ได้ โดยการกดสวิทช์ S2 หรือ S3 และเมื่อไม่ต้องการให้วงจรทำงานก็ทำการปลดสวิทช์ S1 ออกซึ่ง S1 เป็นสวิทช์แบบมีล็อกในตัวเอง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราวได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราวได้
3. ปฏิบัติการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว ได้
4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบข้อตกลง ของการเข้ารับการอบรม
5. มีความกระตือรือร้นในการใฝ่หาความรู้ มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

รายการการปฏิบัติงาน

1. เตรียมความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน ตรวจสอบเช็คสภาพร่างกาย / ตรวจสอบเช็คเครื่องมือ
2. ตรวจสอบการทำงานของชุดทดลอง ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมปฏิบัติงาน
3. ทดสอบตามใบปฏิบัติงาน และบันทึกผล
4. จัดเก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดเครื่องมือ

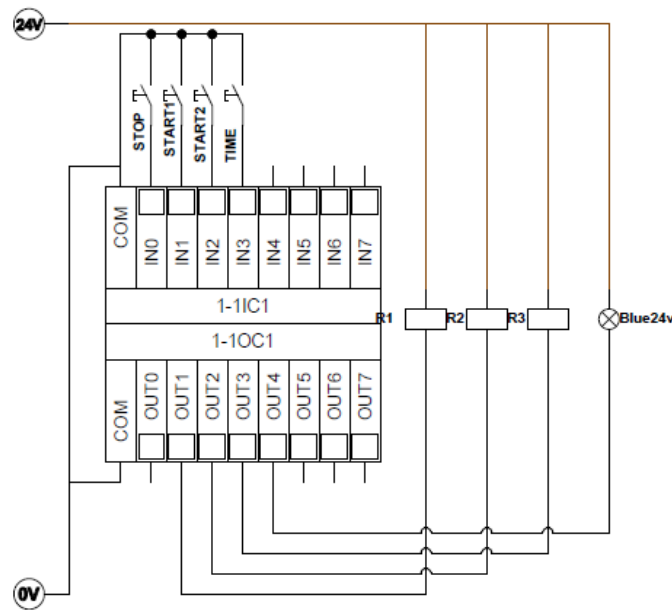
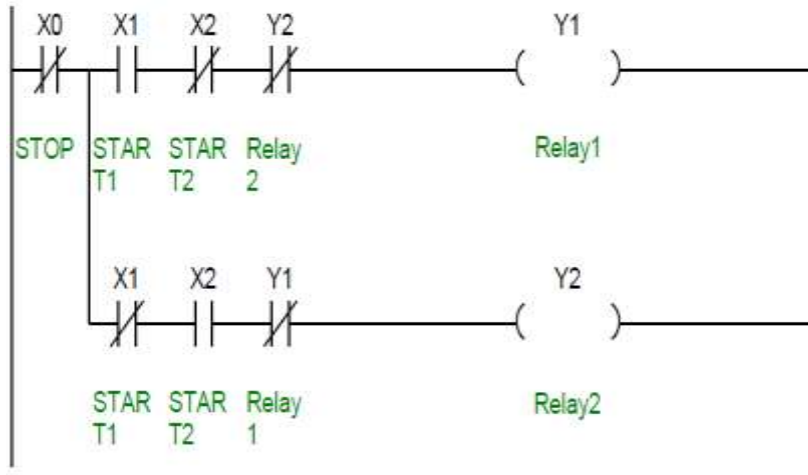
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า 3 เฟส	1 ตัว
2. สวิทช์ปุ่มกด	3 ตัว
3. คอนแทกเตอร์ชนิดลวด 220 โวลต์	2 ตัว
4. รีเลย์ไหลดเกิน	1 ตัว
5. ฟิวส์ป้องกันวงจร	1 ชุด
6. หลอดไฟสัญญาณ	3 หลอด
7. มัลติมิเตอร์	1 ตัว
8. สายต่อวงจร	1 ชุด
9. พีแอลซี Xijie XC3-14R-C	1 ตัว

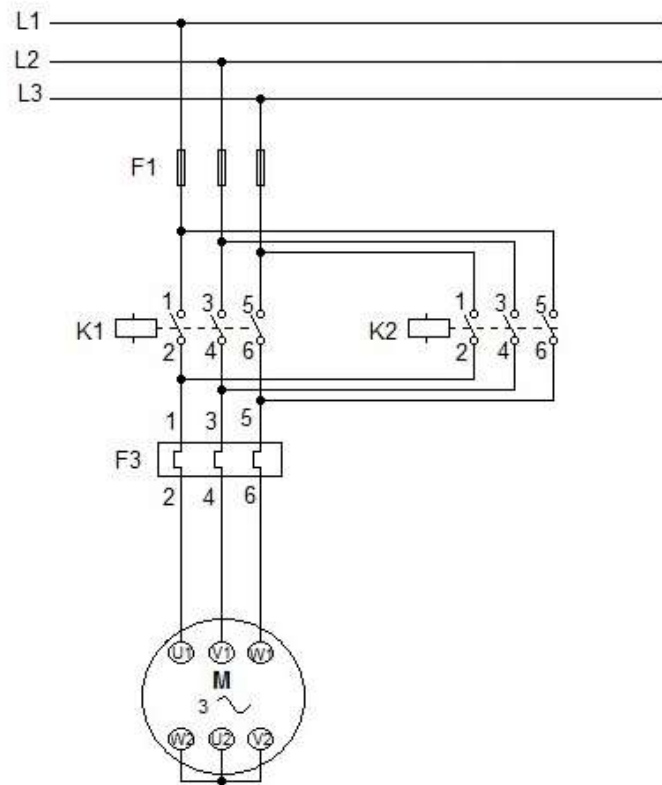
ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 4.1
2. ต่อวงจรกำลังตามรูปที่ 4.2 และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 220/380 โวลต์ให้วงจร
3. กดสวิทช์ปุ่มกด START1 สังเกตการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 หลอดไฟสัญญาณสีเขียว และทิศทางการหมุนของมอเตอร์

4. กดสวิตช์ปุ่มกด START2 สังเกตการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 หลอดไฟสัญญาณสีเหลือง และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
5. กดกดสวิตช์ปุ่มกด STOP เปิดวงจรควบคุมไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรควบคุม คอนแทกเตอร์ และหลอดไฟสัญญาณทั้งหมดจะหยุดการทำงาน มอเตอร์จะหยุดหมุน
6. บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 แลตเตอร์ไดอะแกรมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วขณะ



รูปที่ 4.2 วงจรกำลังการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว

การทำงานของวงจร

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 4 เรื่อง...การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว....

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คุณ	ระดับ คะแนน	ผล คุณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด}}{15} \times 100$
คิดเป็นร้อยละ				15

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
≥ ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
≥ ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
< ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

ใบปฏิบัติงานที่ 5

การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด

เป็นวิธีการกลับทิศทางการหมุนโดยไม่ต้องให้มอเตอร์หยุด การกลับทิศทางการหมุนแบบนี้ไม่เหมาะกับมอเตอร์ขนาดใหญ่ เนื่องจากมอเตอร์จะต้องสร้างแรงบิดในทิศทางตรงกันข้ามเพื่อเอาชนะแรงเฉื่อยทำให้กระแสขณะกลับทิศทางการหมุนสูง และอาจจะทำให้ตลับลูกปืนเสียหาย หรือเพลลาของมอเตอร์จะเสียหายได้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทันทีทันใด ได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทันทีทันใด ได้
3. ปฏิบัติการทำงาน การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทันทีทันใด ได้
4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบข้อตกลง
5. มีความกระตือรือร้นในการใฝ่หาความรู้ มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

รายการการปฏิบัติงาน

1. เตรียมความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน ตรวจสอบเช็คสภาพร่างกาย / ตรวจสอบเช็คเครื่องมือ
2. ตรวจสอบการทำงานของชุดทดลอง ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมปฏิบัติงาน
3. ทดสอบตามใบปฏิบัติงาน และบันทึกผล
4. จัดเก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดเครื่องมือ

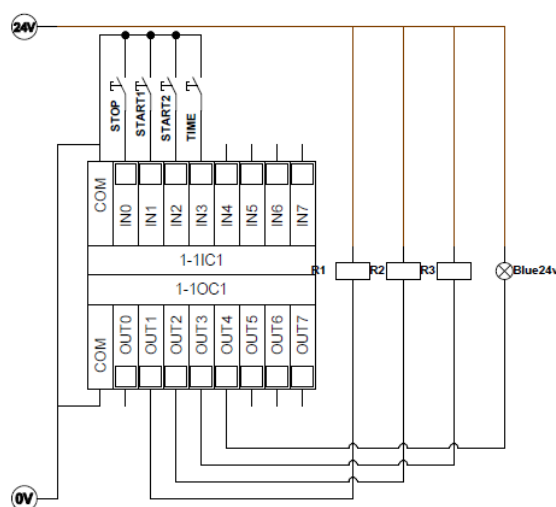
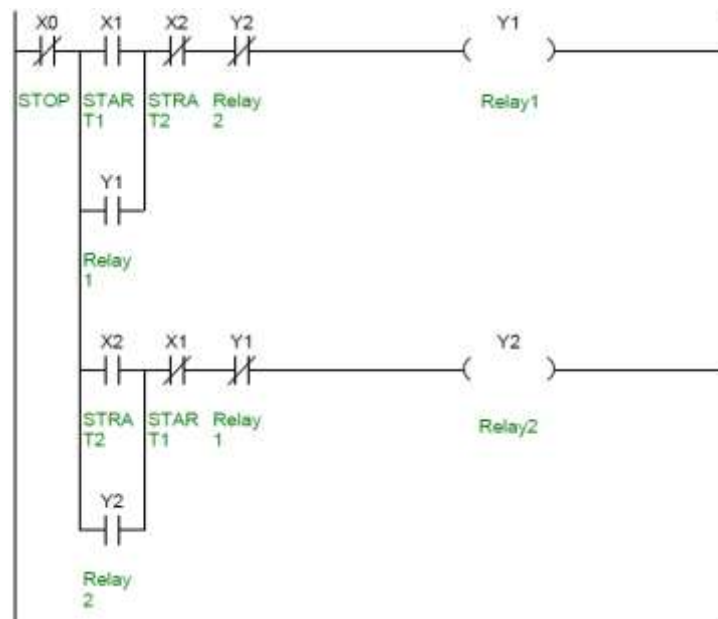
เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | |
|--|--------|
| 1. มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า 3 เฟส | 1 ตัว |
| 2. สวิตช์ปุ่มกด | 3 ตัว |
| 3. คอนแทกเตอร์ชนิดลวด 220 โวลต์ | 2 ตัว |
| 4. รีเลย์ไหลดเกิน | 1 ตัว |
| 5. ฟิวส์ป้องกันวงจร | 1 ชุด |
| 6. หลอดไฟสัญญาณ | 3 หลอด |
| 7. มัลติมิเตอร์ | 1 ตัว |
| 8. สายต่อวงจร | 1 ชุด |
| 9. พีแอลซี Xinje XC3-14R-C | 1 ตัว |

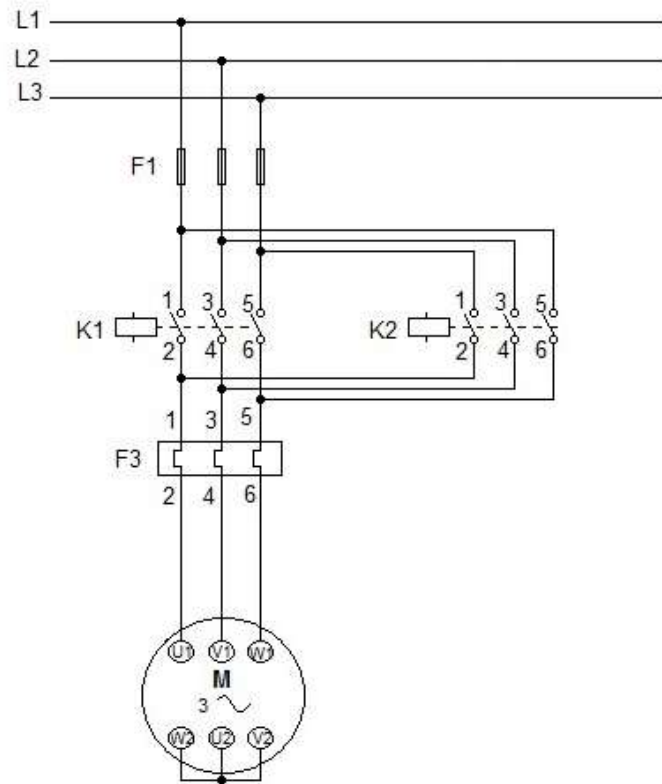
ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 5.1
2. ต่อวงจรกำลังตามรูปที่ 5.2 และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 220/380 โวลต์ให้วงจร
3. กดสวิตช์ปุ่มกด START1 สังเกตการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 หลอดไฟสัญญาณสีเขียว และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
4. กดสวิตช์ปุ่มกด START2 สังเกตการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 K2 หลอดไฟสัญญาณสีเขียวและสีเหลือง และทิศทางการหมุนของมอเตอร์

5. กดสวิตช์ปุ่มกด STOP ส่งเหตุการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 หลอดไฟสัญญาณและมอเตอร์ตัวที่ 2 หยุดการทำงาน
6. กดสวิตช์ปุ่มกด START2 ส่งเหตุการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 หลอดไฟสัญญาณสีเหลือง และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
7. กดสวิตช์ปุ่มกด START1 ส่งเหตุการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 K1 หลอดไฟสัญญาณสีเหลืองและสีเขียว และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
8. กดสวิตช์ปุ่มกด STOP เปิดวงจรควบคุมไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรควบคุม คอนแทกเตอร์ และหลอดไฟสัญญาณทั้งหมดจะหยุดการทำงาน มอเตอร์จะหยุดหมุน
9. บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 5.1 แลตเตอร์โปรแกรมการควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด



รูปที่ 5.2 วงจรกำลังการควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด

การทำงานของวงจร

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 5 เรื่อง...การควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด....
ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คุณ	ระดับ คะแนน	ผล คุณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด}}{15} \times 100$
คิดเป็นร้อยละ				15

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
≥ ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
≥ ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
< ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

ใบงานที่ 6

การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด

ในขณะที่มอเตอร์ทำงาน ปกติ จะมีขดลวดรันเพียงชุดเดียวที่ต่อวงจร ทั้งนี้เพราะขดลวดสตาร์ทถูกตัดวงจรด้วยสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง หลังจากความเร็วของมอเตอร์ถึง 75% ของความเร็วพิกัดแล้ว ดังนั้นการกลับทิศทางการหมุนจึงจำเป็นต้องกระทำหลังจากมอเตอร์หยุดแล้ว ทั้งนี้เพื่อให้สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง กลับมาต่อวงจรขดลวดสตาร์ทที่ใหม่อีกครั้ง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด ได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด ได้
3. ปฏิบัติการทำงานของควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด ได้
4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบข้อตกลง
5. มีความกระตือรือร้นในการใฝ่หาความรู้ มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

รายการการปฏิบัติงาน

1. เตรียมความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน ตรวจสอบเช็คสภาพร่างกาย / ตรวจสอบเช็คเครื่องมือ
2. ตรวจสอบการทำงานของชุดทดลอง ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมปฏิบัติงาน
3. ทดสอบตามใบปฏิบัติงาน และบันทึกผล
4. จัดเก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดเครื่องมือ

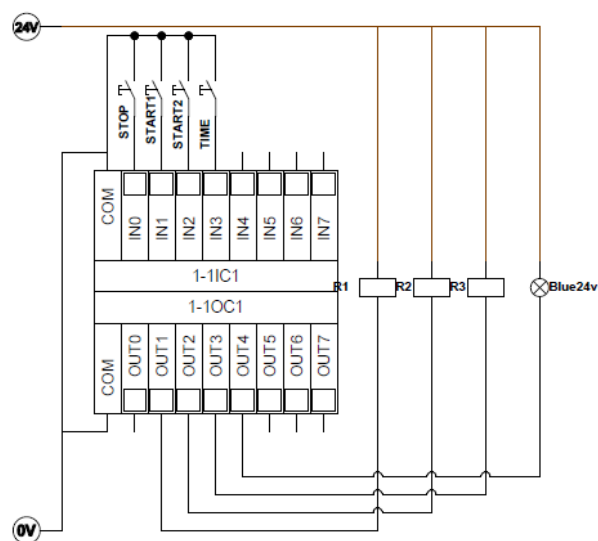
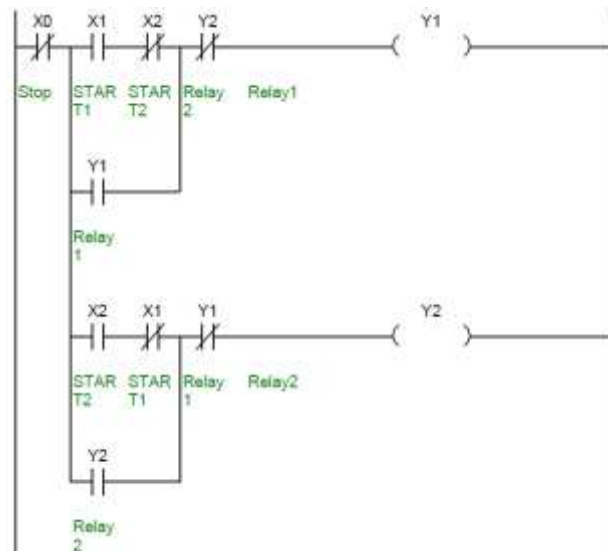
เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | |
|--|--------|
| 1. มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า 3 เฟส | 1 ตัว |
| 2. สวิตช์ปุ่มกด | 3 ตัว |
| 3. คอนแทกเตอร์ขดลวด 220 โวลต์ | 2 ตัว |
| 4. รีเลย์ไหลเกิน | 1 ตัว |
| 5. ฟิวส์ป้องกันวงจร | 1 ชุด |
| 6. หลอดไฟสัญญาณ | 3 หลอด |
| 7. มัลติมิเตอร์ | 1 ตัว |
| 8. สายต่อวงจร | 1 ชุด |
| 9. พีแอลซี Xinge XC3-14R-C | 1 ตัว |

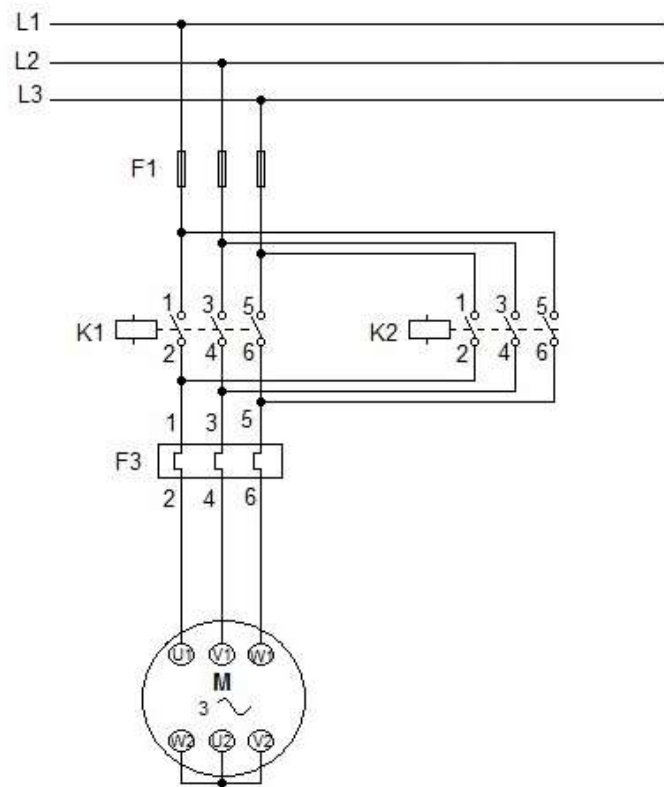
ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 5.1
2. ต่อวงจรกำลังตามรูปที่ 5.2 และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 220/380 โวลต์ให้วงจร
3. กดสวิตช์ปุ่มกด START1 สังเกตการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 หลอดไฟสัญญาณสีเขียว และทิศทางการหมุนของมอเตอร์

4. กดสวิตช์ปุ่มกด START2 สังเกตการทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 K2 หลอดไฟสัญญาณสีเขียวและสีเหลือง และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
5. กดสวิตช์ปุ่มกด STOP สังเกตการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 หลอดไฟสัญญาณและมอเตอร์ตัวที่ 2 หยุดการทำงาน
6. กดสวิตช์ปุ่มกด START2 สังเกตการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 หลอดไฟสัญญาณสีเหลือง และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
7. กดสวิตช์ปุ่มกด START1 สังเกตการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 K1 หลอดไฟสัญญาณสีเหลืองและสีเขียว และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
8. กดสวิตช์ปุ่มกด STOP เปิดวงจรควบคุมไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรควบคุม คอนแทกเตอร์ และหลอดไฟสัญญาณทั้งหมดจะหยุดการทำงาน มอเตอร์จะหยุดหมุน
9. บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 6.1 แลตเตอร์ไดอะแกรมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด



รูปที่ 6.2 วงจรกำลังการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด

การทำงานของวงจร

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 6 เรื่อง...การควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คูณ	ระดับ คะแนน	ผล คูณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด} \times 100}{15}$
คิดเป็นร้อยละ				

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
\geq ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
\geq ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
$<$ ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

ใบงานที่ 7

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบสตาร์ - เดลต้า

การสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟสที่มีขนาดใหญ่กระแสขณะ สตาร์ทมีค่าสูงซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายต่อมอเตอร์ได้ ดังนั้นขณะสตาร์ทมอเตอร์จะต้องหาวิธีการในการลดกระแสจำนวนนี้ วิธีการหนึ่งที่ยอมรับใช้คือ การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ และรันแบบเดลต้า

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้าได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้าได้
3. ปฏิบัติการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้า ได้
4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบข้อตกลง
5. มีความกระตือรือร้นในการใฝ่หาความรู้ มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

รายการการปฏิบัติงาน

1. เตรียมความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน ตรวจสอบเช็คสภาพร่างกาย / ตรวจสอบเช็คเครื่องมือ
2. ตรวจสอบการทำงานของชุดทดลอง ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมปฏิบัติงาน
3. ทดสอบตามใบปฏิบัติงาน และบันทึกผล
4. จัดเก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดเครื่องมือ

อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|---------------------------------|--------|
| 1. Magnetic Contractor | 3 ตัว |
| 2. Overload Relay | 1 ตัว |
| 3. Miniature Circuit Breaker 3P | 1 ตัว |
| 4. Miniature Circuit Breaker 1P | 1 ตัว |
| 5. Pilot Lamp | 3 หลอด |
| 6. Push Button Switch | 2 ตัว |
| 7. Induction Motor | 1 ตัว |
| 8. สายต่อวงจร | |
| 9. พีแอลซี Xinje XC3-14R-C | 1 ตัว |

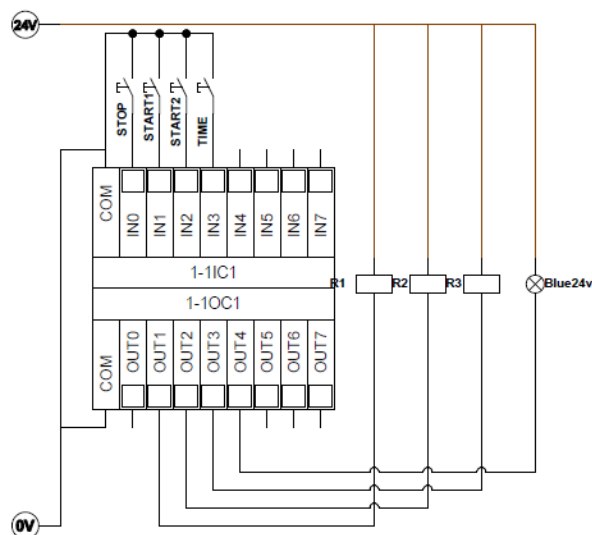
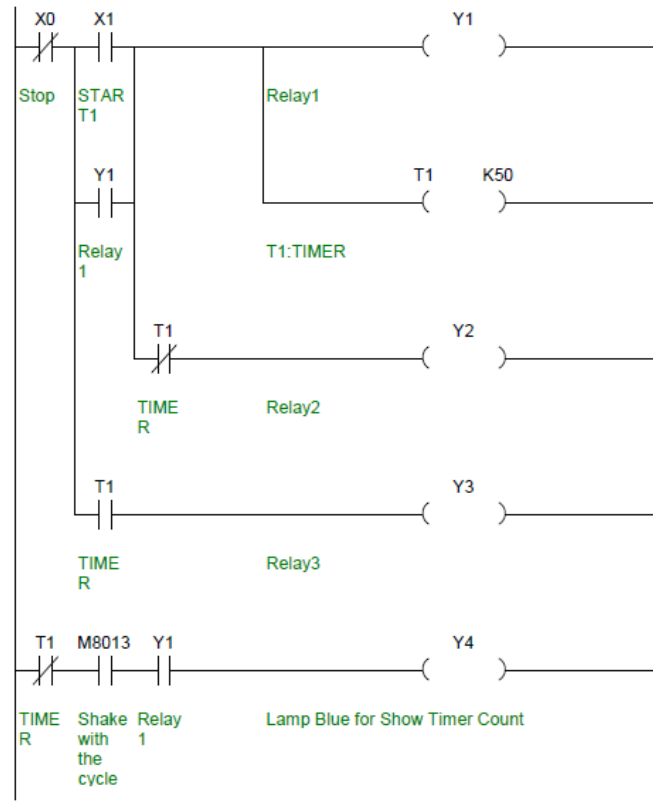
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 7.1 ปรับตั้งเวลาของรีเลย์ตั้งเวลาที่ 5 วินาที
2. ต่อวงจรกำลังตามรูปที่ 7.2 และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 220/380 โวลต์ให้วงจร
3. กดสวิทช์ปุ่มกด START1 สังเกตการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 คอยแยกเตอร์ K2 รีเลย์ตั้งเวลา KT1 และหลอดไฟสัญญาณสีเขียว มอเตอร์จะเริ่มเดินโดยชุดทดลองตัวอยู่กับที่ต่อแบบสตาร์ (Y) รีเลย์ตั้งเวลา KT1 เริ่มนับเวลา
4. เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้รีเลย์ตั้งเวลา KT1 จะทำงาน สังเกตการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 คอนแทกเตอร์ K2 และคอนแทกเตอร์ K3 และหลอดไฟสัญญาณสีเขียว และสีเหลือง (คอนแทกเตอร์ K2 หยุดการทำงาน

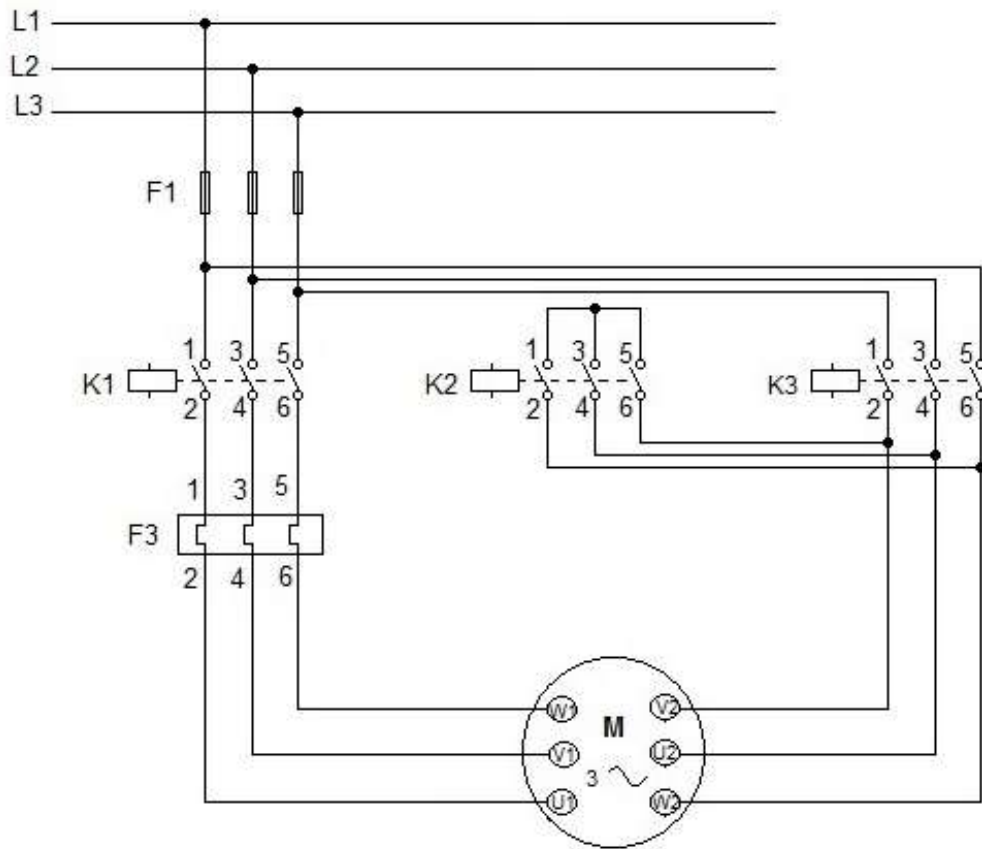
คอนแทกเตอร์ K1 และ K3 หลอดไฟสัญญาณสีเขียว จะสว่างแทนหลอดไฟสัญญาณสีแดง) มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบสูงสุดโดยชุดขดลวดตัวอยู่กับที่ต่อแบบเดลต้า (Δ)

5. กดคดสวิทช์ปุ่มกด STOP เปิดวงจรควบคุมไม่ให้กระแสไฟไหลในวงจรควบคุม คอนแทกเตอร์ และ หลอดไฟสัญญาณทั้งหมดจะหยุดการทำงาน มอเตอร์จะหยุดหมุน

6. เขียนสรุปผลการปฏิบัติงาน



รูปที่ 7.1 แลตเตอร์ไดอะแกรมการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ – เดลต้า



รูปที่ 7.2 วงจรกำลังการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ - เดลต้า

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด

การทำงานของวงจร

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 7 เรื่อง...วงจรถวายการควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้า....

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คุณ	ระดับ คะแนน	ผล คุณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด}}{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด}} \times 100$ 15
คิดเป็นร้อยละ				

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
≥ ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
≥ ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
< ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....



คู่มือนักศึกษา

ชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วย
โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

Electric Motor Control Training Kit
with PLC

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
และเทคโนโลยี



คำนำ

เนื้อหาของคู่มือเล่มนี้ประกอบไปด้วย รายละเอียดของชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ใบงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี ประกอบด้วย ใบงานที่ 1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง ใบงานที่ 2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานตามลำดับขั้นแบบควบคุมด้วยมือ ใบงานที่ 3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานตามลำดับขั้นแบบอัตโนมัติ ใบงานที่ 4 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว ใบงานที่ 5 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด ใบงานที่ 6 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด และใบงานที่ 7 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ – เดลต้า เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในสถานการณ์ต่าง ๆ มีทักษะการคิดและการแก้ปัญหา และบูรณาการกับการทำงานตามสาขาอาชีพต่าง ๆ ต่อไป

ผู้จัดทำคู่มือ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือนี้สำหรับการใช้งานชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี เล่มนี้ จะสามารถให้ความรู้และเกิดประโยชน์แก่ผู้สอน ผู้เรียน ตลอดจนผู้ที่สนใจศึกษาทั่วไปเป็นอย่างดี หากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้จัดทำ ขออภัยขอรับคำติชมเพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขในโอกาสต่อไป

ผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

รายละเอียดของชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี	
อุปกรณ์ที่ใช้ในชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี	3
สัญลักษณ์ที่ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	8
การใช้งานชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี	9
ใบงานการควบคุมมอเตอร์ด้วยพีแอลซี	
ใบงานที่ 1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง	13
ใบงานที่ 2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานตามลำดับขั้นแบบควบคุมด้วยมือ	18
ใบงานที่ 3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานตามลำดับขั้นแบบอัตโนมัติ	22
ใบงานที่ 4 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว	27
ใบงานที่ 5 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด	31
ใบงานที่ 6 การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด	35
ใบงานที่ 7 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ท – เดลต้า	39

รายละเอียดของชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี

ชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี เป็นชุดฝึกของหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย โดยในคู่มือชุดนี้มีส่วนประกอบดังนี้

- 1) อุปกรณ์ที่ใช้ในชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี
- 2) สัญลักษณ์ที่ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- 3) ใบงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยวงจรไฟฟ้า
- 4) ใบงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในชุดฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้านั้น มีอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุมอย่างมากมายอุปกรณ์ที่ใช้งานนั้นต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานในการควบคุม อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุมมีดังนี้

1.1 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)



รูปที่ 1.1 แมกเนติกคอนแทคเตอร์

เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานโดยใช้อำนาจแม่เหล็ก ในการเปิดปิดหน้าสัมผัส เพื่อควบคุมวงจรมอเตอร์ หรือ เรียกว่าสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch) หรือ คอนแทคเตอร์(Contactor) ก็ได้

1.2 รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay)



รูปที่ 1.2 รีเลย์ตั้งเวลา

รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay) หรือรีเลย์หน่วงเวลา เป็นรีเลย์ควบคุมที่หน้าสัมผัสจะเปิดหรือ ปิด หลังจากช่วงเวลาที่ตั้งเอาไว้ผ่านไป ซึ่งจะต่างจากแบบทำงานทันทีซึ่งจะเปิดหรือปิดโดยทันที ช่วงเวลาหน่วงอาจจะเริ่ม ต้นจากการเปิดหรือปิดวงจรของแม่เหล็กก็ได้ ขึ้นอยู่กับการทำงานของวงจร

1.3 รีเลย์ป้องกันโหลดเกินหรือโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay)



รูปที่ 1.3 โอเวอร์โหลดรีเลย์

รีเลย์ป้องกันโหลดเกินหรือโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay) รีเลย์ป้องกันโหลดเกินนั้นมีหลาย ชนิด โดยในที่นี้จะกล่าวถึงรีเลย์ความร้อนแบบโลหะคู่ (Bimetallic Thermal Overload Relay) ซึ่งเป็นชนิด ที่นิยมใช้กันมากที่สุด และมีระดับการป้องกันสูงต่อ สภาวะโหลดเกินที่ยาวนานหรือต่ำ ซึ่งมีใช้ทั้ง ระบบไฟ กระแสสลับและกระแสตรง

1.4 ฟิวส์ (Fuse)



รูปที่ 1.4 ฟิวส์

ฟิวส์กำลังที่เหมาะสมสำหรับการป้องกันมอเตอร์จะเป็นฟิวส์ชนิดหน่วงเวลา เนื่องจากกระแสเริ่มแรกในขณะสตาร์ทมอเตอร์มีค่าสูงกว่ากระแสปกติ ประมาณ 5-8 เท่า ฟิวส์ตามมาตรฐาน IEC (In) (International Electrotechnical Commission) มีขนาดเป็นแอมแปร์ (A) ดังนี้ 6,10,20,25,32,40,50,63,80,100,125,160,200,250,315,400

1.5 หลอดไฟสัญญาณ (Pilot Lamp)



รูปที่ 1.5 หลอดไฟสัญญาณ

เป็นหลอดไฟที่ใช้สถานะในการทำงานมีหลายสีหลายแบบ บางชนิดเป็นแบบรวมอยู่กับสวิตช์ปุ่มกด หรือมีหม้อแปลงเล็ก สำหรับจ่ายไฟให้หลอดที่ใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำ รายละเอียดและเทคนิคเวลา เลือกใช้ก็คือ แรงดันใช้งาน รูปแบบ และสีของเลนส์การต่อหลอดสัญญาณจะไม่ต่อขนาดกัขดลวดของ รีเลย์ เนื่องจากขดลวดของ รีเลย์จะเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าสูง

1.6 สวิตช์ปุ่มกด (Pushbutton Switch)



รูปที่ 1.6 สวิตช์ปุ่มกด

โดยทั่วไปตัวสวิตช์จะมีคอนแทคปกติปิดและเปิด อย่างละหนึ่งคอนแทคในตัวเดียวกัน แต่สามารถนำคอนแทคมาต่อเพิ่มเติมได้ตามต้องการตัวปุ่มกดมีหลายแบบให้เลือกใช้ รายละเอียดเทคนิคเวลาเลือกใช้ก็คือ กระแสคอนแทค ,จำนวนและชนิดของคอนแทค แรงดันใช้งาน ขนาดและรูปแบบที่ต้องการใช้

1.7 พีแอลซี (Programmable logic Controller: PLC)



รูปที่ 1.7 พีแอลซี Xinje XC3-14R-C

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Controller : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสิ่งสำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที

1.8 สวิตซ์ซิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)



รูปที่ 1.8 สวิตซ์ซิงเพาเวอร์ซัพพลาย

Power Supply คือแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับตัวอุปกรณ์หรือ Device ที่เราใช้งาน ซึ่งก็มีหลากหลายประเภท มีแบบที่เป็น linear Power Supply ก็คือพวก Transformer กับ Non-linear Power Supply หรือ Switching Power Supply โดยเฉพาะ Switching Power Supply ที่เราจะมาแนะนำนี้ เป็นอุปกรณ์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยจะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ต้องการแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อให้ฟังก์ชันในอุปกรณ์ทำงานได้

1.9 รีเลย์ (Relay)




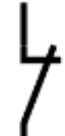
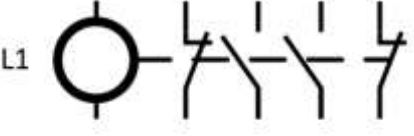
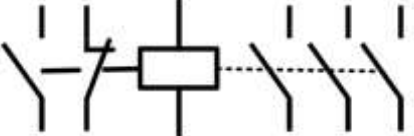


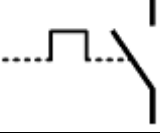
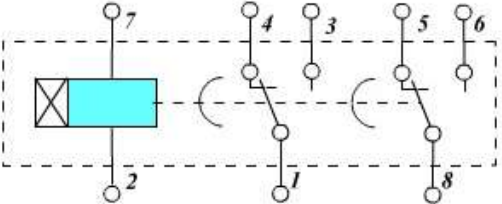
รูปที่ 1.9 รีเลย์

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์

2. สัญลักษณ์ที่ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า จำเป็นที่จะต้องเขียนสัญลักษณ์แทนของจริง ซึ่งในตารางต่อไปนี้จะ แสดงสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ ซึ่งในที่นี้จะใช้สัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ตามมาตรฐานการออกแบบของ IEC (International Electrotechnical Commission)

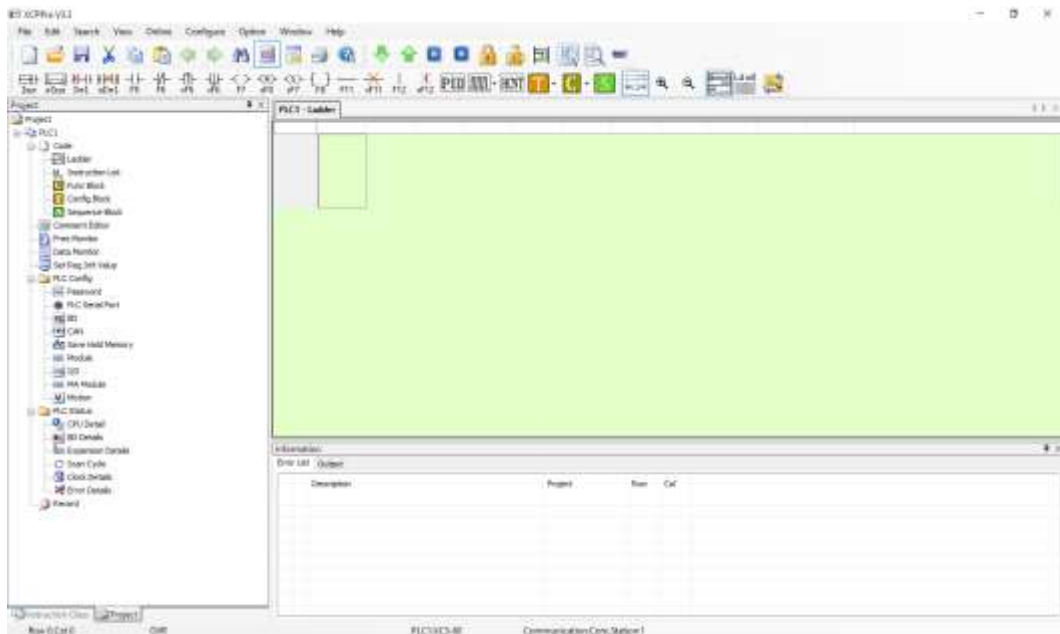
ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

สัญลักษณ์	ความหมาย
	หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open)
	หน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close)
	รีเลย์ (Relay)
	คอนแทกเตอร์ (Contactor)
	หลอดไฟสัญญาณ (Pilot lamp)
	เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)
	โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay)
	รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relays)

สัญลักษณ์	ความหมาย
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส (Three Phase Induction Motor)
F1 	ฟิวส์ (Fuses)

3. การใช้งานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซี

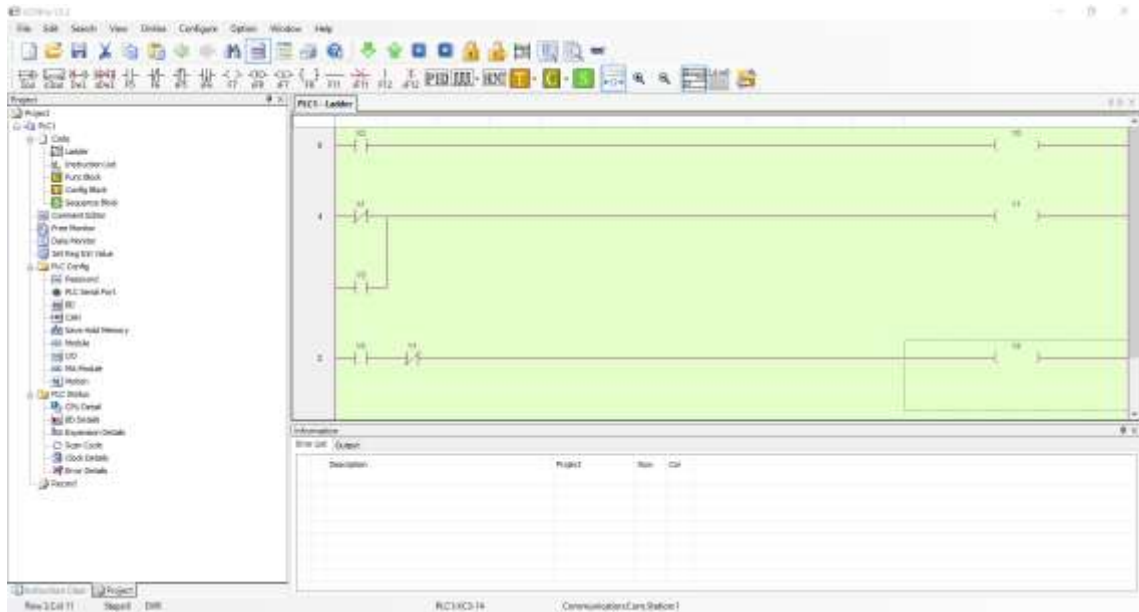
โปรแกรมที่ใช้เขียนแลดเดอร์ไดอะแกรมสำหรับชุดฝึกอบรมชุดนี้คือ XC Series Program Tool Version 3.3 ที่รองรับการใช้งานของพีแอลซี Xinje รุ่น XC3 – 14R – C ซึ่งเป็นรุ่นที่ใช้งานในชุดทดลอง



รูปที่ 3.1 โปรแกรม XC Series Program Tool Ver. 3.3

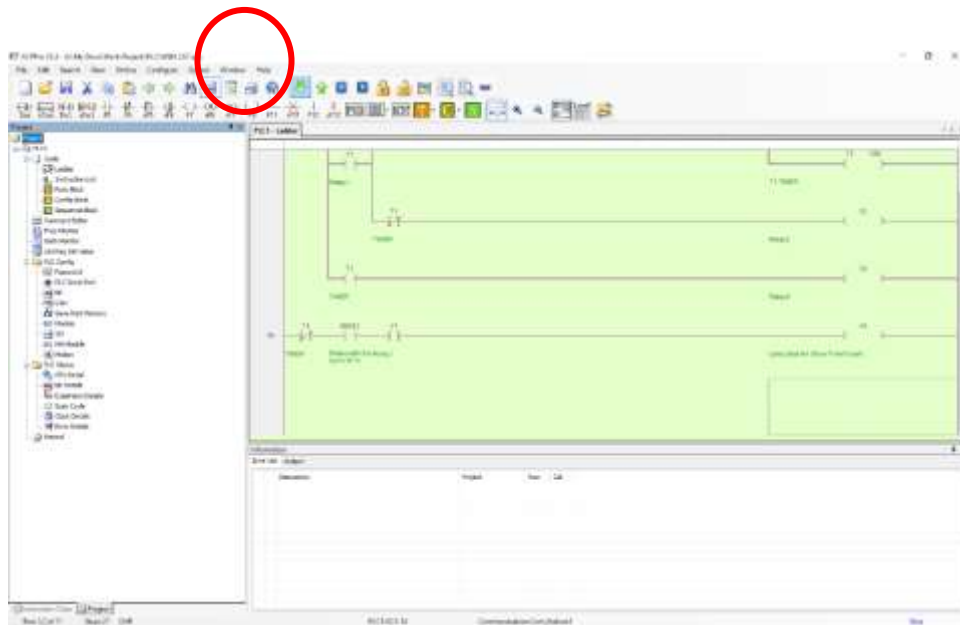
3.1 ขั้นตอนการเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรม

เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วให้สร้างไฟล์ใหม่แล้วเลือกพีแอลซี รุ่น XC3 – 14 จะได้หน้าโปรแกรมว่าง ๆ มาเพื่อเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรม

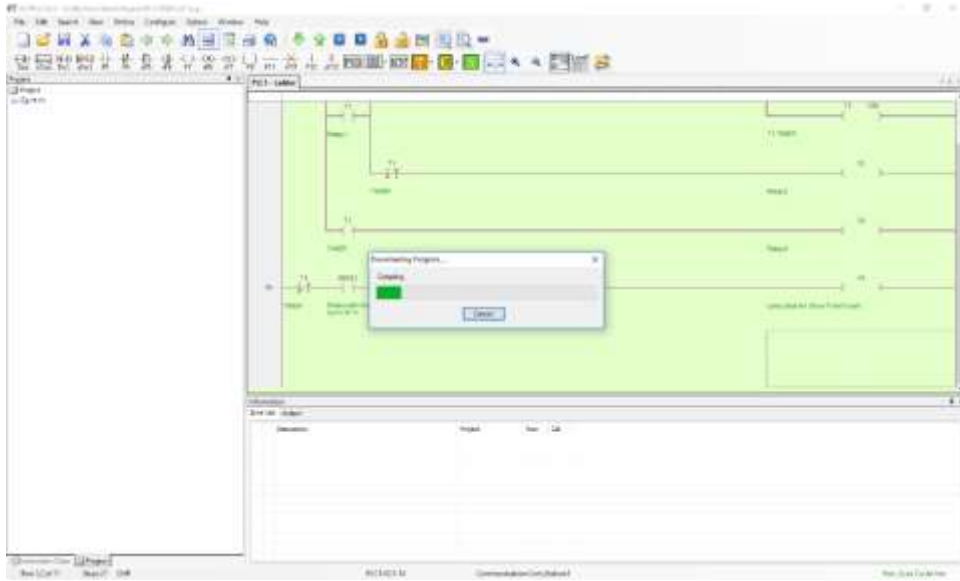


รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการเขียนแลตเตอร์ไดอะแกรม

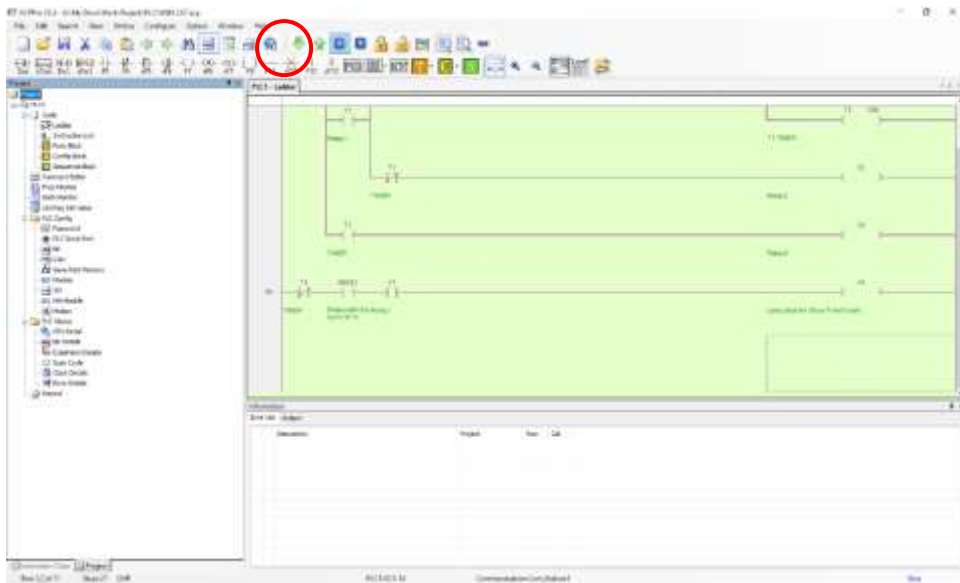
3.2 ขั้นตอนการดาวน์โหลดแลตเตอร์ไดอะแกรมลงพีแอลซี หลังจากเขียนแลตเตอร์ไดอะแกรมเสร็จถ้าเราต้องการจะนำแลตเตอร์ที่เราเขียนลงพีแอลซี อย่างแรกทำการเชื่อมต่อสายข้อมูลเข้ากับคอมพิวเตอร์และพีแอลซี หลังจากนั้นก็กดปุ่มดาวน์โหลดในหน้าโปรแกรม เมื่อดาวน์โหลดเสร็จแล้วก็ให้กด RUN เพื่อเริ่มการทำงานตามเงื่อนไขของแลตเตอร์ไดอะแกรมที่เราได้เขียนไว้



รูปที่ 3.4 การกดปุ่มดาวน์โหลดหลังจากทำการเชื่อมต่อพีแอลซีเข้ากับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.5 รูปขณะคอมพิวเตอร์กำลังอัปโหลดแลตเตอร์ลงสู่พีแอลซี



รูปที่ 3.6 การกดปุ่มเริ่มการทำงานของพีแอลซี

ใบปฏิบัติงานที่ 1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง (Direct On Line Starter : DOL)

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง เป็นการเริ่มเดินมอเตอร์โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามพิกัดที่ระบุ เรียกว่า “การเริ่มเดินมอเตอร์แบบ DOL” โดยไม่มีการลดกระแสหรือแรงดันขาเริ่มเดิน ซึ่งมอเตอร์จะมีกระแสเริ่มเดินประมาณ 6 – 7 เท่าของกระแสที่แผ่นป้าย (Name Plate) จึงเหมาะกับมอเตอร์ขนาดเล็กเท่านั้น การเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรงสามารถใช้อุปกรณ์ควบคุมการเริ่มเดินได้ โดยการควบคุมประกอบไปด้วยการทำงานวงจร 2 ส่วนคือ

1. วงจรกำลัง (Power Circuit) เป็นวงจรส่วนที่จ่ายกระแสเข้ามอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อให้มอเตอร์หมุน ดังนั้นจึงมีกระแสจำนวนมากตามพิกัดกระแสของมอเตอร์แต่ละตัวไหลผ่าน วงจรส่วนนี้ พิวส์ป้องกันวงจรกำลัง (Power Fuse) หน้าสัมผัสหลักของคอนแทกเตอร์ และรีเลย์ไหลตกเกิน เป็นต้น

2. วงจรควบคุม (Control Circuit) เป็นวงจรควบคุมการทำงานของวงจรกำลังให้ทำงานตามความต้องการ วงจรส่วนนี้ประกอบด้วยพิวส์ป้องกันวงจรควบคุม (Control Fuse) ชุดหน้าสัมผัสของรีเลย์ไหลตกเกิน สวิตช์ปุ่มกด รีเลย์ตั้งเวลา ขดลวดของคอนแทกเตอร์ หน้าสัมผัสช่วยของคอนแทกเตอร์ หลอดไฟสัญญาณ เป็นต้น

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรงได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรงได้
3. ต่อวงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรงได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

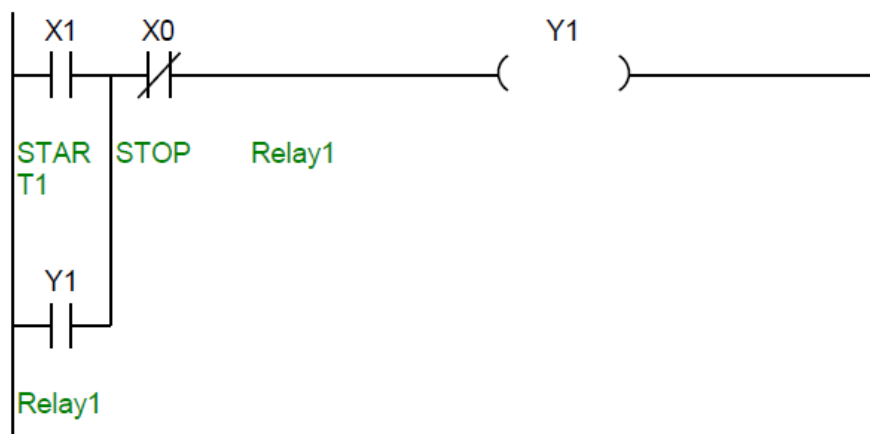
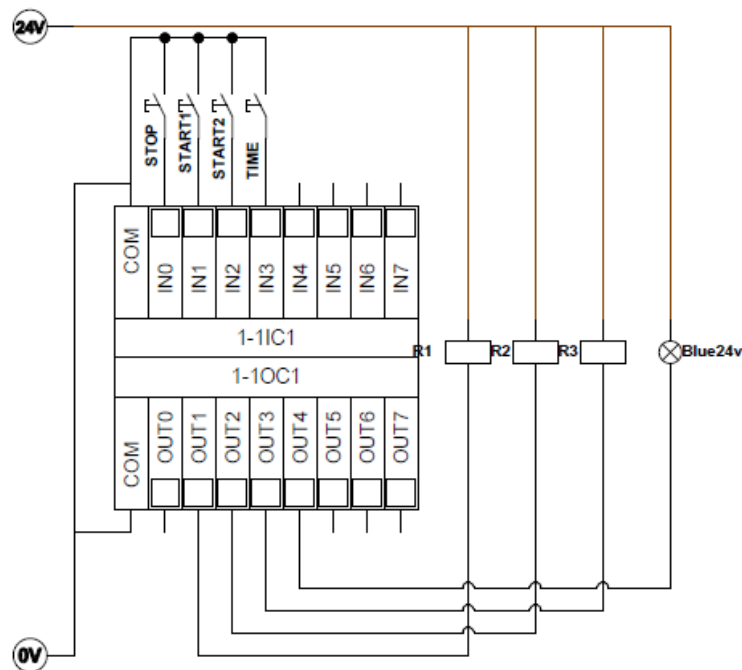
1. Magnetic Contactor 220 Volt	1 ตัว
2. Overload Relay	1 ตัว
3. Circuit Breaker 3P	1 ตัว
4. Circuit Breaker 1P	1 ตัว
5. Push Button Switch	2 ตัว
6. Induction Motor 3 phase	1 ตัว
7. สายต่อวงจร	1 ชุด
8. Pilot Lamp	2 หลอด
9. มัลติมิเตอร์	1 ตัว
10. พีแอลซี Xinje XC3-14R-C	1 ตัว

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 1 และตรวจสอบความถูกต้อง
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ให้กับวงจรควบคุม
3. ทดสอบการทำงานของวงจร และบันทึกผลลงในตารางที่ 1 ดังนี้
 - 3.1 สังเกตการณ์ทำงานขณะไม่ได้กดสวิตช์ควบคุม บันทึกผล
 - 3.2 กดสวิตช์ S2 ค้างไว้ สังเกตการณ์ทำงานของวงจร บันทึกผล

- 3.3 กดสวิตช์ S1 ค้างไว้ สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล
- 3.4 กดปุ่มทริป (Trip) ของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล
- 3.5 กดสวิตช์ S2 ค้างไว้และปล่อย สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล
- 3.6 กดปุ่มรีเซ็ต (Reset) ของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล
- 3.7 กดสวิตช์ S2 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล
- 3.8 กดสวิตช์ S1 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล
4. ปิดสวิตช์จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรถูกควบคุม
5. ต่อวงจรถูกกำลังตามรูปที่ 2 และตรวจสอบความถูกต้อง
6. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรถูกควบคุม และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลต์ ให้กับวงจรถูกกำลัง
7. ทดสอบการทำงานของวงจรถูกกำลัง ตามข้อ 3.1 – 3.8 สังเกตการทำงานของวงจรถูกบันทึกผล

กำลัง



รูปที่ 1.1 วงจรการต่อพีแอลซีและแลตเตอร์ไต่อะแกรมของการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง

การทำงานของวงจร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่อง...การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง....

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คุณ	ระดับ คะแนน	ผล คุณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด} \times 100}{\text{คิดเป็นร้อยละ}}$
คิดเป็นร้อยละ				

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
\geq ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
\geq ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
$<$ ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

ใบปฏิบัติงานที่ 2

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบทำงานเรียงลำดับ

การควบคุมให้ทำงานเรียงตามลำดับ คือ การควบคุมให้มอเตอร์ตัวหนึ่งทำงานหลังจากที่มอเตอร์อีกตัวหนึ่งทำงานไปแล้ว

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

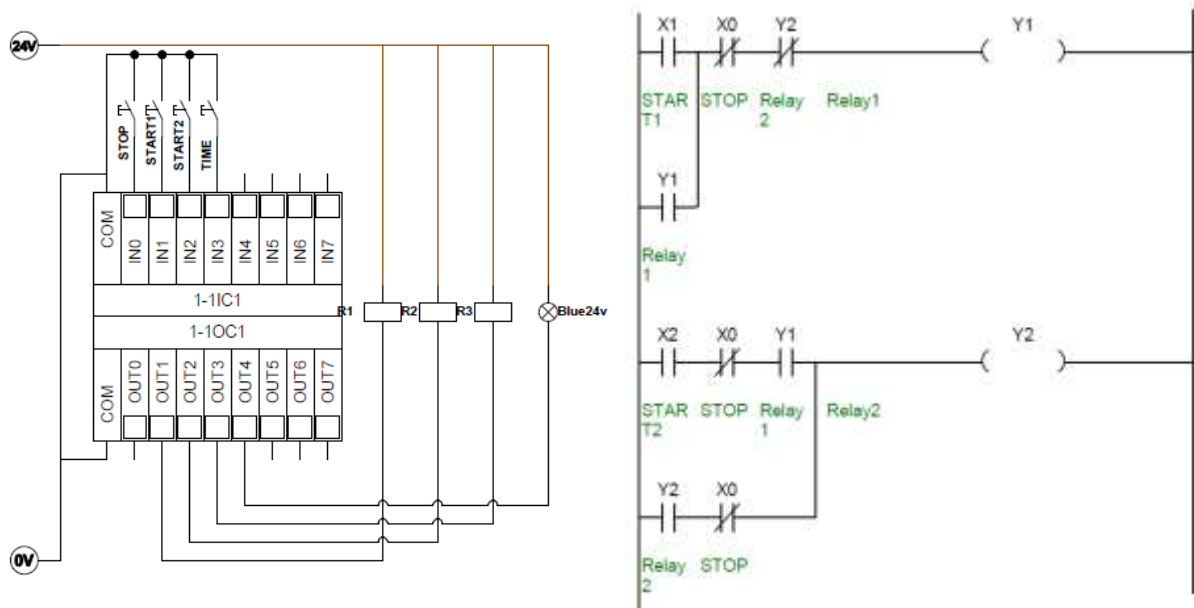
1. อธิบายหลักการการเริ่มเดินมอเตอร์ทำงานเรียงลำดับแบบควบคุมได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเริ่มเดินมอเตอร์ทำงานเรียงลำดับแบบควบคุมได้
3. ปฏิบัติการเริ่มเดินมอเตอร์ทำงานเรียงลำดับแบบควบคุมได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

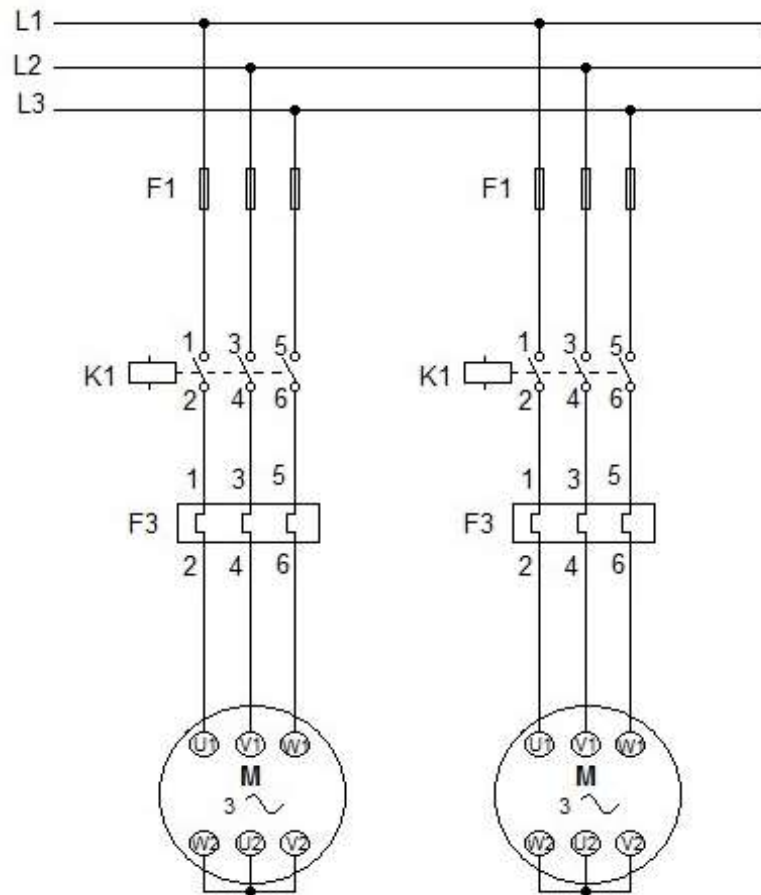
- | | |
|--------------------------------|--------|
| 1. Magnetic Contactor 220 Volt | 2 ตัว |
| 2. Overload Relay | 2 ตัว |
| 3. Circuit Breaker 3P | 1 ตัว |
| 4. Circuit Breaker 1P | 1 ตัว |
| 5. Pilot Lamp | 2 หลอด |
| 6. Push Button Switch | 3 ตัว |
| 7. Induction Motor | 2 ตัว |
| 8. สายต่อวงจร | |
| 9. พีแอลซี Xinja XC3-14R-C | 1 ตัว |

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 2.1 และตรวจสอบความถูกต้อง
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม
3. ทดสอบการทำงานของวงจร และบันทึกผลลงในตารางที่ 2.1 ดังนี้
 - 3.1 สังเกตการทำงานของวงจรขณะยังไม่ได้กดสวิตช์ควบคุม บันทึกผล
 - 3.2 กดสวิตช์ S3 ค้างไว้ สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.3 กดสวิตช์ S2 ค้างไว้ สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.4 ปล่อยสวิตช์ S2 สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.5 กดสวิตช์ S3 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.6 กดสวิตช์ S1 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
4. ปิดสวิตช์จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม
5. ต่อวงจรกิจจตามรูปที่ 2.2 แล้วตรวจสอบความถูกต้อง
6. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลต์ ให้กับวงจรกำลัง
7. ทดสอบการทำงานของวงจร ตามข้อ 3.1 – 3.6 สังเกตการทำงานของวงจร และบันทึกผลลงในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วงจรการต่อพีแอลซีและแลตเตอร์ไต่อะแกรมของการการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานตามลำดับขั้นแบบควบคุมด้วยมือ



รูปที่ 2.2 วงจรกำลังของการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบทำงานเรียงลำดับด้วยมือ

ตารางที่ 2.1 การทดลองสภาวะการทำงานของเครื่องเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบทำงานเรียงลำดับด้วยมือ

ลำดับที่	เงื่อนไข/ตำแหน่งการควบคุม						ผลการปฏิบัติงาน									
	S1		S2		S3		K1		H1		H2		H3		M	
	กด	ปล่อย	กด	ปล่อย	กด	ปล่อย	On	Off	On	Off	On	Off	On	Off	On	Off
3.1																
3.2																
3.3																
3.4																
3.5																
3.6																

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส 2 ตัว

การทำงานของวงจร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่อง...การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือ....

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คุณ	ระดับ คะแนน	ผล คุณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด} \times 100}{\text{คิดเป็นร้อยละ}}$
คิดเป็นร้อยละ				

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
\geq ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
\geq ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
$<$ ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

ใบปฏิบัติงานที่ 3

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบเรียงลำดับแบบอัตโนมัติ

การควบคุมแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ เป็นการควบคุมที่ใช้รีเลย์ตั้งเวลาการทำงานของคอนแทคเตอร์ ให้มอเตอร์ตัวที่ 1 ทำงานก่อนตัวที่ 2 โดยอัตโนมัติ และมอเตอร์ตัวที่ 2 ไม่สามารถทำงานก่อนมอเตอร์ตัวที่ 1

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการการเริ่มเดินมอเตอร์ทำงานเรียงลำดับแบบอัตโนมัติได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเริ่มเดินมอเตอร์ทำงานเรียงลำดับแบบอัตโนมัติได้
3. ปฏิบัติการเริ่มเดินมอเตอร์ทำงานเรียงลำดับแบบอัตโนมัติได้

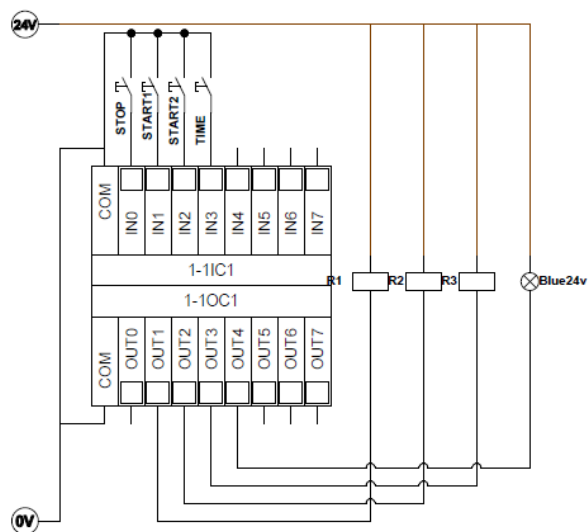
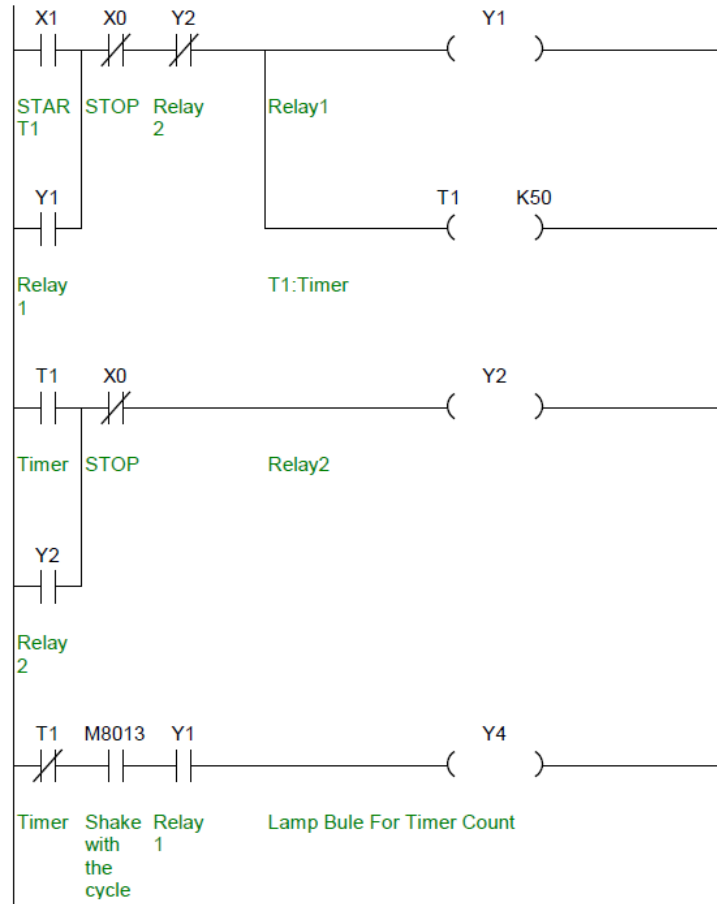
เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | |
|----------------------------|--------|
| 1. Magnetic Contractor | 2 ตัว |
| 2. Overload Relay | 2 ตัว |
| 3. พีแอลซี Xinje XC3-14R-C | 1 ตัว |
| 4. Circuit Breaker 3P | 1 ตัว |
| 5. Circuit Breaker 1P | 1 ตัว |
| 6. Pilot Lamp | 2 หลอด |
| 7. Push Button Switch | 3 ตัว |
| 8. Induction Motor | 2 ตัว |
| 9. สายต่อวงจร | |

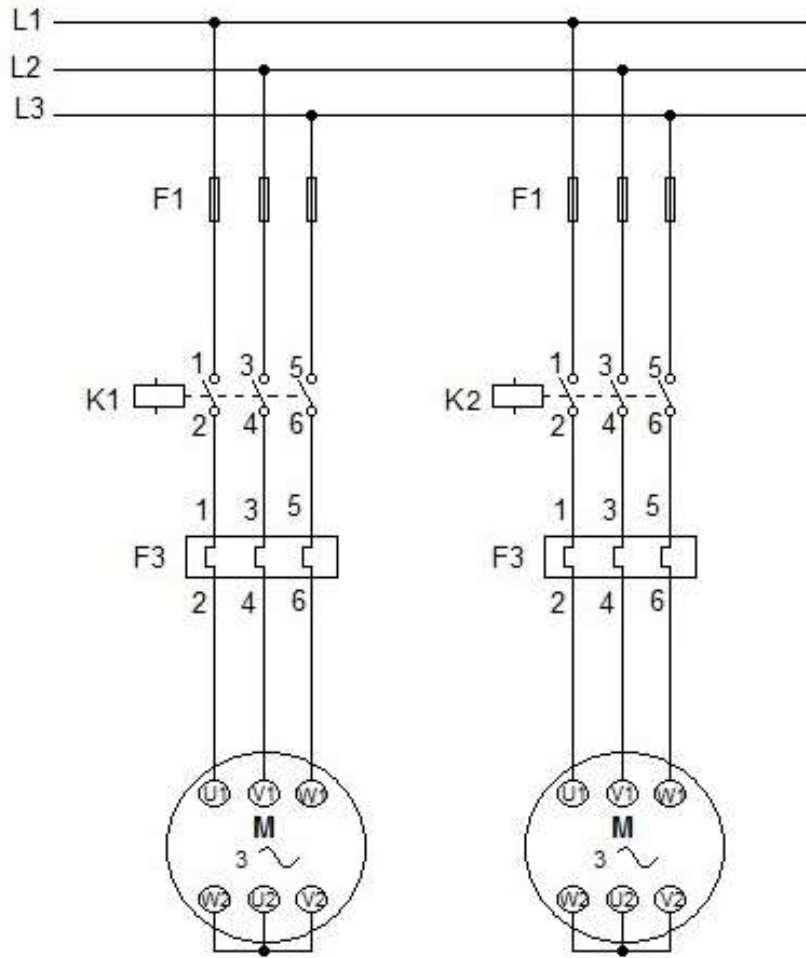
ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 3.1 และตรวจสอบความถูกต้อง
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม
3. ทดสอบการทำงานของวงจร และบันทึกผลลงในตารางที่ 2.1 ดังนี้
 - 3.1 สังเกตการทำงานของวงจรขณะยังไม่ได้กดสวิตช์ควบคุม บันทึกผล
 - 3.2 กดสวิตช์ S2 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.3 กดสวิตช์ S1 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.4 กดปุ่มรีเซ็ตของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ตัวที่ 1 (F3) สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.5 กดสวิตช์ S2 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.6 กดปุ่มรีเซ็ต (Reset) ของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ตัวที่ 1 (F3) สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.7 กดปุ่มรีเซ็ตของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ตัวที่ 2 (F4) สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.8 กดสวิตช์ S2 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.9 กดปุ่มรีเซ็ต (Reset) ของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ตัวที่ 2 (F4) สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.10 กดสวิตช์ S2 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
 - 3.11 กดสวิตช์ S1 แล้วปล่อย สังเกตการทำงานของวงจร บันทึกผล
4. ปิดสวิตช์จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม
5. ต่อวงจรกำลังตามรูปที่ 3.2 แล้วตรวจสอบความถูกต้อง

6. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลต์ ให้กับวงจรกำลัง
7. ทดสอบการทำงานของวงจรตามข้อ 3.1 – 3.11 สังเกตการทำงานของมอเตอร์ บันทึกผลลงในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วงจรควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ



รูปที่ 3.2 วงจรกำลังการเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ

ตารางที่ 3.1 การทดลองสภาวะการทำงานของวงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบทำงานเรียงลำดับอัตโนมัติ

ที่	เงื่อนไข/ตำแหน่งการควบคุม								ผลการทดลอง										
	S1		S2		F3		F4		K1	K2	K3	H1	H2	H3	H4	M1		M2	
	กด	ปล่อย	กด	ปล่อย	trip	reset	trip	reset	On	on	on	on	on	on	on	on	off	on	off
3.1																			
3.2																			
รอเวลา K3T ทำงาน					ถึงเวลา														
3.3																			
3.4																			
3.5																			
3.6																			
3.7																			
3.8																			
3.9																			
3.10																			
รอเวลา K3T					ถึงเวลา														
3.11																			

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส 2 ตัว

การทำงานของวงจร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 3 เรื่อง...การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ....

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คุณ	ระดับ คะแนน	ผล คุณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด} \times 100}{15}$
คิดเป็นร้อยละ				15

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
≥ ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
≥ ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
< ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

ใบปฏิบัติงานที่ 4

การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว

ลักษณะการกลับทางหมุนแบบจ็อกกิ้ง การกลับทางหมุนมอเตอร์โดยการกดสวิทช์ปุ่มกดค้างไว้ เมื่อปล่อยมือออกจากสวิทช์ปุ่มกดมอเตอร์ก็จะหยุดหมุน การเริ่มเดินมอเตอร์จะเริ่มเดินให้หมุนขวาหรือซ้ายก่อนก็ได้ โดยการกดสวิทช์ S2 หรือ S3 และเมื่อไม่ต้องการให้วงจรทำงานก็ทำการปลดสวิทช์ S1 ออกซึ่ง S1 เป็นสวิทช์แบบมีล็อกในตัวเอง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราวได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราวได้
3. ปฏิบัติการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว ได้
4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบข้อตกลง ของการเข้ารับการอบรม
5. มีความกระตือรือร้นในการใฝ่หาความรู้ มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

รายการการปฏิบัติงาน

1. เตรียมความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน ตรวจสอบเช็คสภาพร่างกาย / ตรวจสอบเช็คเครื่องมือ
2. ตรวจสอบการทำงานของชุดทดลอง ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมปฏิบัติงาน
3. ทดสอบตามใบปฏิบัติงาน และบันทึกผล
4. จัดเก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดเครื่องมือ

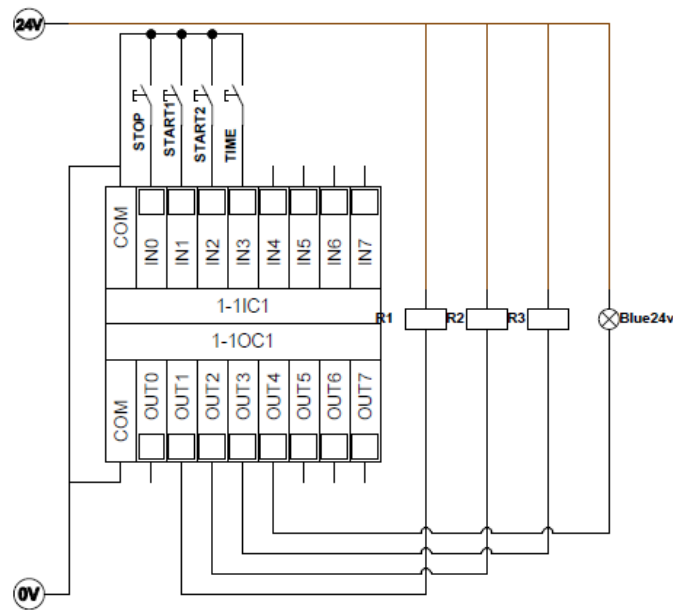
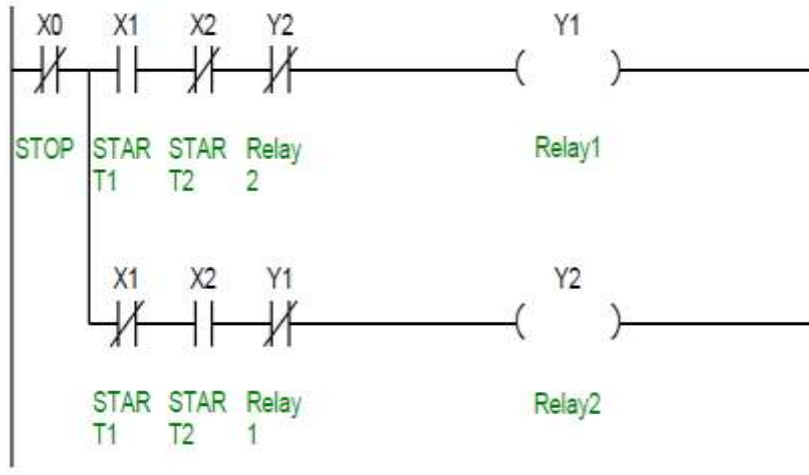
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า 3 เฟส	1 ตัว
2. สวิทช์ปุ่มกด	3 ตัว
3. คอนแทกเตอร์ชนิดลวด 220 โวลต์	2 ตัว
4. รีเลย์ไหลดเกิน	1 ตัว
5. ฟิวส์ป้องกันวงจร	1 ชุด
6. หลอดไฟสัญญาณ	3 หลอด
7. มัลติมิเตอร์	1 ตัว
8. สายต่อวงจร	1 ชุด
9. พีแอลซี Xijie XC3-14R-C	1 ตัว

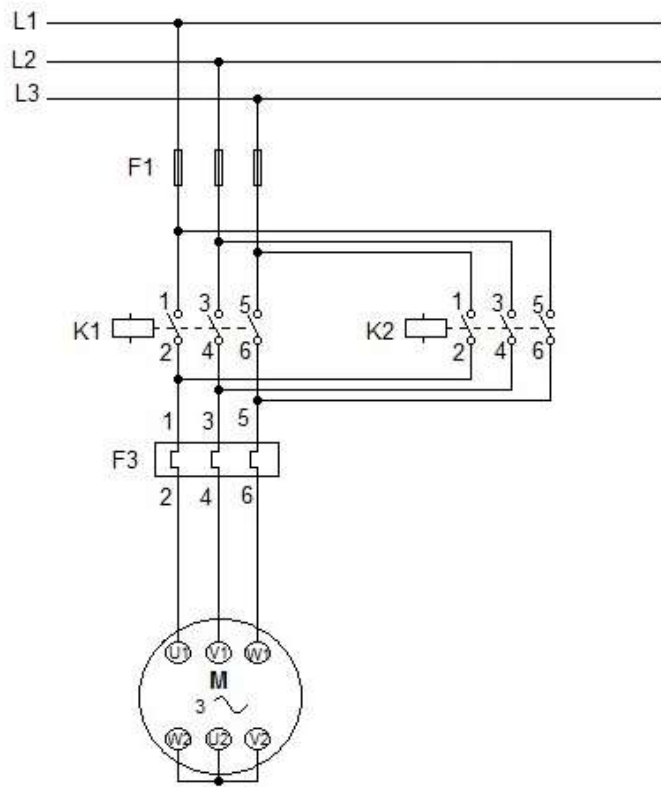
ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 4.1
2. ต่อวงจรกำลังตามรูปที่ 4.2 และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 220/380 โวลต์ให้วงจร
3. กดสวิทช์ปุ่มกด START1 สังเกตการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 หลอดไฟสัญญาณสีเขียว และทิศทางการหมุนของมอเตอร์

4. กดสวิตช์ปุ่มกด START2 สังเกตการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 หลอดไฟสัญญาณสีเหลือง และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
5. กดกดสวิตช์ปุ่มกด STOP เปิดวงจรควบคุมไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรควบคุม คอนแทกเตอร์ และหลอดไฟสัญญาณทั้งหมดจะหยุดการทำงาน มอเตอร์จะหยุดหมุน
6. บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 แลตเตอร์ไดอะแกรมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วขณะ



รูปที่ 4.2 วงจรกำลังการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว

การทำงานของวงจร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 4 เรื่อง...การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทำงานชั่วคราว....

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คุณ	ระดับ คะแนน	ผล คุณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด}}{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด}} \times 100$
คิดเป็นร้อยละ				15

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
\geq ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
\geq ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
$<$ ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

ใบปฏิบัติงานที่ 5

การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด

เป็นวิธีการกลับทิศทางการหมุนโดยไม่ต้องให้มอเตอร์หยุด การกลับทิศทางการหมุนแบบนี้ไม่เหมาะกับมอเตอร์ขนาดใหญ่ เนื่องจากมอเตอร์จะต้องสร้างแรงบิดในทิศทางตรงกันข้ามเพื่อเอาชนะแรงเฉื่อยทำให้กระแสขณะกลับทิศทางการหมุนสูง และอาจจะทำให้ตลับลูกปืนเสียหาย หรือเพลลาของมอเตอร์จะเสียหายได้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทันทีทันใด ได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทันทีทันใด ได้
3. ปฏิบัติการทำงาน การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบทันทีทันใด ได้
4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบข้อตกลง
5. มีความกระตือรือร้นในการใฝ่หาความรู้ มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

รายการการปฏิบัติงาน

1. เตรียมความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน ตรวจสอบเช็คสภาพร่างกาย / ตรวจสอบเช็คเครื่องมือ
2. ตรวจสอบการทำงานของชุดทดลอง ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมปฏิบัติงาน
3. ทดสอบตามใบปฏิบัติงาน และบันทึกผล
4. จัดเก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดเครื่องมือ

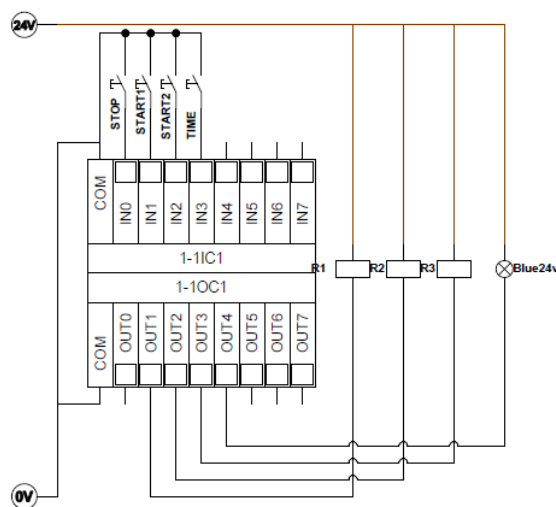
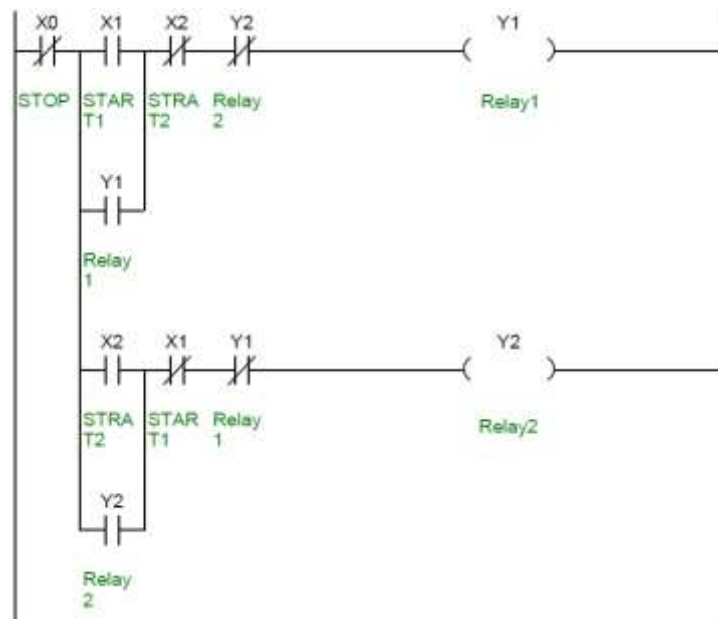
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า 3 เฟส	1 ตัว
2. สวิตช์ปุ่มกด	3 ตัว
3. คอนแทกเตอร์ชนิดลวด 220 โวลต์	2 ตัว
4. รีเลย์ไหลดเกิน	1 ตัว
5. ฟิวส์ป้องกันวงจร	1 ชุด
6. หลอดไฟสัญญาณ	3 หลอด
7. มัลติมิเตอร์	1 ตัว
8. สายต่อวงจร	1 ชุด
9. พีแอลซี Xinje XC3-14R-C	1 ตัว

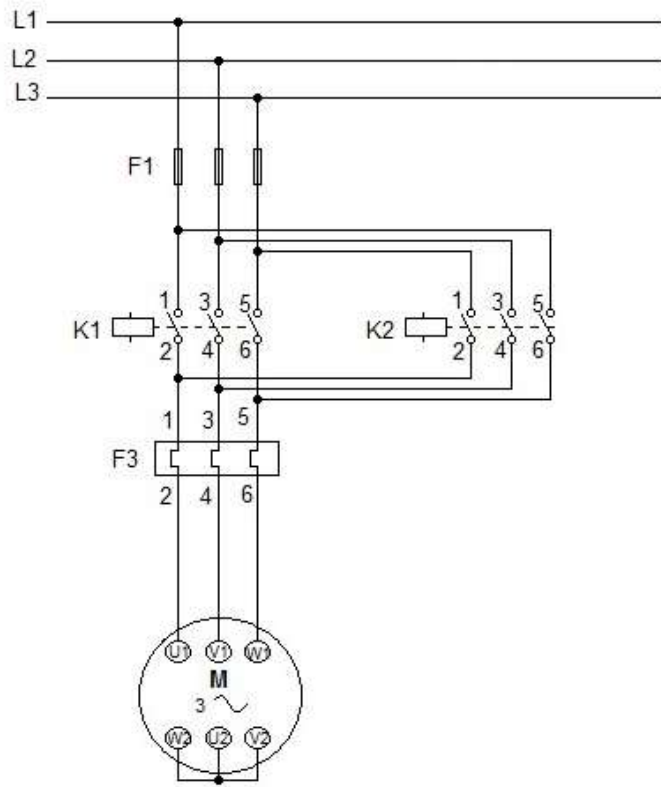
ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 5.1
2. ต่อวงจรกำลังตามรูปที่ 5.2 และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 220/380 โวลต์ให้วงจร
3. กดสวิตช์ปุ่มกด START1 สังเกตการทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 หลอดไฟสัญญาณสีเขียว และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
4. กดสวิตช์ปุ่มกด START2 สังเกตการทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 K2 หลอดไฟสัญญาณสีเขียวและสีเหลือง และทิศทางการหมุนของมอเตอร์

5. กดสวิตช์ปุ่มกด STOP ส่งเหตุการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 หลอดไฟสัญญาณและมอเตอร์ตัวที่ 2 หยุดการทำงาน
6. กดสวิตช์ปุ่มกด START2 ส่งเหตุการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 หลอดไฟสัญญาณสีเหลือง และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
7. กดสวิตช์ปุ่มกด START1 ส่งเหตุการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 K1 หลอดไฟสัญญาณสีเหลืองและสีเขียว และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
8. กดสวิตช์ปุ่มกด STOP เปิดวงจรควบคุมไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรควบคุม คอนแทกเตอร์ และหลอดไฟสัญญาณทั้งหมดจะหยุดการทำงาน มอเตอร์จะหยุดหมุน
9. บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 5.1 แลตเตอร์โปรแกรมการควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด



รูปที่ 5.2 วงจรกำลังการควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด

การทำงานของวงจร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 5 เรื่อง...การควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนทันทีทันใด....
ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คุณ	ระดับ คะแนน	ผล คุณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด}}{15} \times 100$
คิดเป็นร้อยละ				15

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
≥ ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
≥ ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
< ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

ใบงานที่ 6

การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด

ในขณะที่มอเตอร์ทำงาน ปกติ จะมีขดลวดรันเพียงชุดเดียวที่ต่อวงจร ทั้งนี้เพราะขดลวดสตาร์ทถูกตัดวงจรด้วยสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง หลังจากความเร็วของมอเตอร์ถึง 75% ของความเร็วพิกัดแล้ว ดังนั้นการกลับทิศทางการหมุนจึงจำเป็นต้องกระทำหลังจากมอเตอร์หยุดแล้ว ทั้งนี้เพื่อให้สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง กลับมาต่อวงจรขดลวดสตาร์ทที่ใหม่อีกครั้ง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด ได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด ได้
3. ปฏิบัติการทำงานของควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด ได้
4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบข้อตกลง
5. มีความกระตือรือร้นในการใฝ่หาความรู้ มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

รายการการปฏิบัติงาน

1. เตรียมความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน ตรวจสอบเช็คสภาพร่างกาย / ตรวจสอบเช็คเครื่องมือ
2. ตรวจสอบการทำงานของชุดทดลอง ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมปฏิบัติงาน
3. ทดสอบตามใบปฏิบัติงาน และบันทึกผล
4. จัดเก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดเครื่องมือ

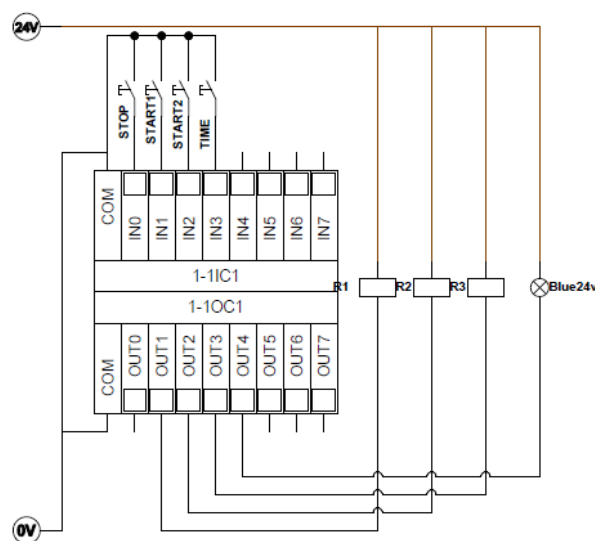
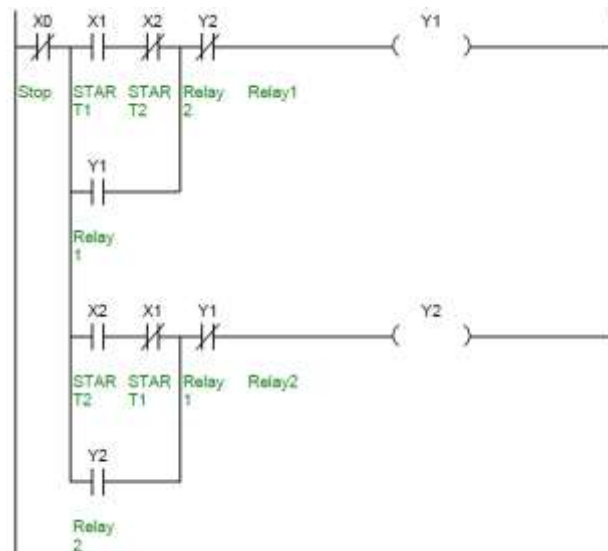
เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | |
|--|--------|
| 1. มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า 3 เฟส | 1 ตัว |
| 2. สวิตช์ปุ่มกด | 3 ตัว |
| 3. คอนแทกเตอร์ขดลวด 220 โวลต์ | 2 ตัว |
| 4. รีเลย์ไหลเกิน | 1 ตัว |
| 5. ฟิวส์ป้องกันวงจร | 1 ชุด |
| 6. หลอดไฟสัญญาณ | 3 หลอด |
| 7. มัลติมิเตอร์ | 1 ตัว |
| 8. สายต่อวงจร | 1 ชุด |
| 9. พีแอลซี Xinje XC3-14R-C | 1 ตัว |

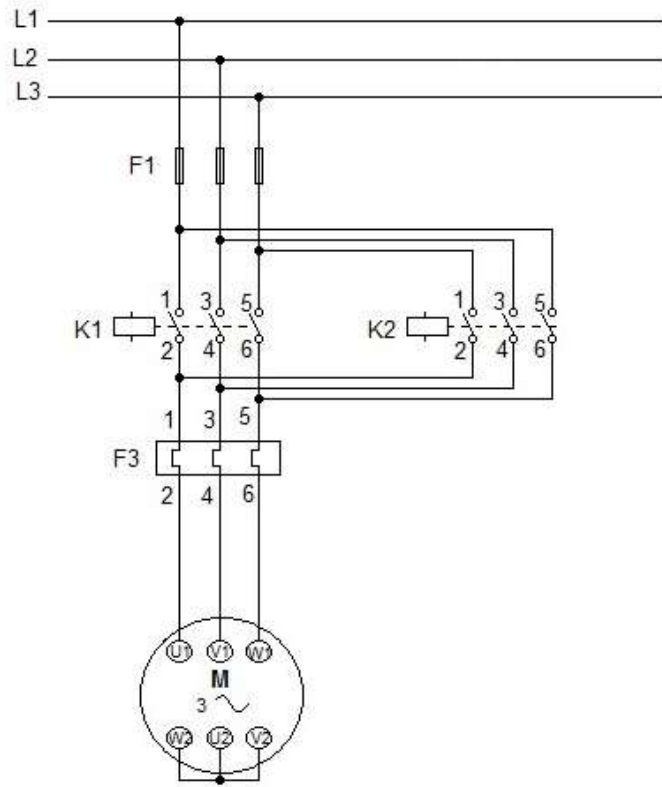
ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 5.1
2. ต่อวงจรกำลังตามรูปที่ 5.2 และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 220/380 โวลต์ให้วงจร
3. กดสวิตช์ปุ่มกด START1 สังเกตการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 หลอดไฟสัญญาณสีเขียว และทิศทางการหมุนของมอเตอร์

4. กดสวิตช์ปุ่มกด START2 สังเกตการทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 K2 หลอดไฟสัญญาณสีเขียวและสีเหลือง และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
5. กดสวิตช์ปุ่มกด STOP สังเกตการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 หลอดไฟสัญญาณและมอเตอร์ตัวที่ 2 หยุดการทำงาน
6. กดสวิตช์ปุ่มกด START2 สังเกตการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 หลอดไฟสัญญาณสีเหลือง และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
7. กดสวิตช์ปุ่มกด START1 สังเกตการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 K1 หลอดไฟสัญญาณสีเหลืองและสีเขียว และทิศทางการหมุนของมอเตอร์
8. กดกดสวิตช์ปุ่มกด STOP เปิดวงจรควบคุมไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรควบคุม คอนแทกเตอร์ และหลอดไฟสัญญาณทั้งหมดจะหยุดการทำงาน มอเตอร์จะหยุดหมุน
9. บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 6.1 แลตเตอร์ไดอะแกรมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด



รูปที่ 6.2 วงจรกำลังการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด

การทำงานของวงจร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 6 เรื่อง...การควบคุมการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนแบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คูณ	ระดับ คะแนน	ผล คูณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด}}{15} \times 100$
คิดเป็นร้อยละ				

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
\geq ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
\geq ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
$<$ ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

ใบงานที่ 7

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบสตาร์ - เดลต้า

การสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟสที่มีขนาดใหญ่กระแสขณะ สตาร์ทมีค่าสูงซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายต่อมอเตอร์ได้ ดังนั้นขณะสตาร์ทมอเตอร์จะต้องหาวิธีการในการลดกระแสจำนวนนี้ วิธีการหนึ่งที่นิยมใช้คือการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ และรันแบบเดลต้า

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้าได้
2. เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้าได้
3. ปฏิบัติการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้า ได้
4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบข้อตกลง
5. มีความกระตือรือร้นในการใฝ่หาความรู้ มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

รายการการปฏิบัติงาน

1. เตรียมความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน ตรวจสอบเช็คสภาพร่างกาย / ตรวจสอบเช็คเครื่องมือ
2. ตรวจสอบการทำงานของชุดทดลอง ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมปฏิบัติงาน
3. ทดสอบตามใบปฏิบัติงาน และบันทึกผล
4. จัดเก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดเครื่องมือ

อุปกรณ์การทดลอง

1. Magnetic Contractor	3 ตัว
2. Overload Relay	1 ตัว
3. Miniature Circuit Breaker 3P	1 ตัว
4. Miniature Circuit Breaker 1P	1 ตัว
5. Pilot Lamp	3 หลอด
6. Push Button Switch	2 ตัว
7. Induction Motor	1 ตัว
8. สายต่อวงจร	
9. พีแอลซี Xinje XC3-14R-C	1 ตัว

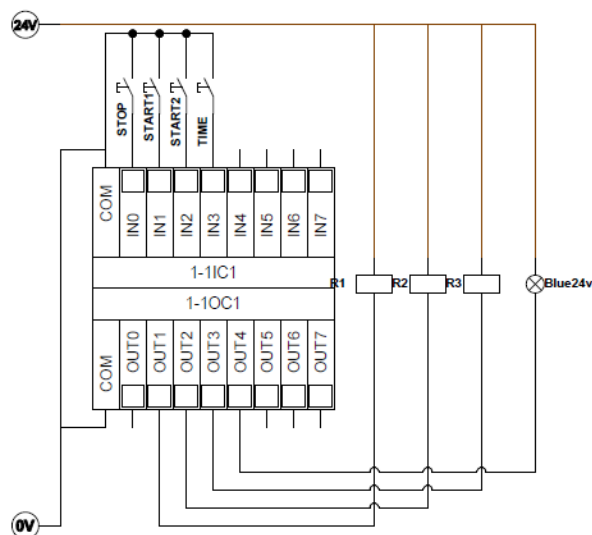
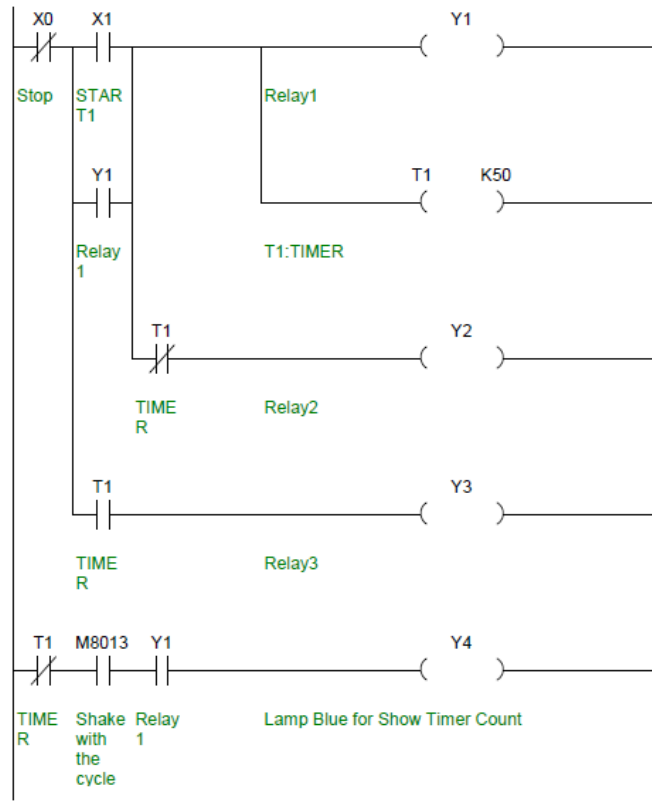
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรควบคุมตามรูปที่ 7.1 ปรับตั้งเวลาของรีเลย์ตั้งเวลาที่ 5 วินาที
2. ต่อวงจรกำลังตามรูปที่ 7.2 และจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 220/380 โวลต์ให้วงจร
3. กดสวิทช์ปุ่มกด START1 สังเกตการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 คอยแยกเตอร์ K2 รีเลย์ตั้งเวลา KT1 และหลอดไฟสัญญาณสีเขียว มอเตอร์จะเริ่มเดินโดยชุดทดลองตัวอยู่กับที่ต่อแบบสตาร์ (Y) รีเลย์ตั้งเวลา KT1 เริ่มนับเวลา
4. เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้รีเลย์ตั้งเวลา KT1 จะทำงาน สังเกตการณ์ทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 คอนแทกเตอร์ K2 และคอนแทกเตอร์ K3 และหลอดไฟสัญญาณสีเขียว และสีเหลือง (คอนแทกเตอร์ K2 หยุดการทำงาน

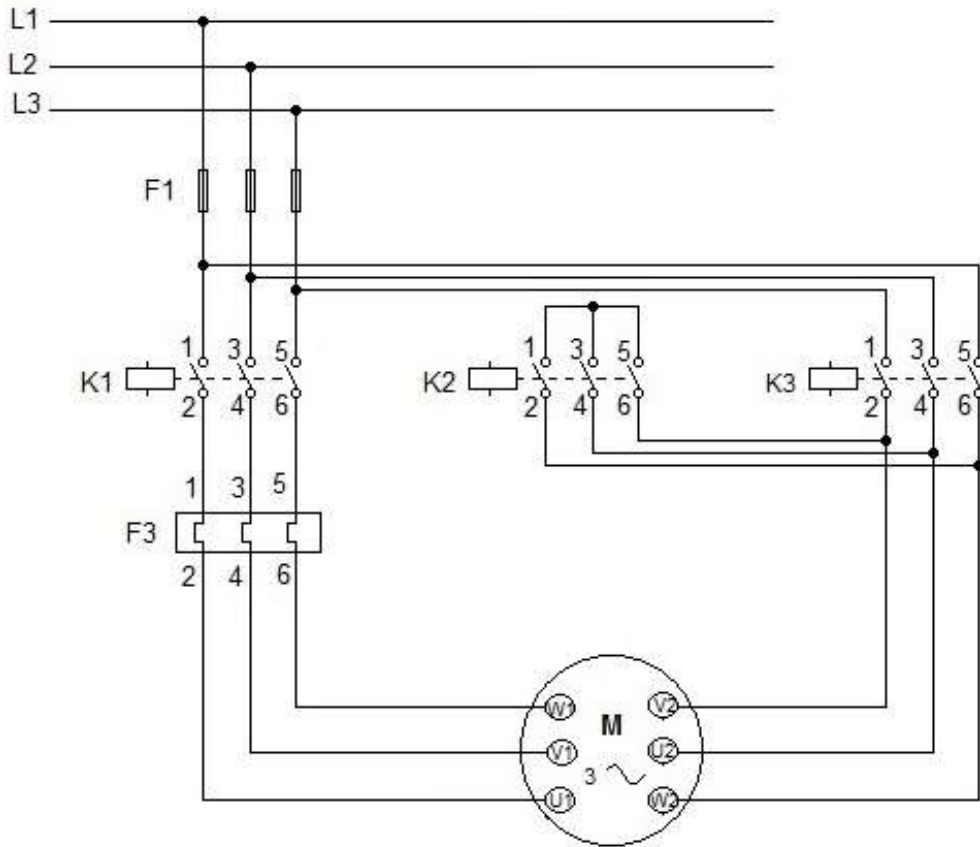
คอนแทกเตอร์ K1 และ K3 หลอดไฟสัญญาณสีเขียว จะสว่างแทนหลอดไฟสัญญาณสีแดง) มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบสูงสุดโดยชุดขดลวดตัวอยู่กับที่ต่อแบบเดลต้า (Δ)

5. กดคดสวิทช์ปุ่มกด STOP เปิดวงจรควบคุมไม่ให้กระแสไฟไหลในวงจรควบคุม คอนแทกเตอร์ และ หลอดไฟสัญญาณทั้งหมดจะหยุดการทำงาน มอเตอร์จะหยุดหมุน

6. เขียนสรุปผลการปฏิบัติงาน



รูปที่ 7.1 แลตเตอร์ไดอะแกรมการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ – เดลต้า



รูปที่ 7.2 วงจรกำลังการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์ - เดลต้า

สรุปผล

จงอธิบายการทำงานของวงจรการควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้าได้

การทำงานของวงจร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานที่ 7 เรื่อง...วงจรถ่วงการควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้า....

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....

รายการ	ตัว คุณ	ระดับ คะแนน	ผล คุณ	คำแนะนำ
1. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้การปฏิบัติถูกต้อง	3			
2. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน	3			
3. ผลการปฏิบัติงานถูกต้อง	3			
4. สรุปผลการทดลองถูกต้อง ครบถ้วน	3			
5. ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย	3			
รวมทั้งหมด				ร้อยละ = $\frac{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด}}{\text{ผลคูณรวมทั้งหมด}} \times 100$
คิดเป็นร้อยละ				15

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
3	ผลงานดี ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาด
2	ผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
1	ผลงานมีข้อผิดพลาดมาก
0	ไม่มีผลงานออกมา

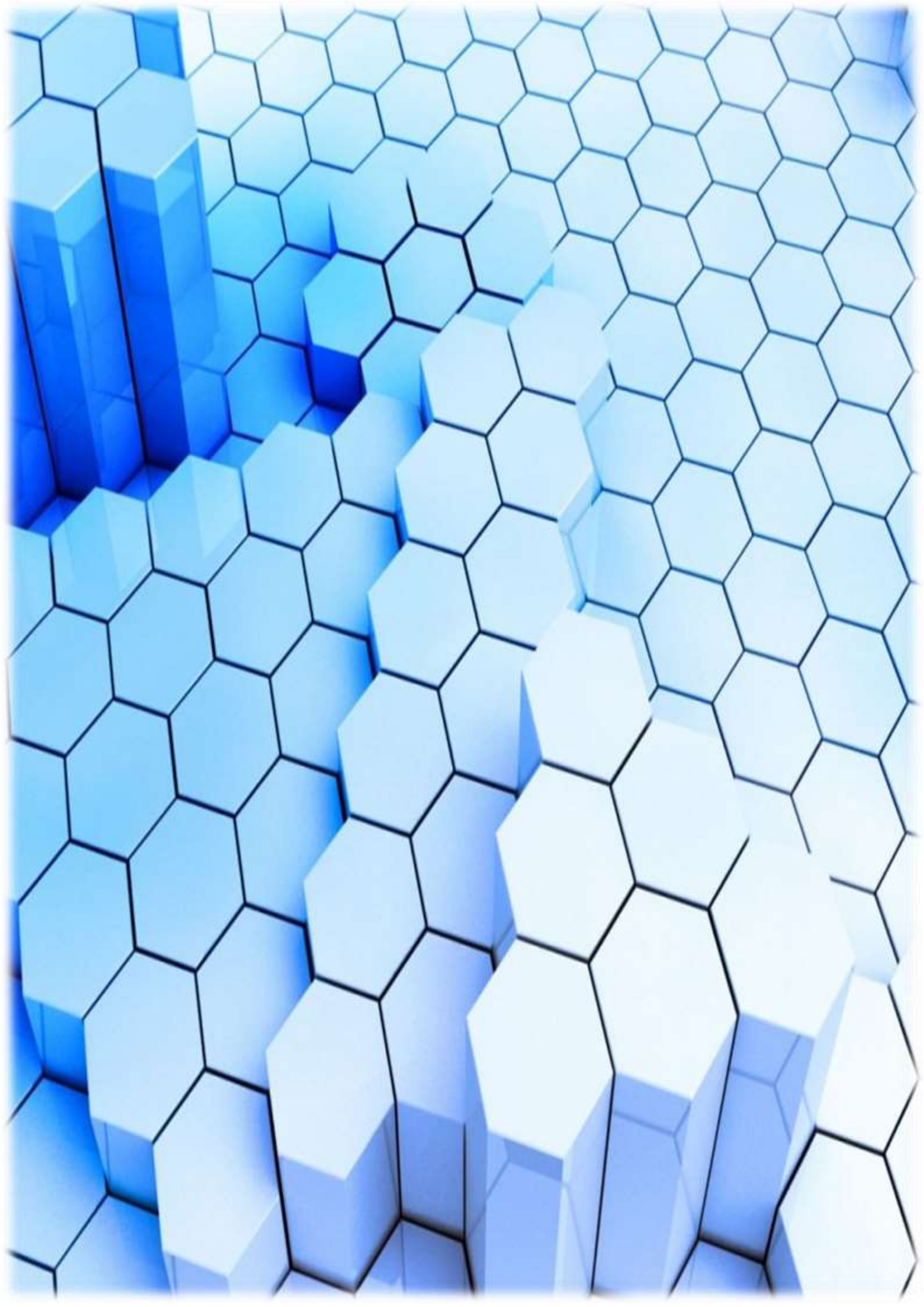
เกณฑ์การประเมินผล

ได้คะแนน	ผลการประเมิน
≥ ร้อยละ 85	ผ่านเกณฑ์ ระดับดีมาก
≥ ร้อยละ 75	ผ่านเกณฑ์ ระดับดี
< ร้อยละ 75	ไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....



ประวัติผู้วิจัย

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวฤทัย...ประทุมทอง สัดส่วนวิจัย 80 %
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss. Ruthai Prathoomthong
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
- หน่วยงานที่ติดต่อได้สะดวก หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
โทรศัพท์ 074-317100 ต่อ 1944
โทรสาร 074-317163
ruthaihappy@gmail.com

3. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับ	วุฒิการศึกษา	วิชาเอก	สถาบันการศึกษา
2545	ปริญญาตรี	ค.บ.	วิศวกรรมไฟฟ้า- ไฟฟ้ากำลัง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
2554	ปริญญาโท	ค.ม.	ไฟฟ้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายอรุณ.....สุขแก้ว สัดส่วนวิจัย 20 %
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Arun Sukkaew
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
- หน่วยงานที่ติดต่อได้สะดวก หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
โทรศัพท์ 074-317100 ต่อ 1944
โทรสาร 074-317163
ruthaihappy@gmail.com

3. ประวัติการศึกษา

ปีจบการศึกษา	ระดับ	วุฒิการศึกษา	วิชาเอก	สถาบันการศึกษา
2550	ปริญญาตรี	คอ.บ.	วิศวกรรมไฟฟ้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
2554	ปริญญาโท	คอ.ม.	ไฟฟ้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ