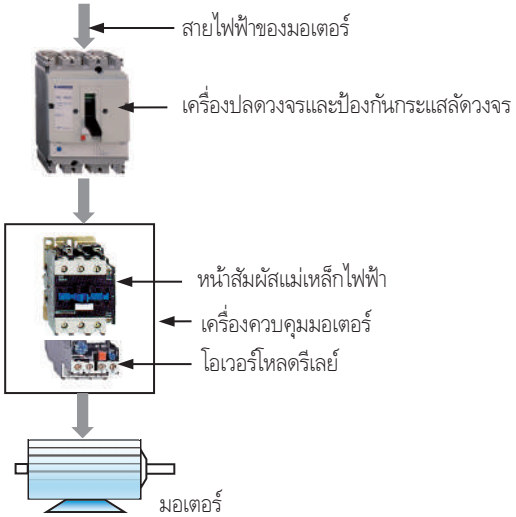
บทที่ 6 มอเตอร์ไฟฟ้า

6.1 วงจรมอเตอร์ตัวเดียว



รูปที่ 6.1 วงจรมอเตอร์ทั่วไป

วงจรทั่วไปของมอเตอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ดังนี้

1. เครื่องปลดวงจรและเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร อาจใช้เป็นสวิตช์พร้อมฟิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ก็ได้ ทำหน้าที่ปลดวงจรและป้องกันมอเตอร์และสายไฟฟ้าเนื่องจากการเกิดลัดวงจร

2. เครื่องควบคุมมอเตอร์ ประกอบด้วยหน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้าและโอเวอร์โหลดรีเลย์ หรืออาจใช้เป็นอุปกรณ์อื่นที่สามารถสับ-ปลดมอเตอร์ได้เช่น solid stated หรือ soft start เป็นต้น โอเวอร์โหลดรีเลย์ทำหน้าที่ป้องกันกันมอเตอร์เนื่องจาก overload

3. ตัวมอเตอร์

6.1.1 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าของมอเตอร์ต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.25 เท่าของกระแสโหลดเต็มที่ (full load current) ของมอเตอร์ซึ่งดูได้จาก name plate ของมอเตอร์ แต่ต้องไม่เล็กกว่า 1.5 ตร.มม. เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq$ 1.25 × กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

6.1.2 การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรอาจใช้เป็นฟิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ก็ได้ กำหนดขนาดเป็นร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่ ตามตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรระหว่างสายและป้องกันการรั่วลงดินของวงจรมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงานไว	ฟิวส์ หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์ เวลาผกผัน
มอเตอร์ 1 เฟส	300	175	800	250
มอเตอร์กระแสสลับแบบโพลีเฟสอื่น ๆ ที่มากกว่าแบบเวาด์โรเตอร์	300	175	800	250
มอเตอร์แบบกรงกระรอก	300	175	800	250
มอเตอร์แบบซิงโครนัส	300	175	800	250
มอเตอร์แบบเวาด์โรเตอร์	150	150	800	150
มอเตอร์กระแสตรง (แรงดันคงที่)	150	150	250	150

กรณีกระแสที่คำนวณได้ไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานการผลิตของเครื่องป้องกันกระแสเกิน สามารถเลือกขนาดหรือพิกัดที่สูงถัดขึ้นไปได้

เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรนี้ใช้เพื่อป้องกันกรณีลัดวงจร กรณี overload จะมี overload relay ทำหน้าที่ป้องกัน

ตัวอย่างที่ 6.1 ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าและเซอร์กิตเบรกเกอร์ของ Induction motor ชนิด 1 เฟส แรงดัน 230 V ขนาด 7.5 kW กระแสโหลดเต็มที่ 52.3 A (กำหนดให้ใช้สาย NYY แกนเดียวเดินร้อยท่อโลหะเกาะผนัง)

วิธีทำ

สายไฟฟ้า

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq$ 1.25 × กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

$\geq$ 1.25 × 52.3 = 65.4 A

ตารางที่ 5-20 ได้สาย NYY ขนาด 16 ตร.มม. (66 A) หรือดูจากภาคผนวก G

เซอร์กิตเบรกเกอร์

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $\leq$ 2.5 × กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

$\leq$ 2.5 × 52.3 = 130.75 A

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 125 A หรือดูจากภาคผนวก G

หมายเหตุ *เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 100 A ก็ได้ถ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่ปลดวงจรเนื่องจากการ start มอเตอร์*

6.2 วงจรมอเตอร์หลายตัว

6.2.1 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า กำหนดจากกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ทุกตัว ดังนี้

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq$ (1.25 × กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ตัวใหญ่ที่สุด)
+ กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ที่เหลือทุกตัว

วงจรมอเตอร์ที่มีโหลดอื่นรวมอยู่ด้วย (เช่นไฟฟ้าแสงสว่าง) ขนาดสายไฟฟ้าต้องไม่เล็กกว่าที่คำนวณได้ข้างต้นบวกด้วยโหลดอื่นตามที่คำนวณได้

6.2.2 การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร อาจเป็นฟิวส์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ก็ได้ กำหนดขนาดเหมือนกัน ดังนี้

ขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร $\leq$ เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของมอเตอร์ตัวใหญ่ที่สุด
+ กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ที่เหลือทุกตัว

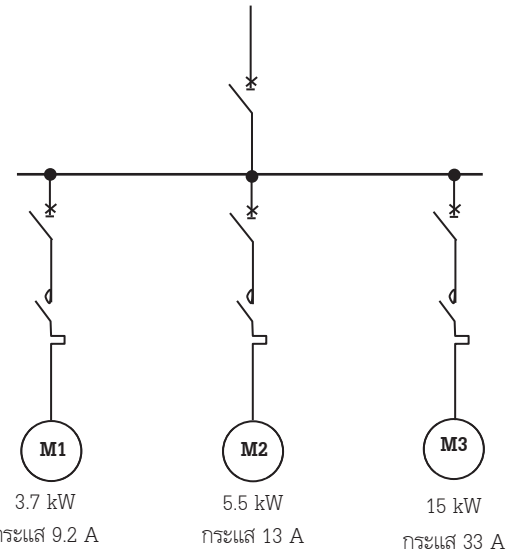
วงจรมอเตอร์ที่มีโหลดอื่นรวมอยู่ด้วย ขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรต้องไม่เล็กกว่าที่คำนวณได้ข้างต้นบวกด้วยโหลดอื่นตามที่คำนวณได้

ตัวอย่างที่ 6.2 วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยมอเตอร์ชนิด 3 เฟส 400 V จำนวน 3 ตัว ตามที่แสดงในรูปข้างล่าง ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าและเซอร์กิตเบรกเกอร์ของมอเตอร์แต่ละตัวและของสายป้อนวงจรมอเตอร์ (กำหนดให้ใช้สาย NYY แกนเดียวเดินร้อยท่อโลหะเกาะผนัง)

มอเตอร์ M1 ขนาด 3.7 kW กระแส 9.2 A

มอเตอร์ M2 ขนาด 5.5 kW กระแส 13 A

มอเตอร์ M3 ขนาด 15 kW กระแส 33 A



วิธีทำ

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq$ 1.25 × กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $\leq$ 2.5 × กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

มอเตอร์ M1

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq$ 1.25 × 9.2 = 11.5 A

ตารางที่ 5-20 ได้ สาย NYY ขนาด 1.5 ตร.มม. (13 A) (หรือดูภาคผนวก G)

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $\leq$ 2.5 × 9.2 = 23 A

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 20 A (หรือดูภาคผนวก G)

มอเตอร์ M2

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq$ 1.25 × 13 = 16.25 A

ตารางที่ 5-20 ได้สาย NYY ขนาด 2.5 ตร.มม. (18 A)

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $\leq$ 2.5 × 13 = 32.5 A

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 32 A

มอเตอร์ M3

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq 1.25 \times 33 = 41.25$ A

ตารางที่ 5-20 ได้ สาย NYY ขนาด 10 ตร.มม. (44 A)

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $\leq 2.5 \times 33 = 82.5$ A

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 80 A

สายป้อน

สายไฟฟ้า

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq$ (1.25 × กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ตัวใหญ่ที่สุด) + กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ที่เหลือทุกตัว

$\geq (1.25 \times 33) + 9.2 + 13 = 63.45$ A

ตารางที่ 5-20 ได้สาย NYY ขนาด 25 ตร.มม. (77 A)

เซอร์กิตเบรกเกอร์

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $\leq$ เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของมอเตร์ตัวใหญ่ที่สุด + กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ที่เหลือทุกตัว

$\geq 80 + 9.2 + 13 = 102.2$ A

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 100 A หรือ 125 A

6.2.3 ดีมานด์แฟกเตอร์ของวงจรมอเตอร์ ในสถานที่ซึ่งมีมอเตอร์เป็นจำนวนมาก และมอเตอร์ทุกตัวไม่ได้ทำงานพร้อมกัน ในการคำนวณโหลดสามารถใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตามสภาพการใช้งานที่เหมาะสมได้ เพื่อลดขนาดสายไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์ และหม้อแปลงไฟฟ้า

6.3 เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง

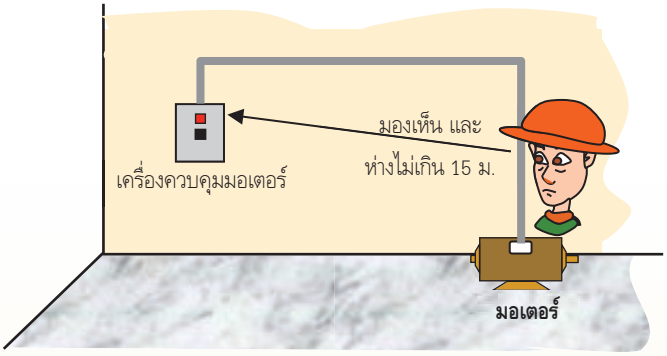
เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง (overload relay) เป็นอุปกรณ์ป้องกันการใช้งานมอเตอร์เกินกำลัง เพราะถ้าปล่อยให้มอเตอร์ใช้งานเกินกำลังเป็นเวลานานมอเตอร์อาจชำรุดหรือไหม้ได้ การปรับตั้งค่าเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังจะปรับตั้งไว้ที่ไม่เกิน 100% ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ แต่กรณีที่จำเป็นเนื่องจากมอเตอร์ไม่สามารถ start ได้จะสามารถปรับค่าเพิ่มขึ้นได้อีกแต่ต้องไม่เกิน 130%

เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังชนิดอื่นเช่น เครื่องวัดความร้อนที่ติดไว้กับขดลวดของมอเตอร์ การปรับตั้งให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตแนะนำ

6.4 เครื่องควบคุมมอเตอร์

เครื่องควบคุมมอเตอร์ต้องมีพิกัดไม่ต่ำกว่าขนาดของมอเตอร์ที่ใช้งาน ตำแหน่งติดตั้งต้องให้ผู้ใช้งานสามารถปฏิบัติงานบำรุงรักษาได้โดยปลอดภัย เครื่องควบคุมมอเตอร์ต้องติดตั้งให้มองเห็นได้จากตำแหน่งที่ตั้งมอเตอร์และห่างจากมอเตอร์ไม่เกิน 15 ม.

การเลือกใช้ magnetic contactor ต้องพิจารณา utilization categories ให้เหมาะสมด้วย ตามตารางที่ 6.2

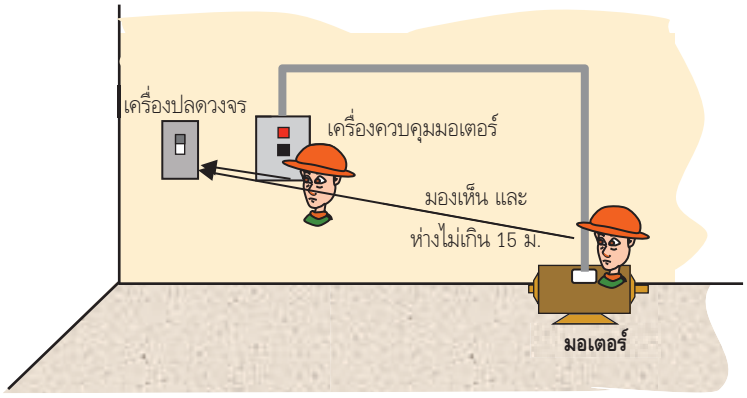


รูปที่ 6.2 การติดตั้งเครื่องควบคุมกับมอเตอร์
(มองเห็นได้จากตำแหน่งที่ตั้งมอเตอร์และห่างจากมอเตอร์ไม่เกิน 15 ม.)

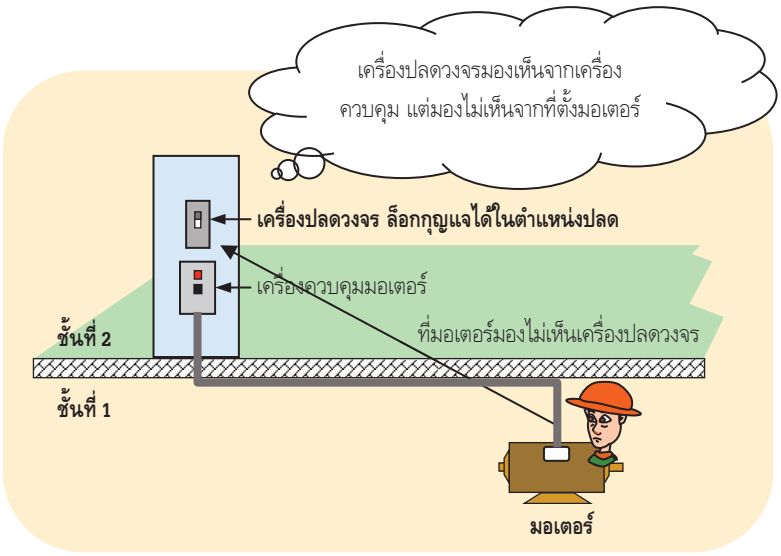
6.5 เครื่องปลดวงจรมอเตอร์

เครื่องปลดวงจรต้องสามารถปลดมอเตอร์ออกจากวงจรได้อย่างปลอดภัย มีพิกัดไม่ต่ำกว่า 1.15 เท่าของกระแสมอเตอร์ ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปลดวงจรต้องเป็นดังนี้

1. มองเห็นได้จากที่ตั้งเครื่องควบคุมมอเตอร์และห่างกันไม่เกิน 15 ม. (รูปที่ 6.3)
2. เครื่องปลดวงจรต้องมองเห็นได้จากที่ตั้งมอเตอร์และเครื่องจักรที่ขับ (รูปที่ 6.3)
3. ถ้าเครื่องปลดวงจรนั้นสามารถล็อกกุญแจได้ในตำแหน่งปลดวงจร อนุญาตให้เครื่องปลดวงจรมองต้องไม่เห็นจากที่ตั้งมอเตอร์และห่างกันเกิน 15 ม. ได้ (รูปที่ 6.4)



รูปที่ 6.3 เครื่องปลดวงจรมองเห็นได้จากทั้งที่เครื่องควบคุมมอเตอร์และมอเตอร์และห่างไม่เกิน 15 ม.



รูปที่ 6.4 เครื่องปลดวงจรล็อกกุญแจได้ในตำแหน่งปลด
(ไม่ต้องมองเห็นจากที่ตั้งมอเตอร์ก็ได้หรือห่างเกิน 15 ม. ได้)

ตารางที่ 6.2 Utilization Categories ตามมาตรฐาน IEC

Categories	Typical Application
AC-1	Non-inductive or slightly inductive loads, Resistance Furnaces
AC-2	Slip-ring Motor: Starting, Switching off
AC-3	Squirrel-cage Motors: Starting, Switching off Motor During Running
AC-4	Squirrel-cage motors: Starting, Plugging, Inching
AC-5a	Switching of Electric Discharge Lamp Controls
AC-5b	Switching of Incandescent Lamps
AC-6a	Switching of Transformers
AC-6b	Switching of Capacitor Banks
AC-7a	Slightly Inductive Loads in Household Appliance and Similar Appliances
AC-7b	Motor Loads for Household Appliances
AC-8a	Hermetic Refrigerant Compressor Motor Control with Manual Resetting of Overload Release
AC-8b	Hermetic Refrigerant Compressor Motor Control with Automatic Resetting of Overload Release
DC-1	Non-inductive or Slightly Inductive Loads, Resistance Furnaces
DC-3	Shunt-Motors: Starting, Plugging, Inching, Dynamic Breaking of DC-Motors
DC-5	Series-Motor: Starting, Plugging, Inching, Dynamic Breaking of DC-Motors
DC-6	Switching of Incandescent Lamps

หมายเหตุ *1. AC หมายถึง ไฟฟ้ากระแสสลับ DC หมายถึง ไฟฟ้ากระแสตรง*

2. Categories AC-3 อาจใช้งานกับมอเตอร์ที่มีการเดิน-หยุด สลับกันเป็นครั้งคราว แต่การสลับจะต้องไม่เกิน 5 ครั้งต่อนาที และต้องไม่เกิน 10 ครั้งใน 10 นาที

3. Plugging คือ การหยุดหรือสลับเฟสอย่างรวดเร็วในระหว่างที่มอเตอร์กำลังเดินอยู่

4. Inching หรือ Jogging คือ การจ่ายไฟให้มอเตอร์ซ้ำ ๆ กัน ในช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อต้องการให้มอเตอร์หรือเครื่องจักรที่มอเตอร์ขับอยู่เคลื่อนตัวเล็กน้อย

ตารางที่ 6.3 Degree of Protection ตาม IEC 60529 และ มอก. 513

รหัส	รหัสตัวแรก แสดงความสามารถในการป้องกันวัตถุ (ของแข็ง) เล็ดลอดเข้าภายใน	รหัสตัวที่สอง แสดงความสามารถในการป้องกันของเหลวเข้าไปทำความเสียหาย
0	ไม่มีการป้องกัน	ไม่มีการป้องกัน
1	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 50 มิลลิเมตร เช่น สัมผัสด้วยมือ	ป้องกันหยดเฉพาะในแนวดิ่ง
2	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 12 มิลลิเมตร เช่น นิ้วมือ	ป้องกันหยดและน้ำสาดทำมุมไม่เกิน 15 องศา กับแนวดิ่ง
3	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 2.5 มิลลิเมตร เช่น เครื่องมือ เส้นลวด	ป้องกันหยดและน้ำสาดทำมุมไม่เกิน 60 องศา กับแนวดิ่ง
4	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร เช่น เครื่องมือเล็ก ๆ เส้นลวดเล็ก ๆ	ป้องกันน้ำสาดเข้าทุกทิศทาง
5	ป้องกันฝุ่น	ป้องกันน้ำฉีดเข้าทุกทิศทาง
6	ผนึกกันฝุ่น	ป้องกันน้ำฉีดอย่างแรงเข้าทุกทิศทาง
7	-	ป้องกันน้ำท่วมชั่วคราว
8	-	ป้องกันน้ำเมื่อใช้งานอยู่ใต้น้ำ

บทที่ 6 มอเตอร์ไฟฟ้า