

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automation System) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดความผิดพลาดจากมนุษย์ และประหยัดเวลาในการควบคุมกระบวนการผลิต หนึ่งในอุปกรณ์สำคัญของระบบอัตโนมัติคือ PLC (Programmable Logic Controller) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งงานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ได้ตามต้องการ มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท เช่น การขับเคลื่อนสายพานเครื่องสูบน้ำ พัดลม และระบบยกของการควบคุมมอเตอร์ด้วย PLC (Programmable Logic Controller) จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้สามารถสั่งงานได้อย่างแม่นยำ ปลอดภัย และสามารถทำงานอัตโนมัติได้ตามลำดับขั้นตอนที่ออกแบบไว้

ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงได้จัดทำโครงการการควบคุมมอเตอร์ด้วย PLC (Programmable Logic Controller) ขึ้น เพื่อศึกษา และพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยใช้ PLC (Programmable Logic Controller) เป็นอุปกรณ์หลักในการสั่งงาน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบอัตโนมัติในภาคอุตสาหกรรมจริงได้ในอนาคต ในอดีตการควบคุมมอเตอร์มักใช้วงจรรีเลย์ (Relay Control) ซึ่งมีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น วงจรซับซ้อน แก๊วโปรแกรมไม่ได้ และเกิดความเสียหายได้ง่าย เมื่อเทคโนโลยีมีการพัฒนา จึงมีการนำ PLC (Programmable Logic Controller) มาใช้แทนวงจรรีเลย์ เพื่อให้การควบคุมมอเตอร์มีความยืดหยุ่น และเชื่อถือได้มากขึ้น จากเหตุผลเหล่านี้จึงเป็นที่มาของ โครงการ “การควบคุมมอเตอร์ด้วย PLC (Programmable Logic Controller)” เพื่อศึกษาการทำงานของ PLC (Programmable Logic Controller) การต่อวงจรควบคุม และการเขียนโปรแกรมสั่งงานมอเตอร์ในรูปแบบต่างๆ รวมถึงการออกแบบระบบควบคุมที่สามารถนำไปใช้จริงในงานอุตสาหกรรมได้

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า
- 2.2 เพื่อศึกษาวิธีการควบคุมมอเตอร์ด้วย PLC (Programmable Logic Controller)
- 2.3 เพื่อออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ด้วยปุ่มกด Start/Stop
- 2.4 เพื่อเขียนโปรแกรม Ladder Diagram สำหรับควบคุมมอเตอร์
- 2.5 เพื่อทดสอบระบบควบคุมมอเตอร์และประเมินผลการทำงาน

#### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 3.1 เข้าใจพื้นฐานระบบควบคุมไฟฟ้า
- 3.2 สามารถเขียนโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller) ได้
- 3.3 สามารถออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ได้อย่างถูกต้อง
- 3.4 ได้ทักษะการต่อวงจร PLC (Programmable Logic Controller)
- 3.5 สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับงานอุตสาหกรรม

#### 1.4 ขอบเขตของโครงการ

- 4.1 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสหรือ 3 เฟส
- 4.2 ใช้ PLC ที่มีในห้องปฏิบัติการ เช่น Mitsubishi, Siemens หรือ Omron
- 4.3 ควบคุมการทำงานแบบ Start/Stop
- 4.4 ใช้คอนแทคเตอร์และโอเวอร์โหลดในการป้องกัน
- 4.5 ทดสอบเฉพาะการหมุนและหยุดมอเตอร์ ไม่รวมการควบคุมความเร็ว

#### 1.5 วิธีการดำเนินงาน

ลำดับที่	กิจกรรม	ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม			
		2568				2568				2568				2569			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	ขออนุมัติโครงการ																
2.	ศึกษาค้นคว้าข้อมูล/ ออกแบบชิ้นงาน																
3.	จัดหาวัสดุ อุปกรณ์																
4.	ลงมือปฏิบัติงาน																
5.	ทดลองใช้/เก็บข้อมูล																
6.	นำเสนอ/รายงานผล																

#### 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

- 6.1 PLC : อุปกรณ์ควบคุมแบบโปรแกรมได้
- 6.2 Contactor : อุปกรณ์สั่งตัด-ต่อวงจรไฟฟ้า
- 6.3 Overload : อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน
- 6.4 Start/Stop : ปุ่มควบคุมการทำงานของมอเตอร์
- 6.5 Ladder Diagram : ภาษาการเขียนโปรแกรม PLC

## บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะอธิบายถึงทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการดำเนินงานวิจัยประกอบไปด้วยหัวข้อหลักๆ ดังนี้

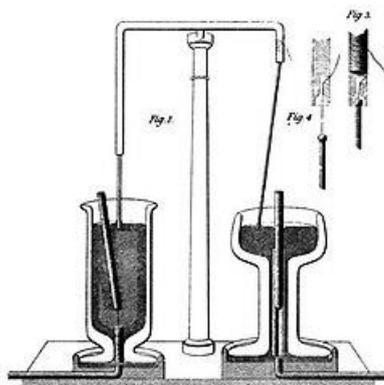
- 2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า
- 2.2 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์
- 2.3 PLC (Programmable Logic Controller)
- 2.4 การใช้คอนแทคเตอร์และโอเวอร์โวลต์ในการป้องกัน

### 2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้า (electric motor) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล การทำงานปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กในตัวมอเตอร์ และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดทำให้เกิดแรงดูดและแรงผลักของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ในการใช้งานตัวอย่าง เช่น ในอุตสาหกรรมการขนส่งใช้มอเตอร์อุตสาหกรรม เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว มอเตอร์ไฟฟ้ายังสามารถทำงานได้ถึงสองแบบ ได้แก่ การสร้างพลังงานกล และการผลิตพลังงานไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าถูกนำไปใช้งานที่หลากหลายเช่น พัดลม เครื่องเป่า ปัม เครื่องซักผ้า เครื่องมือ เครื่องใช้ในครัวเรือน และดิสก์ไดรฟ์ มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนโดยแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC) เช่น จากแบตเตอรี่, ยานยนต์หรือวงจรเรียงกระแส หรือจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ (AC) เช่น จากไฟบ้าน อินเวอร์เตอร์ หรือ เครื่องปั่นไฟ มอเตอร์ขนาดเล็กอาจพบในนาฬิกาไฟฟ้า มอเตอร์ทั่วไปที่มีขนาด และคุณลักษณะมาตรฐานสูงจะให้พลังงานกลที่สะดวกสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใหญ่ที่สุดใช้สำหรับการใช้งานลากจูงเรือการบีบอัดท่อส่งน้ำมัน และปั๊มสูบน้ำอัดเก็บ น้ำมันซึ่งมีกำลังถึง 100 เมกะวัตต์ มอเตอร์ไฟฟ้าอาจจำแนกตามประเภทของแหล่งที่มาของพลังงานไฟฟ้าหรือตามโครงสร้างภายในหรือตามการใช้งานหรือตามการเคลื่อนไหวของเอาต์พุต และอื่น ๆ

อุปกรณ์เช่นขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าและลำโพงที่แปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นการเคลื่อนไหว แต่ไม่ได้สร้างพลังงานกลที่ใช้งานได้ จะเรียกกันว่า actuator และ transducer ตามลำดับ คำว่ามอเตอร์ไฟฟ้านั้น ต้องใช้สร้างแรงเชิงเส้น (linear force) หรือ แรงบิด (torque) หรือเรียกอีกอย่างว่า หมุน (rotary) เท่านั้น

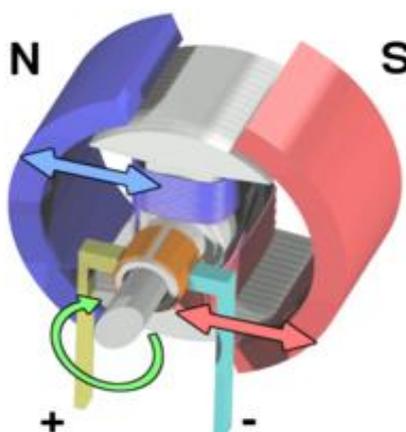


รูปที่ 2.1 การทดลองแม่เหล็กไฟฟ้าของฟาราเดย์ในปี 1821

(ที่มา: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/05https>)

หลักการที่อยู่เบื้องหลังผลิตผลของแรงทางกลของมอเตอร์ก็คือการมีปฏิสัมพันธ์กันของกระแสไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กที่มีอยู่ในตัวมอเตอร์ กฎของแอมแปร์ถูกค้นพบโดย อ็องเดร-มารี อ็องแปร์ (André-Marie Ampère) ในปี 1820 การเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกลโดยวิธีการทางแม่เหล็กไฟฟ้าได้ถูกแสดงให้เห็นโดย ไมเคิล ฟาราเดย์ นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษในปี 1821 ลวดแขวนอย่างอิสระถูกจุ่มลงในแอ่งของปรอทซึ่งมีสารแม่เหล็กถาวร (PM) ได้ถูกนำมาวางไว้

เมื่อกระแสไฟฟ้าถูกส่งผ่านไปยังเส้นลวด, เส้นลวดจะถูกหมุนไปรอบ ๆ แม่เหล็กแสดงให้เห็นว่ากระแสไฟฟ้าก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กที่รวมกับปิดรอบเส้นลวด มอเตอร์นี้มักจะถูกแสดงสาธิตให้เห็นในการทดลองทางฟิสิกส์, โดยการใช้ น้ำเกลือทดแทนปรอทที่มีความเป็นพิษ แม้ว่าวงล้อบาร์โลว์ (Barlow's wheel) คือการปรับปรุงในช่วงยุคต้น ๆ ของการแสดงสาธิตของฟาราเดย์นี้, มอเตอร์แบบขั้วเหมือน (homopolar motor) เหล่านี้ และที่คล้ายคลึงกันจะยังคงพอที่จะประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้จนกระทั่งถึงในช่วงปลายศตวรรษ



รูปที่ 2.2 ขั้ว "N" หรือขั้ว "S" ที่บ่งบอกไว้บนผิวหน้าด้านในของแม่เหล็ก

(ที่มา: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/04>)

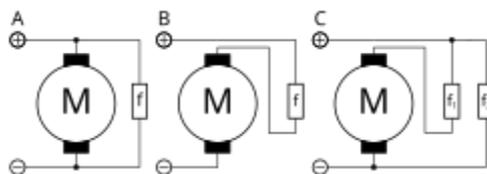
การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้แปรปรกับโรเตอร์สองขั้วและสเตเตอร์ที่เป็นแม่เหล็กถาวร (ขั้ว "N" หรือขั้ว "S" ที่บ่งบอกไว้บนผิวหน้าด้านในของแม่เหล็ก; ผิวหน้าด้านนอกเป็นขั้วตรงข้าม) มอเตอร์ DC ที่มีตัวสับเปลี่ยนจะมีหนึ่งชุดของขดลวดที่พันรอบอเมเจอร์ที่ขี้อยู่บนเพลารอเตอร์ เพลายังแบกตัวสับเปลี่ยนอยู่ด้วย ตัวสับเปลี่ยนจะทำตัวเป็นสวิตช์ไฟแบบหมุนที่ใช้งานได้นานปีในการเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสตามช่วงเวลาทีไหลในขดลวดของโรเตอร์ในขณะที่เพลามุน ดังนั้นทุกๆมอเตอร์ DC ที่ใช้แปรปรจะมีกระแส AC ไหลผ่านขดลวดที่กำลังหมุน กระแสจะไหลผ่านหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งคู่ของแปรปรที่แต่ละอยู่กับตัวสับเปลี่ยน แปรปรเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟภายนอกกับอเมเจอร์ที่กำลังหมุน

อเมเจอร์ที่กำลังหมุนประกอบด้วยหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งคอยล์ของขดลวดที่พันรอบแกนเหล็กอ่อนเคลือบฉนวน กระแสจากแปรปรไหลผ่านตัวสับเปลี่ยน และขดลวดหนึ่งชุดของอเมเจอร์ทำให้อเมเจอร์เป็นแม่เหล็กชั่วคราว (แม่เหล็กที่เกิดจากไฟฟ้า) สนามแม่เหล็กที่ผลิตโดยอเมเจอร์จะทำปฏิกิริยากับสนามแม่เหล็กอยู่กับที่ ที่ผลิตโดยแม่เหล็กถาวรหรือจากขดลวดสร้างสนามอื่นๆอย่างใดอย่างหนึ่ง แรงระหว่างสองสนามแม่เหล็กมีแนวโน้มที่จะหมุนเพลามอเตอร์ ตัวสับเปลี่ยนจะสลับกระแสไฟที่ให้กับคอยล์ในขณะที่โรเตอร์หมุน เป็นการรักษาขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ให้อยู่ในแนวที่สอดคล้องกับขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ เพื่อให้โรเตอร์ไม่เคยหยุดนิ่ง (เช่นเข็มทิศที่ไม่หมุนไปทางอื่น) แต่ช่วยให้หมุนตรงเข้าที่พลังงานถูกจ่ายให้

มอเตอร์ DC แบบใช้ตัวสับเปลี่ยนแบบคลาสสิกมีหลายข้อจำกัด เนื่องมาจากความจำเป็นสำหรับแปรปรที่ต้องกดกับตัวสับเปลี่ยน แรงกดนี้จะสร้างแรงเสียดทาน และจะเกิดประกายไฟในขณะที่แปรปรต่อวงจร และตัดวงจรกับคอยล์ของโรเตอร์ตอนที่แปรปรเลื่อนผ่านรอยต่อที่เป็นฉนวนระหว่างเซ็กชันหนึ่งไปอีกเซ็กชันหนึ่ง หรือแปรปรอาจไปช็อตเซ็กชันที่อยู่ติดกัน นอกจากนี้ การเหนี่ยวนำของขดลวดโรเตอร์ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมในแต่ละขดเพิ่มขึ้นเมื่อวงจรของมันจะเปิดออก ซึ่งไปเพิ่มประกายไฟของแปรปร ประกายไฟนี้จะจำกัดความเร็วสูงสุดของมอเตอร์ เนื่องจากประกายไฟที่เร็วมากเกินไปจะร้อนมากเกินไป, จะกัดกร่อน หรือแม้กระทั่งละลายตัวสับเปลี่ยน ความหนาแน่นของกระแสต่อหน่วยพื้นที่ของแปรปร รวมทั้งค่าความต้านทานจะจำกัดเอาต์พุตของมอเตอร์ การต่อและการจากของหน้าสัมผัสยังสร้างคลื่นรบกวน; ประกายไฟยังสร้าง Radio Frequency Interference (RFI) ในที่สุด แปรปรจะเสื่อมสภาพ และต้องเปลี่ยนและตัวสับเปลี่ยนเองก็เสื่อมสภาพได้และต้องการบำรุงรักษา (สำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่) หรือเปลี่ยน (สำหรับมอเตอร์ขนาดเล็ก) ชุดใหญ่ของตัวสับเปลี่ยนของมอเตอร์ขนาดใหญ่เป็นชิ้นส่วนที่มีราคาแพงและต้องใช้ความแม่นยำในการประกอบหลายชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน สำหรับมอเตอร์ขนาดเล็ก ปกติแล้วตัวสับเปลี่ยนจะประกอบมาเป็นส่วนหนึ่งของโรเตอร์ ดังนั้นถ้าต้องเปลี่ยนตัวสับเปลี่ยน ต้องเปลี่ยนโรเตอร์ทั้งตัว

ในขณะที่ตัวสับเปลี่ยนส่วนใหญ่เป็นรูปทรงกระบอก บางตัวยังเป็นจานแบน ประกอบด้วยหลายเซ็กเมนต์ (โดยทั่วไปอย่างน้อยสาม) ติดตั้งอยู่บนฉนวน แปรปรขนาดใหญ่ต้องการพื้นที่สัมผัสขนาดใหญ่ เพื่อเพิ่มกำลังของมอเตอร์อย่างเต็มที่ แต่แปรปรขนาดเล็กต้องการหน้าสัมผัสเล็กเพื่อเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ให้เต็มที่โดยที่แปรปรไม่กระดอนและเกิดประกายไฟมากเกินไป (แปรปรขนาดเล็กยังราคาถูกลง) สปริงของแปรปรที่แข็งหน้อยยังสามารถใช้เพื่อให้แปรปรทำงานหนักที่ความเร็วสูงขึ้น

แต่ด้วยค่าใช้จ่ายที่เป็นการสูญเสียจากแรงเสียดทานสูงขึ้น (ประสิทธิภาพต่ำลง) และเร่งให้แปร่งและตัวสับเปลี่ยนลึกรหรือเร็วขึ้น เพราะฉะนั้น การออกแบบแปร่งของมอเตอร์ DC ต้องแลกเปลี่ยนระหว่างกำลังงาน ความเร็ว การลึกรหรือ และประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.3 A: shunt B: series C: compound f = field coil

(ที่มา: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1c>)

มอเตอร์ DC แบบใช้แปร่งมีห้าประเภทดังต่อไปนี้

1. แบบขดลวดพันขนาน
2. แบบพันอนุกรม
3. แบบผสม มีสองแบบได้แก่
  - 3.1 ผสมสะสม
  - 3.2 ผสมที่แตกต่างกัน
4. แบบแม่เหล็กถาวร (ไม่มีรูปแสดง)
5. Separately excited (ไม่มีรูปแสดง)

## 2.2 อุปกรณ์มอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์ วงจรไฟฟ้าคือการนำแหล่งจ่ายไฟฟ้า จ่ายแรงดัน และกระแสให้กับโหลด โดยใช้ลวดตัวนำ ถ้าเรามองดูอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้ารอบๆ ตัวเราไม่ว่าจะเป็นพัดลม เครื่องซักผ้า เครื่องเล่นเทป หรือของเล่นต่างๆ จะเห็นว่าเครื่องใช้ส่วนใหญ่ จะมีมอเตอร์เป็นส่วนประกอบในการทำงานแทบทั้งสิ้น นอกจากนี้เครื่องจักรต่างๆ ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ก็อาศัยมอเตอร์แทบทั้งสิ้นจึงอาจกล่าวได้ว่ามอเตอร์ คือ อุปกรณ์ที่มีความสำคัญ ต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์เราเลยทีเดียว

มอเตอร์จะทำหน้าที่ แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลให้เราไปใช้ในการทำงาน แทนการใช้แรงงานจากมนุษย์ เราอาจแบ่งมอเตอร์ ตามระบบไฟที่ใช้ได้ 2 ประเภท คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor)

โดยมอเตอร์ทั้งสองประเภทจะมีส่วนประกอบที่แตกต่างกันออกไปบ้าง แต่ส่วนประกอบหลักคือจะมีส่วนที่อยู่กับที่เราเรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) และส่วนที่เคลื่อนที่ซึ่งเราเรียกว่าโรเตอร์ (Rotor) มอเตอร์

ไฟฟ้ากระแสตรงมีด้วยกันหลายแบบ ถ้าจะแบ่งตามการร้งสนามแม่เหล็กของ สเตเตอร์ จะแบ่งได้เป็น 3 แบบคือ

1. แบบที่ใช้แม่เหล็กถาวรเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็ก (Permanent DC Motor) แบบนี้จะมีแม่เหล็กอย่างน้อยสองแท่ง เป็นส่วนประกอบของสเตเตอร์ ส่วนใหญ่จะเป็นมอเตอร์ขนาดเล็กๆ ใช้ในของเด็กเล่น หรือเครื่องมือขนาดเล็ก เช่น สว่านเจาะพรีนซ์

2. แบบที่ใช้ขดลวดในการสร้างสนามแม่เหล็ก (Wound DC Motor) แบบนี้จะมีขดลวดสเตเตอร์ ในการสร้างสนามแม่เหล็ก และมีขั้วต่อออกเพื่อรับการจ่ายไฟเลี้ยง ซึ่งสามารถต่อได้ 2 ลักษณะ คือ ต่ออนุกรมกับขดลวดโรเตอร์ เราเรียกว่า ซีรีส์มอเตอร์ (Series Motor) และต่อแบบขนานกับโรเตอร์ เรียกว่า ชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor) โดยมอเตอร์แบบนี้จะใช้ในงานพิเศษที่ต้องการแรงบิดสูง หรือ งานที่ต้องการความเร็วรอบที่คงที่ และปรับเปลี่ยนได้ง่ายโดยวิธีควบคุมกระแสที่จ่ายให้ขดลวดนี้

3. แบบใช้ขดลวดพันพิเศษเพื่อหมุนแบบทีละขั้นทีละจุด มักเรียกกันว่า สเตปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) ซึ่งจะใช้ในการควบคุมแบบพิเศษ เช่น แขนกล หรืออุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมการหมุนแบบละเอียด

สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ก็มีด้วยกันหลายประเภท เช่น มอเตอร์แบบซิงโครนัส (Synchronous Motor) มอเตอร์แบบอินดักชัน (Induction Motor) เป็นต้นซึ่งในที่นี่จะไม่ขอกล่าวถึง เพราะมีรายละเอียดมากมาย ไม่เหมาะกับการเรียนรู้ในระดับพื้นฐาน จึงขอกล่าวรายละเอียดเฉพาะมอเตอร์อย่างง่าย ที่ใช้แม่เหล็กถาวรเท่านั้น เพราะศึกษาได้ง่ายและเห็นกันอยู่เสมอ

หลักการการทำงานของมอเตอร์จะอาศัยแรงผลักระหว่างขดลวดที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก โดยความรู้เบื้องต้นที่เราได้เรียนมาคือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำนั้น ถ้าเรานำตัวนำดังกล่าวไปวางไว้ในสนามแม่เหล็กถาวร ก็จะเกิดการต้าน และเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวร ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างขดลวด เหมือนกับนักเรียนนำแม่เหล็ก 2 ชิ้นมาวางใกล้ๆ กัน หรืออาจทดลองง่าย โดยหาแม่เหล็กแบบเกือกม้ามา 1 อัน จากนั้นนำขดลวดมาพันรอบตะปู แล้วจ่ายไฟด้วยแบตเตอรี่ตั้งรูปก็จะเห็นปฏิกิริยาระหว่างกัน

การควบคุมมอเตอร์

โดยทั่วไปจะควบคุมองค์ประกอบ 3 ประการคือ

1. ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ (Speed Control)
2. ควบคุมแรงบิดของมอเตอร์ (Torque Control)
3. ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ (Direction Control)

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงนั้น จะทำได้โดยการปรับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์ ส่วนการควบคุมแรงบิด ทำโดยการควบคุมกระแสที่ผ่านขดลวดอาเมเจอร์ และที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ ในกรณีสเตเตอร์แบบใช้ขดลวดพัน สำหรับการควบคุมการหมุน หรือการสลับทิศทางการหมุนนั้น ในกรณีมอเตอร์ไฟตรง สามารถทำได้โดยการสลับขั้วแหล่งจ่ายไฟ ที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ สำหรับกรณีของ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบใช้แม่เหล็กถาวรเป็นสเตเตอร์จะไม่สามารถควบคุมอะไรได้มากนัก โดยการควบคุมความเร็วของมอเตอร์จะถูกจำกัดด้วยขนาดแรงดันโดยสามารถปรับได้ไม่เกินค่าแรงดันสูงสุดที่จ่ายให้มอเตอร์ ส่วนการควบคุมแรงบิด อาจทำโดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าแบบขดลวด (Wire Wound Resistor) แต่ก็เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ตัวต้านทาน ฉะนั้นในปัจจุบัน จึงมักนิยมใช้การควบคุม ด้วยวงจรมอดูเลเตอร์ (Pulse Width Modulator)

ซึ่งจะใช้วิธีจ่ายไฟให้แก่มอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยการควบคุมแรงดัน คือการปรับช่วงกว้างของพัลส์ที่จ่ายให้นั่นเอง ซึ่งวิธีนี้จะทำให้ลดกำลังสูญเสียได้มาก สำหรับการกลับทางหมุนของมอเตอร์ อาจใช้วิธีสลับขั้วด้วยมือ หรือใช้วงจรรีเลย์หรืออิเล็กทรอนิกส์เข้าไปควบคุม

จุดประสงค์ของการควบคุมมอเตอร์

1. เพื่อการเริ่มเดินมอเตอร์(starting)
2. เพื่อการหยุดมอเตอร์ (stopping)
3. เพื่อการกลับทางหมุน (reversing)
4. เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์(running)
5. เพื่อการควบคุมความเร็ว (speed control)
6. เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน (safety of operator)
7. เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับมอเตอร์และระบบ (protection from damage)
8. เพื่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์เริ่มเดินมอเตอร์ (maintenance of starting requirement)

การควบคุมด้วยมือ

เป็นการสั่งงานให้อุปกรณ์ควบคุมทำงานโดยใช้ผู้ปฏิบัติงานควบคุมให้ ระบบกลไกทางกลทำงาน ซึ่งการสั่งงานให้ระบบกลไกทำงานนี้โดย ส่วนมากจะใช้คนเป็นผู้สั่งงานแทบทั้งสิ้น ซึ่งมอเตอร์จะถูกควบคุมจาก การสั่งงานด้วยมือโดยการควบคุมผ่านอุปกรณ์ต่างๆ เช่น

1. ท็อกเกิ้ลสวิตช์ (toggle switch)
2. เซฟตี้สวิตช์ (safety switch)
3. ทรัมสวิตช์ (drum switch)
4. ตัวควบคุมแบบหน้าจาน (face plate control)

1. การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ (Semi Automatic control)

การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ โดยการใช้สวิตช์ปุ่มกด (push button) ที่สามารถควบคุมระยะไกล (remote control) ได้ ซึ่งมักจะต่อร่วมกับสวิตช์แม่เหล็ก (magnetic switch) ที่ใช้จ่ายกระแสจำนวนมาก ๆ ให้กับมอเตอร์แทนสวิตช์ธรรมดา ซึ่งสวิตช์แม่เหล็กนี้อาศัยผลการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้า วงจรการควบคุมมอเตอร์กึ่งอัตโนมัตินี้ ต้องอาศัยคนคอยกดสวิตช์จ่ายไฟให้กับสวิตช์ แม่เหล็ก สวิตช์แม่เหล็กจะดูดให้หน้าสัมผัสมาแตะกัน และจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ถ้าต้องการหยุดมอเตอร์ก็จะต้องอาศัยคนคอยกดสวิตช์ปุ่มกดอีกเช่นเดิม จึงเรียกรูปแบบนี้ว่า การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

2. การควบคุมอัตโนมัติ (Automatic control)

การควบคุมแบบนี้จะอาศัยอุปกรณ์คนคอยตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ เช่น สวิตช์ลูกลอยทำหน้าที่ตรวจวัดระดับน้ำในถังคอยสั่งให้มอเตอร์ปั๊มทำงานเมื่อน้ำหมดถึง และสั่งให้มอเตอร์หยุดเมื่อน้ำเต็มถึงสวิตช์ความดัน (pressure switch) ทำหน้าที่ตรวจจับความดันลมเพื่อสั่งให้ปั๊มลมทำงาน เทอร์โมสแตท ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าตามอุณหภูมิสูงหรือต่ำ เป็นต้น วงจรการควบคุม มอเตอร์แบบนี้เพียงแต่ใช้คนกดปุ่มเริ่มเดินมอเตอร์ในครั้งแรกเท่านั้น ต่อไปวงจร ก็ทำงานเองโดยอัตโนมัติตลอดเวลา

## 2.3 PLC (Programmable Logic Controller)

PLC หรือ Programmable Logic Controller เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบประสมค์ที่ออกแบบมาอย่างพิถีพิถันสำหรับระบบอัตโนมัติ และระบบควบคุมในอุตสาหกรรม วัตถุประสงค์หลักของ PLC Programmable Logic Controller คือการตรวจสอบอินพุตที่หลากหลาย วิเคราะห์อินพุตเหล่านั้นผ่านลอจิกที่ตั้งโปรแกรมไว้ และสั่งการเอาต์พุตเพื่อทำงานอัตโนมัติในกระบวนการอุตสาหกรรมที่หลากหลาย ส่วนประกอบพื้นฐานของ PLC Programmable Logic Controller ได้แก่ หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไมโครอินพุตสำหรับรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ ไมโครเอาต์พุตสำหรับควบคุมแอกทูเอเตอร์ และอินเทอร์เฟซการเขียนโปรแกรมที่ใช้งานง่าย CPU ทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน โดยดำเนินการโปรแกรมลอจิกที่จัดเก็บไว้ในหน่วยความจำสแกนอินพุตอย่างต่อเนื่อง ใช้ลอจิกของโปรแกรม และอัปเดตเอาต์พุตตามนั้น วงจรต่อเนื่องนี้ช่วยให้ควบคุมกระบวนการอุตสาหกรรมได้แบบเรียลไทม์ ทำให้ PLC Programmable Logic Controller กลายเป็นกระดูกสันหลังของระบบอัตโนมัติ

ในภูมิภาคอุตสาหกรรมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ระบบอัตโนมัติได้กลายมาเป็นรากฐานสำคัญของประสิทธิภาพ และผลผลิตหัวใจสำคัญของการปฏิวัติระบบอัตโนมัตินี้คือ PLC Programmable Logic Controller อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ไม่เพียงได้รับความนิยมเท่านั้น แต่ยังคงกลายเป็นเครื่องมือที่ขาดไม่ได้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ในบทความที่ครอบคลุมนี้ เราจะเจาะลึก PLC Programmable Logic Controller โดยสำรวจฟังก์ชันการทำงาน ข้อดีเหนือลอจิกรีเลย์แบบดั้งเดิม เกณฑ์การเลือก ภาษาการเขียนโปรแกรม วิธีการดีบักและการแก้ไขปัญหา การกำหนดค่า I/O อินเทอร์เฟซการสื่อสาร ความน่าเชื่อถือ และกระบวนการสำคัญในการสำรองข้อมูลและกู้คืนโปรแกรม PLC Programmable Logic Controller

ข้อดีของการใช้ PLC Programmable Logic Controller

การนำ PLC Programmable Logic Controller มาใช้มีข้อดีดังนี้

1. ความยืดหยุ่น PLC Programmable Logic Controller สามารถตั้งโปรแกรมใหม่ได้อย่างง่ายดาย เพื่อปรับให้เข้ากับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปช่วยเพิ่มความหลากหลายในการตั้งค่าทางอุตสาหกรรม
2. ความน่าเชื่อถือของระบบ PLC Programmable Logic Controller ออกแบบมาสำหรับสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำสูง จึงรับประกันการทำงานที่ไม่หยุดชะงัก
3. การควบคุมแบบรวมศูนย์ PLC Programmable Logic Controller ให้การควบคุมแบบรวมศูนย์เหนือกระบวนการ และเครื่องจักรต่างๆ ช่วยให้การบริหารจัดการมีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. การตอบสนองอย่างรวดเร็ว PLC Programmable Logic Controller ดำเนินการตามตรรกะ และฟังก์ชันการควบคุมอย่างรวดเร็วและมีความแม่นยำสูง ช่วยให้การควบคุมแบบเรียลไทม์เป็นไปได้
5. การวินิจฉัยและการแก้ไขปัญหา PLC Programmable Logic Controller มาพร้อมกับระบบวินิจฉัยในตัว ช่วยให้การระบุ และแก้ไขปัญหาต่างๆ ง่ายขึ้น

6. การบูรณาการ PLC Programmable Logic Controller สื่อสารกับอุปกรณ์ และระบบอื่นๆ ได้อย่างราบรื่น ช่วยให้บูรณาการกับระบบนิเวศระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรมได้อย่างครอบคลุม

## 2.4 การใช้คอนแทคเตอร์และโอเวอร์โหลดในการป้องกัน

ขั้นตอนควบคุม (Control Circuit) คือ วงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สั่งการ และควบคุมการทำงานของวงจรกำลัง (Power Circuit) โดยใช้สัญญาณไฟฟ้าแรงดันต่ำกว่า เพื่อสั่งเปิด-ปิด หรือปรับเปลี่ยนการทำงานของอุปกรณ์กำลัง เช่น มอเตอร์ ให้ทำงานได้ตามต้องการอย่างปลอดภัยแบบมีประสิทธิภาพ มักใช้ส่วนประกอบอย่างสวิตช์, รีเลย์, และคอนแทคเตอร์

หน้าที่ และหลักการทำงานของวงจรควบคุม

1. รับสัญญาณ รับสัญญาณจากผู้ใช้งาน (เช่น ปุ่มกด) หรือจากเซ็นเซอร์ เช่น ตัวจับเวลา สวิตช์จำกัดตำแหน่ง
2. ประมวลผลคำสั่ง สั่งการผ่านอุปกรณ์ควบคุม เช่น รีเลย์ หรือคอนแทคเตอร์
3. ควบคุมวงจรกำลัง เปิดหรือปิดหน้าสัมผัส (Contact) เพื่อจ่ายหรือตัดกระแสไฟฟ้าแรงสูงไปยังมอเตอร์หรือโหลดอื่นๆ

4. ทำงานที่แรงดันต่ำ เพื่อความปลอดภัยของผู้ควบคุม และอุปกรณ์วงจรควบคุมเอง มักใช้แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่าวงจรกำลังมาก (เช่น 24VDC, 120VAC เทียบกับ 380V ของวงจรกำลัง)

ส่วนประกอบหลัก

1. ปุ่มกด (Pushbuttons) สั่งงานเริ่มต้นหรือหยุด
2. สวิตช์ (Switches) เปลี่ยนสถานะการทำงาน
3. รีเลย์ (Relays) & คอนแทคเตอร์ (Contactors) อุปกรณ์ที่ใช้หน้าสัมผัสไฟฟ้าในการสลับวงจรขนาดใหญ่
4. เซ็นเซอร์ (Sensors) ตรวจสอบสถานะต่างๆ เช่น อุณหภูมิ, ตำแหน่ง, หรือเวลา
5. โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relays) ป้องกันมอเตอร์จากกระแสเกิน

ตัวอย่างการใช้งาน

1. การสตาร์ทมอเตอร์ กดปุ่ม Start ให้มอเตอร์ทำงาน, กด Stop เพื่อหยุด
2. การควบคุมลำดับ (Sequential Control) สั่งให้มอเตอร์ทำงานทีละตัวตามลำดับที่กำหนด

3. การควบคุมอุณหภูมิ วงจรควบคุมในเครื่องปรับอากาศ

ดังนั้น "ขั้นตอนควบคุม" ในบริบทนี้คือ ลำดับการสั่งงาน และกลไกไฟฟ้า ที่ทำให้เครื่องจักรหรือระบบทำงานตามที่ต้องการ โดยแยกออกมาจากวงจรที่จ่ายกำลังจริงเพื่อความปลอดภัย และความยืดหยุ่นในการออกแบบ

การทำงานของมอเตอร์กับวงจรควบคุม (Control Circuit) คือ วงจรควบคุมจะรับสัญญาณอินพุต (เช่น ปุ่มกด, เซ็นเซอร์) เพื่อตัดสินใจสั่งการชุดกำลัง (Power Circuit) ให้จ่ายไฟฟ้าไปควบคุมมอเตอร์ ให้ทำงานตามต้องการ ทั้งการสตาร์ทหยุด, ควบคุมความเร็ว (เช่น PWM สำหรับ DC, VFD สำหรับ AC), ควบคุมแรงบิด และเปลี่ยนทิศทางการหมุน โดยมีอุปกรณ์ป้องกัน (เช่น เบรกเกอร์, โอเวอร์โหลดรีเลย์) คอยดูแลความปลอดภัยตลอดเวลา

ขั้นตอนการทำงานพื้นฐาน (เช่น การสตาร์ทมอเตอร์แบบ DOL)

1. รับคำสั่ง ผู้ใช้กดปุ่มสตาร์ท (S2)
2. ทำงานของวงจรควบคุม ไฟฟ้าผ่านปุ่มสตาร์ทไปยัง "คอยล์คอนแทคเตอร์" และรีเลย์ควบคุม (Control Relay)
3. สัญญาณชุดกำลัง เมื่อคอยล์ถูกจ่ายไฟ หน้าสัมผัสปกติเปิด (NO) ของคอนแทคเตอร์จะปิดลง
4. มอเตอร์ทำงาน การปิดหน้าสัมผัสนี้จะจ่ายไฟหลักไปยังมอเตอร์ ทำให้มอเตอร์เริ่มหมุน อาจใช้ ไทม์เมอร์ เปลี่ยนโหมตจาก Star เป็น Delta สำหรับมอเตอร์ 3 เฟส
5. การหยุด กดปุ่มหยุด (S1) เพื่อตัดวงจรไฟฟ้าที่จ่ายให้คอยล์คอนแทคเตอร์ ทำให้หน้าสัมผัส เปิดออก มอเตอร์หยุดทำงาน

หลักการควบคุมด้านต่างๆ

1. การควบคุมความเร็ว
2. มอเตอร์ DC ปรับแรงดันไฟฟ้าที่จ่าย (ใช้ PWM เพื่อปรับพลังงานโดยลดการสูญเสีย) หรือ ใช้ตัวต้านทานอนุกรม (ประสิทธิภาพต่ำ)
3. มอเตอร์ AC ใช้ ไตรฟ์ความถี่แปรผัน (VFD) เพื่อเปลี่ยนความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ
4. การควบคุมแรงบิด ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้ามอเตอร์ (แรงบิดแปรผันตามกระแส)

การควบคุมทิศทาง

1. DC สลับขั้วแรงดันไฟฟ้าที่จ่าย
2. AC (3 เฟส) สลับลำดับเฟสสายไฟสองเส้น (Phase Sequence)

อุปกรณ์สำคัญในวงจรควบคุม

1. ปุ่มกด (Push Buttons) สำหรับสตาร์ท (NO) สต็อป (NC)
2. คอนแทคเตอร์ (Contactor) สวิตซ์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ควบคุมโดยคอยล์เพื่อเปิด/ปิดวงจรกำลัง
3. รีเลย์ (Relay) อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมวงจรเล็กๆ เพื่อสั่งงานอุปกรณ์ที่ใหญ่กว่า
4. โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay) ป้องกันมอเตอร์จากกระแสเกิน
5. ตัวตั้งเวลา (Timer) สำหรับหน่วงเวลา เช่น การเปลี่ยนจาก Star ไป Delta
6. เซ็นเซอร์ เช่น โปเทนชิโอมิเตอร์ Encoder Hall-effect เพื่อวัดตำแหน่งหรือความเร็ว

ขั้นตอนรับคำสั่ง (Signal Input Stage)

1. การสั่งการโดยมนุษย์ เช่น การกดปุ่ม Start หรือปุ่มลูกศร (Forward/Reverse) ผ่านสวิตซ์ปุ่มกด (Push Button)
2. ระบบอัตโนมัติ สัญญาณจากเซนเซอร์ (เช่น วัดอุณหภูมิ, ความดัน) หรือคำสั่งจาก PLC (Programmable Logic Controller)

ขั้นตอนประมวลผล และส่งต่อกำลัง (Signal Processing & Power Stage)

1. การสร้างวงจรล็อก (Latching) เมื่อกดปุ่ม Start เพียงครั้งเดียว วงจรจะใช้คอนแทคช่วย (Auxiliary Contact) ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ เพื่อรักษาการไหลของกระแสไฟให้มอเตอร์ทำงานต่อเนื่องแม้จะปล่อยมือจากปุ่มแล้ว

2. การควบคุมกำลัง (Power Circuit) วงจรควบคุมจะสั่งการให้ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) สับสวิตช์หลัก เพื่อจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงจากแหล่งจ่ายไปยังขดลวดของมอเตอร์

3. เทคนิคการสตาร์ท สำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่ อาจมีการสตาร์ทแบบลดแรงดัน เช่น Star-Delta เพื่อป้องกันกระแสกระชากในตอนเริ่มต้น

ขั้นตอนควบคุมสถานะ และการป้องกัน (Control & Protection Stage)

1. การป้องกันความเสียหาย หากมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง (Overload) อุปกรณ์ที่เรียกว่า Overload Relay จะตรวจพบความร้อนที่สูงเกินไป และสั่งตัดวงจรควบคุมทันที เพื่อหยุดการจ่ายไฟป้องกันมอเตอร์ไหม้

2. การปรับแต่งการทำงาน วงจรสามารถควบคุมความเร็วรอบ (Speed Control) ผ่านอุปกรณ์เช่น Inverter (VFD) หรือควบคุมทิศทางผ่านวงจรกลับทางหมุน

3. การหยุดทำงาน เมื่อกดปุ่ม Stop วงจรจะตัดกระแสไฟที่เลี้ยงคอยล์ของแมกเนติก ทำให้หน้าสัมผัสแยกออกและมอเตอร์หยุดหมุน

สรุปองค์ประกอบสำคัญ

1. วงจรกำลัง (Power Circuit) รับผิดชอบการจ่ายไฟหลักให้มอเตอร์

2. วงจรควบคุม (Control Circuit) รับผิดชอบการสั่งการ และควบคุมลำดับการทำงาน

ขั้นตอนการป้องกันโอเวอร์โวลตเชิงรุก (ก่อนเกิดเหตุ)

1. การวางแผน และออกแบบที่ดี

1.1 คำนวณ และออกแบบระบบไฟฟ้าให้รองรับการใช้งานสูงสุดของอุปกรณ์

1.2 ใช้ขนาดสายไฟที่เหมาะสมกับโวลตไฟฟ้า

2. การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกัน

2.1 ติดตั้ง เบรกเกอร์ (Circuit Breaker) ในแผงควบคุมหลัก เพื่อตัดไฟอัตโนมัติเมื่อ

มีกระแสเกิน

2.2 ใช้ ฟิวส์ (Fuse) ที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าสายไฟ เพื่อหลอมละลาย และตัดวงจร

เมื่อเกิดกระแสเกินฉับพลัน

2.3 ใช้ โอเวอร์โวลตรีเลย์ (Overload Relay) สำหรับมอเตอร์ เพื่อตรวจจับกระแส

ที่เกินค่าที่ตั้งไว้ และตัดวงจรควบคุมมอเตอร์

3. การจัดการการใช้งาน

3.1 หลีกเลี่ยงการเสียบปลั๊กอุปกรณ์กำลังสูงหลายชิ้นพร้อมกันเกินความสามารถของเต้ารับหรือวงจร

3.2 ไม่ใช้ปลั๊กพ่วงต่อพ่วงกันหลายชั้น (Daisy-chain)

3.3 กระจายการใช้งานอุปกรณ์ไปตามวงจรต่างๆ

4. การบำรุงรักษา

4.1 ตรวจสอบระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ

4.2 เปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือสายไฟที่ชำรุด

ขั้นตอนเมื่อเกิดโอเวอร์โหลด (แก้ไขเมื่อไฟตก/เบรกเกอร์ทริป)

1. ตั้งสติและปิดเครื่อง ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในวงจรนั้นๆ ก่อน หรือถอดปลั๊กออก
2. รีเซ็ตเบรกเกอร์ รอสักครู่แล้วลองสับเบรกเกอร์ที่ตำแหน่ง "OFF" แล้วกลับไป "ON"
3. เชื่อมต่อทีละชิ้น เสียบบปลั๊กอุปกรณ์ทีละชิ้น เพื่อหาว่าอุปกรณ์ใดทำให้เกิดการ โอเวอร์โหลด (ถ้ากลับมาทริปอีก แสดงว่าอุปกรณ์นั้นมีปัญหา หรือโหลดรวมยังเกินอยู่)
4. ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ หากพบว่าอุปกรณ์หรือสายไฟมีรอยไหม้/ละลาย ควรเปลี่ยนใหม่ทันที

ขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน

เมื่อเกิดสภาวะโหลตเกิน (Overload) อุปกรณ์เช่น โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay) หรือ เบรกเกอร์ (Circuit Breaker) จะทำงานตามลำดับดังนี้

1. การตรวจจับ (Sensing): อุปกรณ์จะวัดปริมาณกระแสที่ไหลผ่านวงจร หากกระแสสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ (Set Current) จะเริ่มกระบวนการสะสมความร้อน [1, 3]
2. การหน่วงเวลา (Time Delay): โอเวอร์โหลดจะไม่ได้ดวงจรทันที (ต่างจากไฟฟ้าลัดวงจร) แต่จะปล่อยให้กระแสเกินไหลได้ชั่วคราวในช่วงสตาร์ทเครื่องยนต์ เพื่อป้องกันการทริปโดยไม่จำเป็น [2, 5]
3. การตัดวงจร (Tripping): เมื่อความร้อนถึงจุดที่กำหนด (เช่น แผ่นโลหะ bimetal ขยายตัวจนดันกลไก) หน้าสัมผัสจะเปลี่ยนสถานะเพื่อตัดกระแสไฟฟ้าออกจากมอเตอร์หรืออุปกรณ์ [1, 4]

วิธีการติดตั้งและป้องกันที่ถูกต้อง

เพื่อให้ระบบป้องกันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. เลือกขนาดให้เหมาะสม: เลือกโอเวอร์โหลดรีเลย์ที่มีช่วงการปรับตั้งกระแส (Range) ครอบคลุมกระแสพิกัด (Full Load Amp - FLA) ของมอเตอร์ โดยดูข้อมูลได้จาก ตารางพิกัดมอเตอร์มาตรฐาน [4]
2. การตั้งค่ากระแส (Setting): ปรับหมุนปุ่มตั้งค่ากระแสบนตัวอุปกรณ์ให้ตรงกับค่า FLA ที่ระบุบนแผ่นป้าย (Nameplate) ของมอเตอร์ [3, 5]
3. การเลือกโหมด Reset: เลือกโหมด Manual (ต้องมากดปุ่มรีเซ็ตเองหลังจากหาสาเหตุพบแล้ว) หรือ Auto (รีเซ็ตตัวเองเมื่อเย็นลง) ตามความปลอดภัยของหน่วยงาน [2]
4. การทดสอบ (Testing): ควรทดสอบกดปุ่ม "Test" บนตัวอุปกรณ์เป็นประจำเพื่อให้แน่ใจว่ากลไกการตัดวงจรยังทำงานได้ปกติ [1]

อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการป้องกัน

1. Magnetic Overload Relay: ใช้แผ่นโลหะต่างชนิดกัน (Bimetal) โค้งงอเมื่อร้อนเพื่อเตะสวิตช์ [4]
2. Electronic Overload Relay: ใช้เซนเซอร์ตรวจจับกระแส มีความแม่นยำสูง และปรับตั้งค่าได้ละเอียดกว่า [5]
3. Motor Protection Circuit Breaker (MPCB): รวมความสามารถในการป้องกันทั้งไฟฟ้าลัดวงจรและโอเวอร์โหลดไว้ในตัวเดียว [3]

## บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

บทนี้อธิบายขั้นตอน วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโครงการควบคุมมอเตอร์ด้วย PLC (Programmable Logic Controller) ตั้งแต่การออกแบบ วางแผน ดำเนินการ ทดลอง สังเกตผล และปรับปรุงระบบ

### 3.1 แนวทางการดำเนินงานโครงการ

โครงการนี้ใช้กระบวนการจัดทำงานแบบ PBL (Project-Based Learning) ร่วมกับ PLC (Programmable Logic Controller) โดยแบ่งขั้นตอนเป็น 5 ส่วนดังนี้

1. วิเคราะห์และวางแผน (A: Analyze & Plan)
2. ลงมือสร้างระบบ (D: Do)
3. การสังเกต/เก็บข้อมูลการทำงาน (O: Observe)
4. การสะท้อนผล/ประเมิน (R: Reflect)
5. ปรับปรุงพัฒนา (I: Improve)

### 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน

1. PLC เช่น Mitsubishi/Siemens/Omron ตามที่สาขามี
2. มอเตอร์ไฟฟ้า (AC Motor หรือ DC Motor)
3. คอนแทคเตอร์/รีเลย์
4. เซนเซอร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น Limit Switch, Proximity Sensor
5. เบรกเกอร์-ฟิวส์-อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน
6. สายไฟ, หางปลา, บล็อกต่อสาย
7. ซอฟต์แวร์เขียนโปรแกรม PLC เช่น GX Works2/TIA Portal
8. เครื่องมือช่างไฟฟ้า เช่น คีมย้ำหางปลา ไชควง มัลติมิเตอร์
9. คอมพิวเตอร์สำหรับเขียนโปรแกรม

### 3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ

ขั้นที่ 1. วิเคราะห์และวางแผน (Analyze & Plan)

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับ
  - 1.1 การควบคุมมอเตอร์
  - 1.2 หลักการทำงานของ PLC
  - 1.3 การต่อวงจรมอเตอร์โดยใช้คอนแทคเตอร์
2. กำหนดรูปแบบการทำงานที่ต้องการ เช่น
  - 2.1 สตาร์ท-สต็อปมอเตอร์
  - 2.2 การสลับทิศทางหมุน
  - 2.3 ระบบป้องกัน Overload
3. ออกแบบผังลำดับขั้นตอน (Flowchart)
4. ออกแบบ Ladder Diagram ขั้นต้น

5. จัดทำแผนปฏิบัติงาน กำหนดเวลา วัสดุ งบประมาณ
6. ประชุม PLC (Programmable Logic Controller) (ครู + นักศึกษา) เพื่อ
  - 6.1 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบ
  - 6.2 แก้ไขจุดบกพร่อง
  - 6.3 อนุมัติการลงมือสร้าง

ขั้นที่ 2. การลงมือสร้างระบบ (Do)

1. เดินสายไฟแรงต่ำและควบคุมตามแบบ
2. ต่ออุปกรณ์ควบคุม ได้แก่
  - 2.1 คอนแทคเตอร์
  - 2.2 รีเลย์
  - 2.3 Thermal Overload
3. เขียนโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller) ตาม Ladder ที่

ออกแบบ

4. ดาวนโหลดโปรแกรมลง PLC (Programmable Logic Controller)
5. ทดสอบระบบครั้งแรก (Initial Test)

ขั้นที่ 3. การสังเกต และติดตามผล (Observe)

1. ตรวจสอบความถูกต้องของ
  - 1.1 Logic การทำงาน
  - 1.2 การตอบสนองของมอเตอร์
  - 1.3 การทำงานของระบบป้องกัน (โอเวอร์โหลด/ฉุกเฉิน)
2. บันทึกความผิดปกติ เช่น
  - 2.1 มอเตอร์ไม่หมุน
  - 2.2 โปรแกรมทำงานผิดตามลำดับ
  - 2.3 สายไฟร้อนหรือโหลดเกิน
3. สมาชิกของ PLC (Programmable Logic Controller) ร่วมสังเกตและให้

ข้อเสนอแนะ

4. บันทึกผลการทดสอบลงในแบบฟอร์ม

ขั้นที่ 4. การสะท้อนผล (Reflect)

1. ประชุม PLC (Programmable Logic Controller) เพื่ออภิปรายผลการทำงาน
2. วิเคราะห์ปัญหา เช่น
  - 2.1 Logic ผิดเงื่อนไข
  - 2.2 ต่อวงจรผิดตำแหน่ง
  - 2.3 ตัวอุปกรณ์ทำงานไม่สอดคล้อง
3. สรุปแนวทางแก้ไขร่วมกัน
4. ครูผู้สอนให้ข้อเสนอแนะด้านเทคนิคและความปลอดภัย
5. บันทึกข้อคิดเห็นเพื่อใช้เป็นแนวทางปรับปรุง

#### ขั้นที่ 5. การปรับปรุง และพัฒนาระบบ (Improve)

1. ปรับปรุงโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller)
2. ปรับปรุงการเดินสาย การเรียงอุปกรณ์ และความปลอดภัย
3. ทดสอบระบบใหม่จนทำงานได้ถูกต้อง 100%
4. เพิ่มฟีเจอร์เพิ่มเติม (หากต้องการ) เช่น
  - 4.1 ไฟแสดงสถานะ
  - 4.2 ระบบหน่วงเวลา
  - 4.3 ระบบนับรอบมอเตอร์

#### 3.4 การประเมินผลโครงการ

1. ความถูกต้องของระบบควบคุมมอเตอร์
2. ความเหมาะสมของโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller)
3. ความปลอดภัยของวงจรไฟฟ้า
4. ความสามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้า
5. คุณภาพการทำงานเป็นทีม
6. ความสมบูรณ์ของรายงานและการนำเสนอ

## บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

บทนี้นำเสนอผลลัพธ์ที่เกิดจากการออกแบบ การดัดแปลง การติดตั้ง และการทดสอบระบบควบคุมมอเตอร์ด้วย PLC (Programmable Logic Controller) รวมถึงผลหลังการปรับปรุงตามกระบวนการ PLC (Programmable Logic Controller) เพื่อให้ระบบมีความเสถียร ปลอดภัย และตรงตามเป้าหมาย

### 4.1 ผลจากการออกแบบระบบ

1. วงจรถูกออกแบบตามมาตรฐานการควบคุมมอเตอร์
2. ประกอบด้วย ปุ่มกด Start-Stop, คอนแทคเตอร์, Thermal Overload, ไฟแสดงสถานะ
3. มีการเพิ่มวงจรป้องกันการสั่งงานผิดเงื่อนไข (Interlock)

แผนผังลอจิกแบบ Ladder Diagram

1. ลำดับการทำงานถูกออกแบบอย่างเป็นขั้นตอน
2. มีการใช้คำสั่งพื้นฐาน เช่น NO, NC, Coil, Timer
3. ระบบมีความปลอดภัย เช่น การ Reset หลัง Overload
4. Ladder Diagram ทำงานตรงตาม Flowchart ที่ออกแบบไว้

### 4.2 ผลจากการติดตั้งอุปกรณ์

1. หลังจากติดตั้งอุปกรณ์จริง พบว่า
2. ผู้ควบคุมถูกจัดวางอุปกรณ์อย่างเป็นระเบียบ
3. คอนแทคเตอร์ และรีเลย์ตอบสนองถูกต้องตามสัญญาณจาก PLC (Programmable Logic Controller)
4. เดินสายไฟตามมาตรฐานควบคุม แยกแรงสูง-แรงต่ำอย่างถูกต้อง
5. ระบบ Overload ทำงานได้จริงเมื่อโหลดเกิน
6. ไม่มีจุดลัดวงจรหรือสายไฟร้อนเกินกำหนด

### 4.3 ผลจากการเขียนโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller)

1. PLC (Programmable Logic Controller) ประมวลผลคำสั่งตามลำดับที่ออกแบบ
2. การสั่งงาน Start-Stop ทำงานได้ดี
3. Timer ทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้ (Delay On/Delay Off)
4. ระบบ Interlock ป้องกันการสั่งงานผิดเงื่อนไขได้ 100%
5. เมื่อเกิด Overload ระบบหยุดทำงานทันทีและแสดงสถานะไฟเตือน

### 4.4 ผลการทดสอบระบบจริง

ผลการทดสอบระบบการควบคุมมอเตอร์ด้วย PLC (Programmable Logic Controller) ในสถานะจริงสรุปดังนี้

#### การทดสอบปุ่มกด Start

1. มอเตอร์หมุนทันทีหลังจากสั่งงาน
2. กระแสเริ่มต้นอยู่ในค่าปกติ
3. คอนแทคเตอร์ทำงานถูกต้อง

#### การทดสอบปุ่มกด Stop

1. มอเตอร์หยุดทันที
2. คอนแทคเตอร์คลายตัวทันที ไม่มีเสียงผิดปกติ

#### การทดสอบการป้องกัน Overload

1. เมื่อโหลดเพิ่มขึ้นจนเกินค่าที่ตั้ง ระบบตัดทันที
2. ไฟแสดง Overload ติดสว่าง
3. ต้อง Reset เพื่อกลับมาทำงานอีกครั้ง (ทำงานถูกต้องตามมาตรฐาน)

#### การทดสอบระบบความปลอดภัย

1. Emergency Stop ทำงานปกติ
2. Interlock ป้องกันการสั่งงานผิดเงื่อนไข
3. ไม่มีความร้อนสะสมหรือการทำงานผิดปกติ

สรุปว่าระบบสามารถทำงานตามที่ตั้งไว้ครบทุกเงื่อนไข

#### 4.5 ผลการประเมินตามกระบวนการ PLC (Programmable Logic Controller)

จากกระบวนการประชุม (ครู – นักศึกษา – เพื่อนร่วมกลุ่ม) พบว่า  
ปัญหาที่พบ

1. Timer ทำงานเร็วเกินไปในช่วงแรก
2. สายบางเส้นเดินไม่ตามมาตรฐาน ทำให้ตรวจสอบยาก
3. ไฟแสดงสถานะบางจุดไม่ทำงาน เนื่องจากจุดต่อหลวม
4. Program บาง rung ทำงานไม่สัมพันธ์กับลำดับ Flowchart

การแก้ไข

1. ปรับค่าหน่วยเวลาของ Timer
2. เดินสายใหม่ให้เป็นระเบียบ
3. ย้ายทางปลาสายที่หลวม
4. แก้ไข Ladder Diagram และทดสอบใหม่

ผลหลังปรับปรุง

1. ระบบทำงานเสถียรมากขึ้น
2. การตอบสนองของมอเตอร์ไวขึ้น
3. สัญญาณไฟแสดงสถานะถูกต้อง
4. ระบบปลอดภัย และมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น

#### 4.6 สรุปผลของการดำเนินงาน

สรุปโดยรวม ระบบควบคุมมอเตอร์ด้วย PLC (Programmable Logic Controller) สามารถทำงานได้สมบูรณ์ตามที่ออกแบบไว้ ตั้งแต่ส่วนอุปกรณ์จริง การเดินสาย การเขียนโปรแกรม และการทดสอบระบบ พร้อมใช้งานในสถานการณ์จริง และมีโครงสร้างที่สามารถนำไปต่อยอดเป็นระบบควบคุมอื่นๆ ได้

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงการ “การควบคุมมอเตอร์ด้วย PLC (Programmable Logic Controller)” มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบควบคุมมอเตอร์ที่มีความปลอดภัย ใช้งานง่าย และสามารถควบคุมผ่านโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller) ได้อย่างถูกต้องผลการดำเนินงานสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระบบควบคุมมอเตอร์ทำงานได้สมบูรณ์ ทั้งการสั่งงาน Start-Stop การป้องกัน Overload และการแสดงสถานะการทำงาน
2. โปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller) ใช้การเขียนแบบ (Ladder Diagram) ทำงานตรงตามลำดับเงื่อนไขที่ออกแบบไว้ ไม่มีข้อผิดพลาดในการทำงาน
3. อุปกรณ์ไฟฟ้าได้รับการติดตั้งอย่างเป็นระเบียบ และปลอดภัย เช่น คอนแทคเตอร์รีเลย์ เทอร์มอลโอเวอร์โหนด ปุ่มกด และไฟแสดงสถานะ
4. ระบบตอบสนองรวดเร็ว และมีความเสถียร ไม่พบการค้างหรือการทำงานผิดเงื่อนไข
5. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ
  - 5.1 การต่อวงจรควบคุมมอเตอร์
  - 5.2 การเขียนโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller)
  - 5.3 การทดสอบและแก้ไขปัญหาในระบบไฟฟ้าควบคุม
6. โครงการสามารถนำไปต่อยอดได้ในงานควบคุมอัตโนมัติอื่น ๆ เช่น ระบบสายพาน ระบบปั้มน้ำ ระบบควบคุมเครื่องจักรเบื้องต้น

#### 5.2 อภิปรายผล

จากผลการดำเนินงานพบว่า ระบบควบคุมมอเตอร์ด้วย PLC (Programmable Logic Controller) มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบควบคุมแบบรีเลย์ทั่วไป เนื่องจาก

1. PLC (Programmable Logic Controller) มีความยืดหยุ่นในการเขียนโปรแกรม สามารถแก้ไขลอจิกการทำงานได้ง่ายโดยไม่ต้องแก้สายไฟใหม่
2. ความปลอดภัยสูงขึ้น เพราะมี interlock และระบบหน่วงเวลา สามารถป้องกันการสั่งงานที่ผิดเงื่อนไขได้ดี
3. การสั่งงานสอดคล้องกับลำดับที่ออกแบบไว้ ทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือ
4. กระบวนการใช้ระบบ PLC (Programmable Logic Controller) (A-D-O-R-I) ช่วยให้งานโครงการมีคุณภาพมากขึ้น โดยเฉพาะการสะท้อนผล และปรับปรุงหลังทดลอง
5. จากการทดสอบหลายครั้ง พบว่าระบบทำงานคงที่ และไม่เกิดปัญหาไฟฟ้าลัดวงจรหรืออุปกรณ์ร้อนผิดปกติ
6. การใช้ PLC (Programmable Logic Controller) ทำให้สามารถเพิ่มฟังก์ชันเสริม เช่น การตั้งเวลา การนับจำนวน หรือระบบป้องกันพิเศษได้ง่าย

อย่างไรก็ตาม มีปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพงาน เช่น ความแม่นยำในการเดินสาย ความเสถียรของอุปกรณ์ และประสบการณ์ของผู้จัดทำในการเขียนโปรแกรม

### 5.3 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

ระหว่างดำเนินโครงการ พบปัญหาบางประการ ได้แก่

1. ค่าหน่วยเวลาในโปรแกรมไม่สัมพันธ์กับการทำงานจริงของมอเตอร์ในช่วงแรก
2. การเดินสายบางส่วนไม่เป็นระเบียบ ทำให้ตรวจสอบจุดผิดพลาดได้ยาก
3. ระบบ Overload ต้องปรับค่าใหม่เพื่อให้ทำงานตรงกับกำลังของมอเตอร์
4. อุปกรณ์บางชิ้นตอบสนองช้ากว่าที่คาด ต้องตั้งค่าให้เหมาะสม

### 5.4 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้โครงการมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต มีข้อเสนอแนะดังนี้  
ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาชิ้นงาน

1. ควรเพิ่มฟังก์ชันควบคุมเพิ่มเติม เช่น
  - 1.1 ระบบนับรอบ
  - 1.2 ระบบควบคุมความเร็วด้วยอินเวอร์เตอร์
  - 1.3 ระบบป้องกันไฟฟ้าขาดเฟส
2. ควรติดตั้งกล่องควบคุมที่มีฝาปิดเพื่อเพิ่มความปลอดภัย
3. เพิ่มไฟแสดงสถานะหลายจุดเพื่อให้ตรวจสอบง่ายขึ้น
4. ใช้อุปกรณ์อุตสาหกรรม (Industrial Grade) เพื่อเพิ่มความทนทาน

ข้อเสนอแนะสำหรับการเรียนรู้ของผู้จัดทำ

1. ควรฝึกฝนการเขียนโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller) ให้คล่องขึ้นโดยทดลองหลายรูปแบบ
2. ควรศึกษามาตรฐานการเดินสายไฟฟ้าควบคุมเพิ่มเติม
3. ควรเรียนรู้การใช้ซอฟต์แวร์ซิมูเลชันเพื่อช่วยทดสอบก่อนลงภาคสนามจริง
4. ควรศึกษาเทคนิคการออกแบบลอจิกแบบมืออาชีพ เช่น การใช้ Step Ladder / Sequential Function Chart (SFC)

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้

1. สามารถนำระบบนี้ไปต่อยอดกับงานควบคุมเครื่องจักรในโรงงาน
2. สามารถนำไปประยุกต์เป็นสื่อการสอนสำหรับนักศึกษา รุ่นต่อไป
3. สามารถเพิ่มระบบ IoT เพื่อควบคุม และตรวจสอบสถานะผ่านมือถือได้
4. สามารถเปลี่ยนเป็นการควบคุมแบบหลายมอเตอร์ หรือระบบสายพานลำเลียง

### 5.5 สรุปภาพรวมของโครงการ

โครงการนี้ช่วยให้นักศึกษามีทักษะด้านไฟฟ้าควบคุม และระบบอัตโนมัติอย่างครบถ้วน ทั้งด้านการออกแบบวงจร การติดตั้ง การเขียนโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller) และการทดสอบระบบจริง นอกจากนี้กระบวนการ PLC (Programmable Logic Controller) ยังทำให้โครงการมีคุณภาพสูงขึ้น ช่วยให้เกิดการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และสามารถพัฒนาชิ้นงานให้สมบูรณ์พร้อมใช้งานได้จริง