บทที่ 6
บริภัณฑ์ไฟฟ้า

- ดวงโคม เต้ารับ เต้าเสียบ
- มอเตอร์ไฟฟ้า
- หม้อแปลงไฟฟ้า
- คาปาซิเตอร์

บทที่ 6 บริภัณฑ์ไฟฟ้า

ดวงโคม เต้ารับ เต้าเสียบ

มอเตอร์ไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า

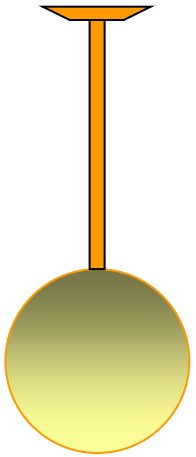
คาปาซิเตอร์

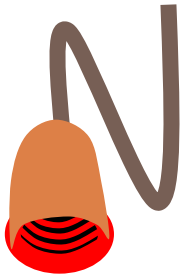
โคมไฟฟ้า...ข้อกำหนดทั่วไป

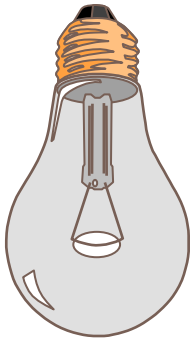
- ติดตั้งแล้ว ต้องไม่มีส่วนที่มีไฟฟ้าเปิดโล่ง
- เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ติดตั้ง
- เมื่ออยู่ใกล้วัสดุติดไฟได้ ต้องมีการป้องกันวัตถุติดไฟได้ ไม่ให้ร้อนเกิน $90^{O}C$
- ดวงโคมที่หนักเกิน 2.5 กก. หรือใหญ่กว่า 400 มม. ห้ามใช้ขั้วรับหลอดรับดวงโคม
- ต้องติดตั้งให้สามารถตรวจสอบการต่อสายระหว่างดวงโคมกับสายวงจรย่อยได้โดยสะดวก

สาย การต่อสาย และต่อแยก

- สายต้องมีการป้องกันทางกายภาพ และป้องกันอุณหภูมิสายสูงเกินกำหนด
- ขนาดไม่ต่ำกว่าขนาดกระแสดวงโคมและ ไม่เล็กกว่า 1.0 ตร.มม. (สำหรับดวงโคม 1 ชุด)
- ขั้วเกลียว ส่วนเกลียวต้องต่อกับสายศูนย์
- จุดต่อสายหรือต่อแยก ต้องไม่อยู่ในก้านดวงโคม
- การต่อสายในดวงโคมให้มีได้เท่าที่จำเป็นเท่านั้น
- สายในตู้แสดงสินค้า ต้องเดินในช่องเดินสาย







สวิตช์ เต้ารับ เต้าเสียบ...ชนิด

- พิกัดกระแส แรงดัน และประเภทเหมาะสม
- ไม่เป็นประเภทที่ใช้เป็นขั้วหลอดได้ด้วย
- ใช้กลางแจ้ง หรือที่เปียกชื้น ต้องกันน้ำเข้าได้ (ดูจาก IP)
- เต้ารับชนิดฝังพื้น ต้องเป็นชนิดที่เหมาะสม
- ต้องติดตั้งให้พ้นจากน้ำท่วม

เต้ารับ

- ขนาดสายเต้ารับ ไม่เล็กกว่า 1.5 ตร.มม.
- เต้ารับใช้งานเฉพาะ สายต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดเต้ารับ แต่ไม่ต้องใหญ่กว่าขนาดสายวงจรย่อยนั้น
- เต้ารับในวงจรย่อยต้องเป็นชนิดมีขั้วสายดิน และมีการต่อลงดิน
- ขั้วสายเต้ารับ ต้องจัดเรียงขั้วเฟส นิวทรัล และสายดิน แบบทวนเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากด้านหน้า

บทที่ 6 บริภัณฑ์ไฟฟ้า

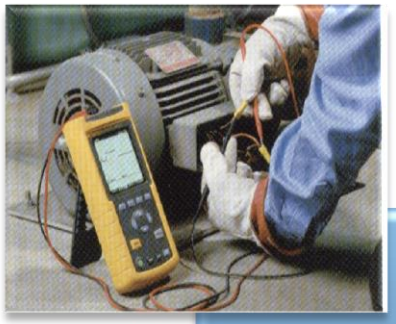
ดวงโคม เต้ารับ เต้าเสียบ

มอเตอร์ไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า

คาปาซิเตอร์

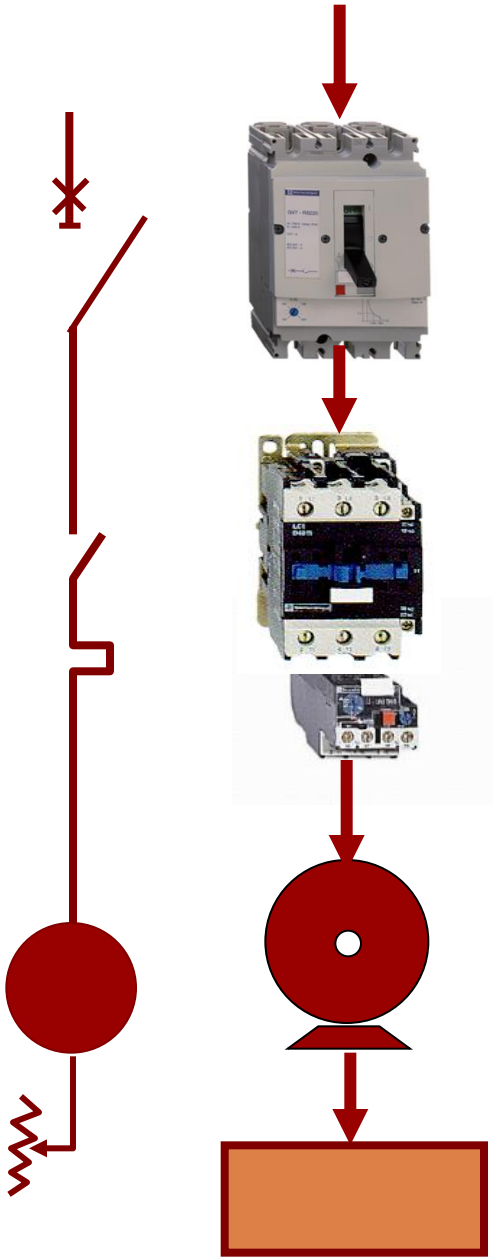
มอเตอร์ไฟฟ้า



ขอบเขต

- ใช้สำหรับ การติดตั้งมอเตอร์ วงจรมอเตอร์ และเครื่องควบคุมมอเตอร์ทั่วไป
- ในบริเวณอันตราย ดูรายละเอียดในเรื่อง บริเวณอันตรายเพิ่มเติมต่างหาก

วงจรมอเตอร์



เครื่องปลดวงจร

และป้องกันกระแสลัดวงจร

เครื่องควบคุมมอเตอร์

เครื่องป้องกันโหลดเกิน

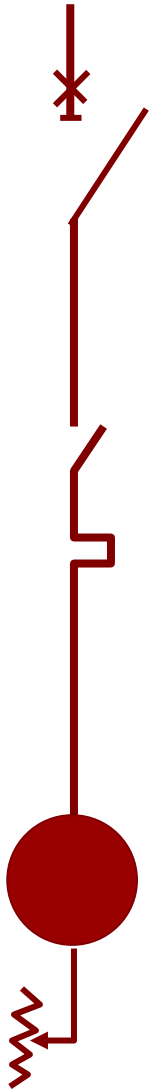
มอเตอร์

เครื่องควบคุมด้านทุติยภูมิ

(กรณีเวาด์โรเตอร์มอเตอร์)

หัวข้อการบรรยาย

- ตอน ก. ทั่วไป
- ตอน ข. สายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์
- ตอน ค. การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
- ตอน ง.& จ. การป้องกันกระแสลัดวงจร
- ตอน ฉ.& ช. วงจรและเครื่องควบคุมมอเตอร์
- ตอน ซ. เครื่องปลดวงจร
- ตอน ฌ. มอเตอร์ระบบแรงสูง
- ตอน ญ.& ฎ. การป้องกันส่วนที่มีไฟฟ้าและต่อลงดิน



พิกัดและการใช้งาน

พิกัด (ตามการผลิต)

- พิกัดใช้งานต่อเนื่อง
- พิกัดใช้งานไม่ต่อเนื่อง

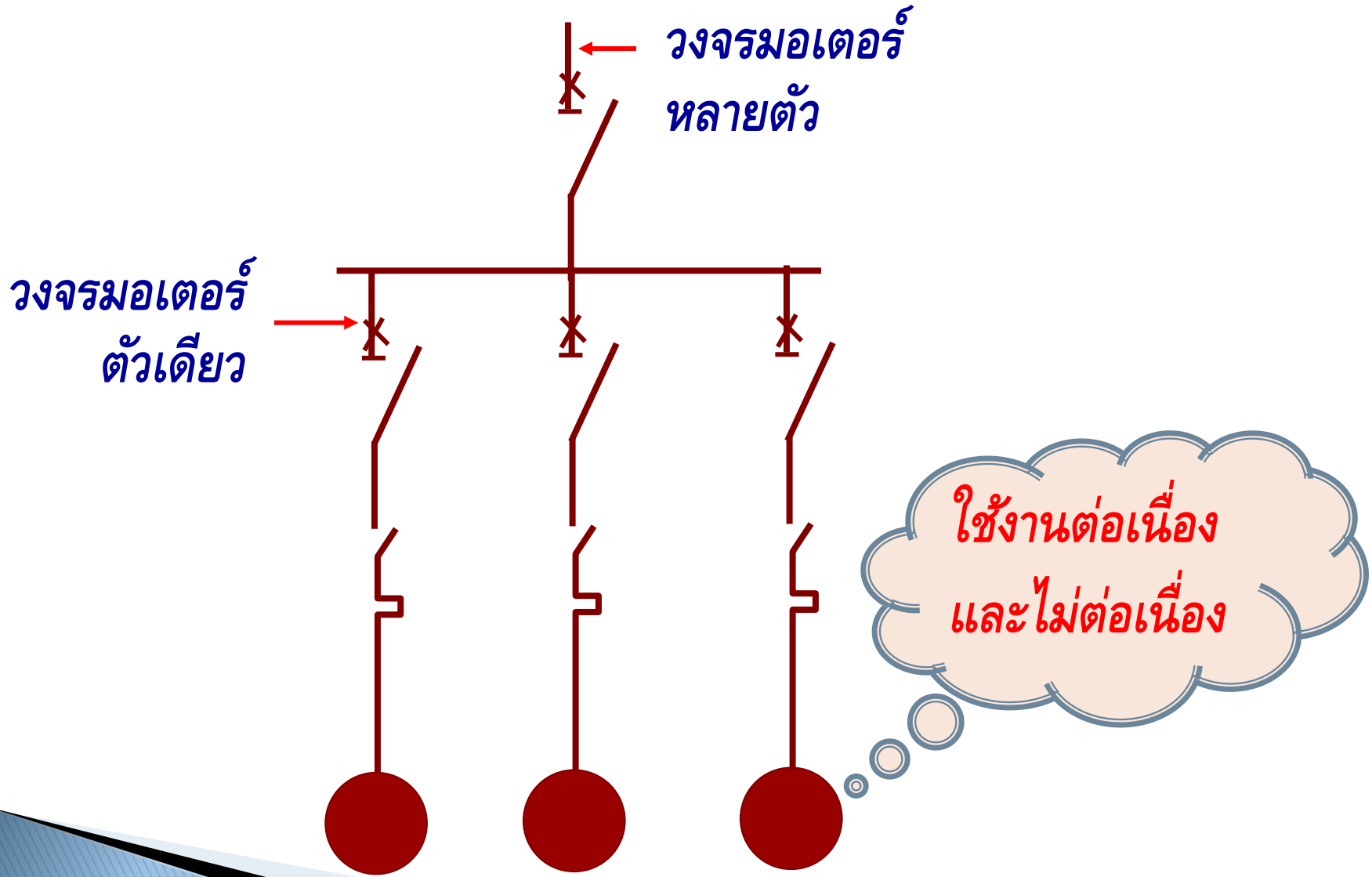
ลักษณะการใช้งาน

- ใช้งานต่อเนื่อง
- ใช้งานไม่ต่อเนื่อง (ตามโหลด)

ที่ตั้งมอเตอร์

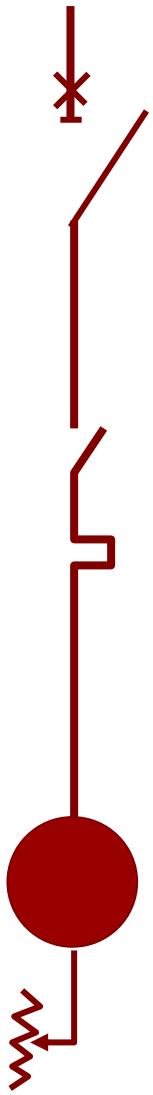
- ต้องติดตั้งในสถานที่ที่สามารถระบายอากาศได้สะดวก และเข้าถึงเพื่อการบำรุงรักษาได้โดยง่าย ยกเว้น มอเตอร์ที่เป็นส่วนประกอบของบริภัณฑ์สำเร็จรูป
- มอเตอร์แบบเปิดที่มีแปรงถ่าน ต้องติดตั้งในสถานที่ หรือมีมาตรการป้องกัน ไม่ให้ประกายไฟที่อาจเกิดขึ้นกระเด็นไปถูกวัสดุติดไฟได้
- ในสถานที่มีฝุ่นละอองหรือวัสดุปลิวได้ซึ่งสามารถเกาะติดหรือเข้าในมอเตอร์ได้มากพอที่จะทำให้ระบายอากาศไม่สะดวก ต้องใช้มอเตอร์แบบปิด

วงจรและ สายสำหรับมอเตอร์



ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ตัวเดียว..

มอเตอร์ใช้งานต่อเนื่อง



- ขนาดกระแสของสาย (I_{CON}) $\geq$ 1.25 x I_{FL} และ
- สายไฟฟ้าต้องไม่เล็กกว่า 1.5 ตร.มม.
- มอเตอร์ที่มีความเร็วหลายค่า นำมาใช้งานแบบไม่ต่อเนื่อง

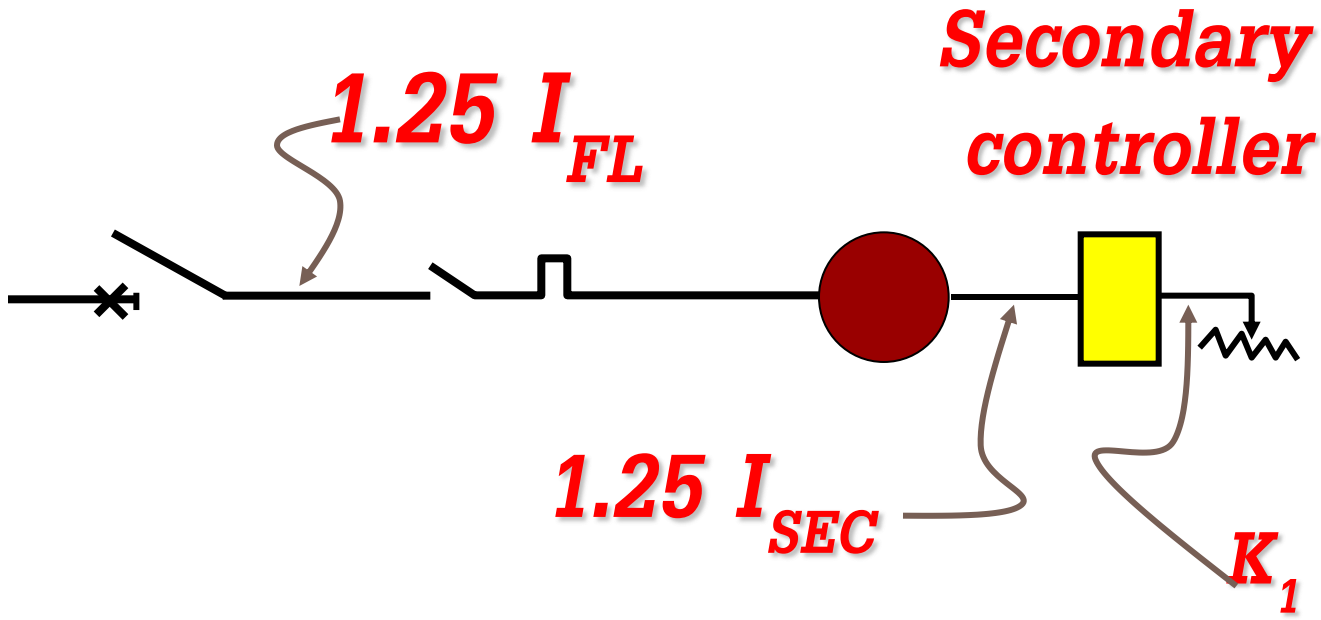
การคิดขนาดกระแสให้คิดแบบมอเตอร์ใช้งานไม่ต่อเนื่อง (ขนาดกระแส ใช้ตารางที่ 6-1)

ตารางที่ 6-1

ขนาดกระแสของสายสำหรับมอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

ประเภทการใช้งาน	ร้อยละของพิกัดกระแสบนแผ่นป้ายประจำเครื่อง			
	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 5 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 15 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 30 และ 60 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งานต่อเนื่อง
ใช้งานระยะสั้น เช่นมอเตอร์หมุนปิด-เปิดวาล์ว ฯลฯ	110	120	150	-
ใช้งานเป็นระยะ เช่นมอเตอร์ลิฟต์ มอเตอร์ปิด-เปิดสะพาน ฯลฯ	85	85	90	140
ใช้งานเป็นคาบ เช่นมอเตอร์หมุนลูกกลิ้ง ฯลฯ	85	90	95	140
ใช้งานที่เปลี่ยนแปลง	110	120	150	200

สายของมอเตอร์ชนิดวาวด์โรเตอร์



(ตารางที่ 6-2)

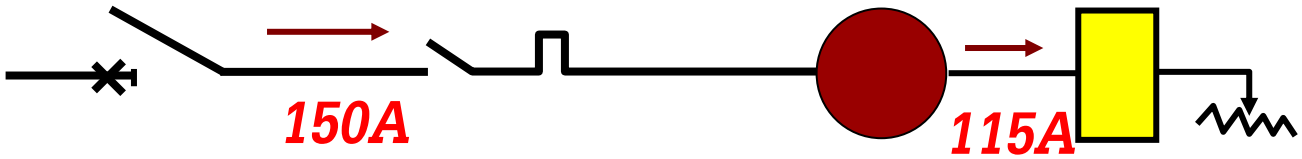
ตารางที่ 6-2

ขนาดสายระหว่างเครื่องควบคุมมอเตอร์ และ ตัวต้านทานในวงจรทุติยภูมิของมอเตอร์แบบ วาวด์โรเตอร์

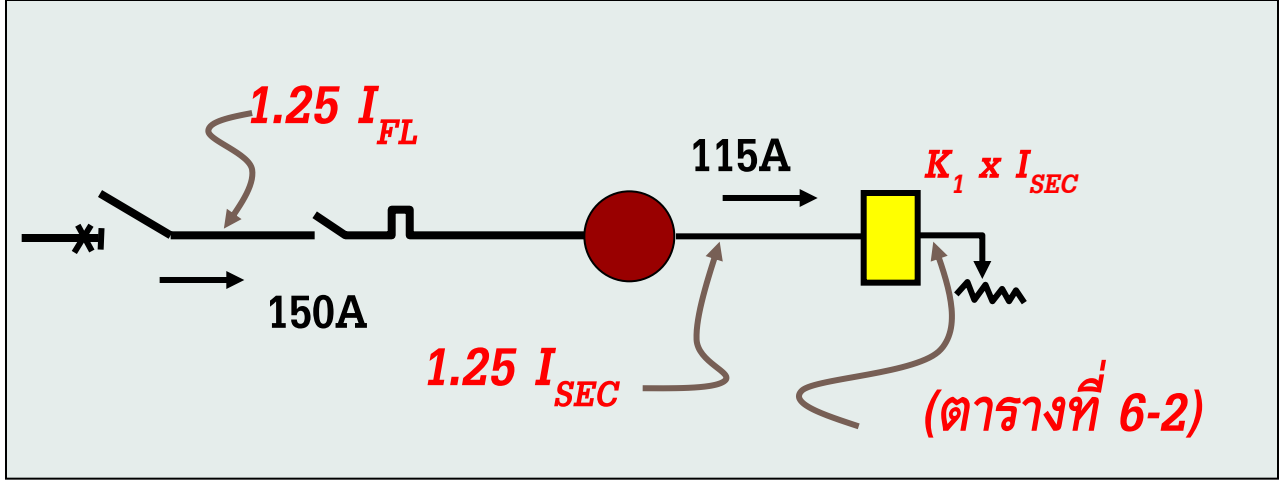
ประเภทการใช้งานของตัวต้านทาน	ขนาดกระแสของสายคิดเป็นร้อยละของกระแสด้านทุติยภูมิที่โหลดเต็มที่
เริ่มเดินอย่างเบา	35
เริ่มเดินอย่างหนัก	45
เริ่มเดินอย่างหนักมาก	55
ใช้งานเป็นระยะห่างมาก	65
ใช้งานเป็นระยะห่างปานกลาง	75
ใช้งานเป็นระยะถี่	85
ใช้งานต่อเนื่องกัน	110

ตัวอย่าง

- มอเตอร์ชนิดวาวด์โรเตอร์ ขนาด 100 แรงม้า 3 เฟส 380 V. พิกัดกระแสด้าน Pri. 150 A. ด้าน Sec. 115 A. ชุดตัวต้านทานเป็นแบบใช้งานต่อเนื่อง ติดตั้งแยกจากเครื่องควบคุม จงกำหนดขนาดกระแสของสายไฟฟ้า



วิธีทำ



- ขนาดกระแสของสายไม่ต่ำกว่า :-
  - **Primary = 1.25 x 150 = 187 A.**
  - **Secondary = 1.25 x 115 = 144 A.**
  - จากเครื่องควบคุมไปตัวต้านทาน (Table 6-2)

= 1.1 x 115 = 127 A.

ตารางที่ 6-2

ขนาดสายระหว่างเครื่องควบคุมมอเตอร์ และ ตัวต้านทานในวงจรทุติยภูมิของมอเตอร์แบบ วาวด์โรเตอร์

ประเภทการใช้งานของตัวต้านทาน	ขนาดกระแสของสายคิดเป็นร้อยละของกระแสด้านทุติยภูมิที่โหลดเต็มที่
เริ่มเดินอย่างเบา	35
เริ่มเดินอย่างหนัก	45
เริ่มเดินอย่างหนักมาก	55
ใช้งานเป็นระยะห่างมาก	65
ใช้งานเป็นระยะห่างปานกลาง	75
ใช้งานเป็นระยะถี่	85
ใช้งานต่อเนื่องกัน	110

มอเตอร์ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

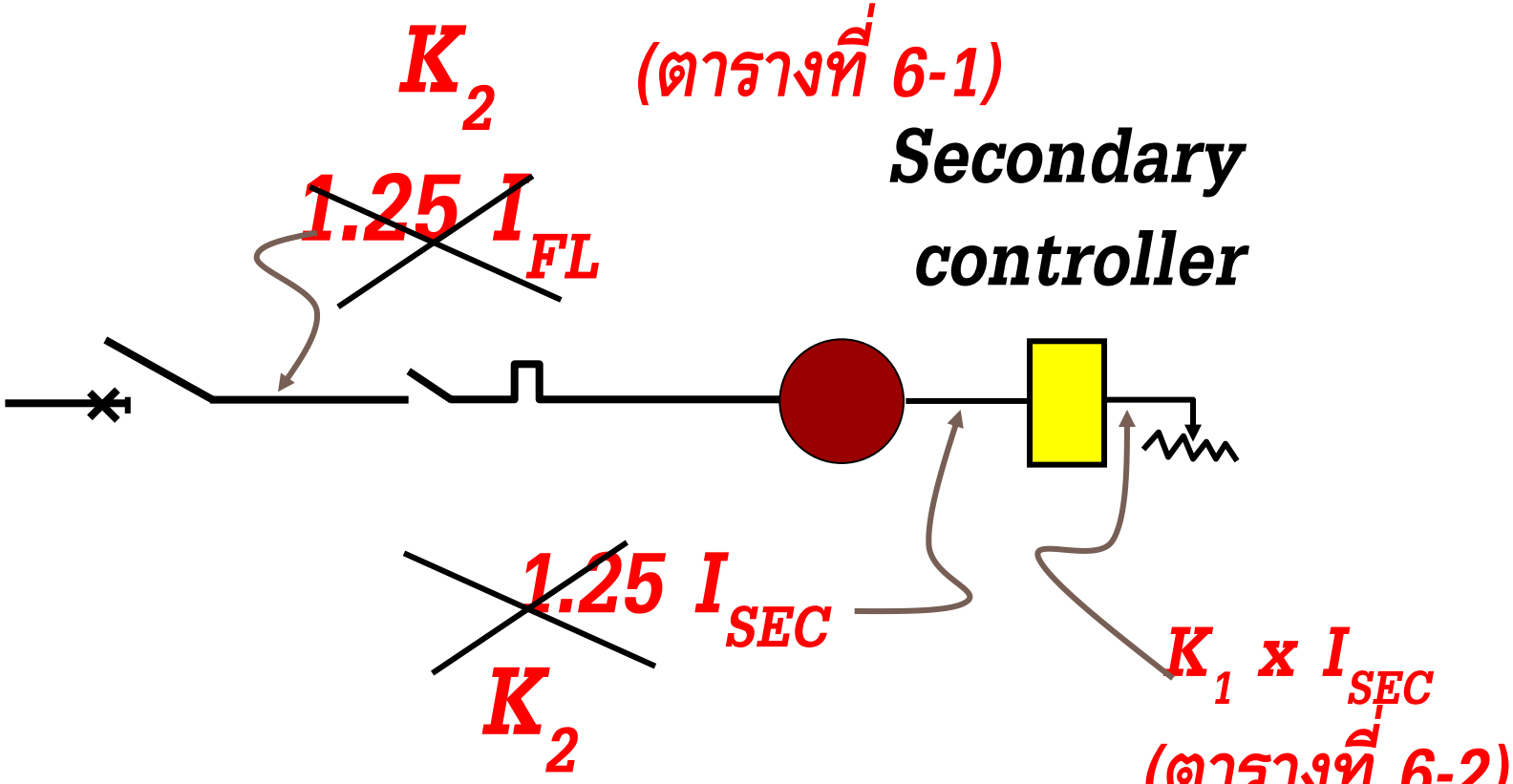
มอเตอร์ทั่วไป & วาวด์โรเตอร์มอเตอร์

- $I_{CON} \geq K_2 \times I_{FL}$

วาวด์โรเตอร์มอเตอร์ (กระแสด้านทุติยภูมิ)

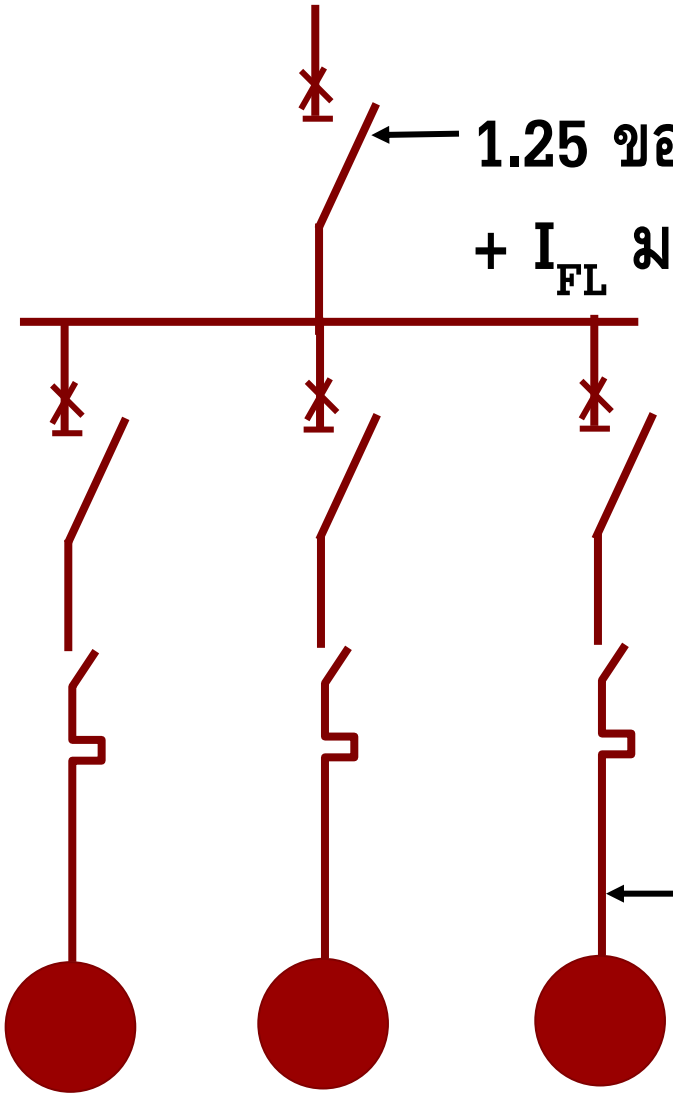
- $I_{CON} \geq K_2 \times I_{SEC}$

มอเตอร์ใช้งานไม่ต่อเนื่อง



วงจรที่มีมอเตอร์หลายตัว

ดูจากกระแสโหลดเต็มที่



1.25 ของมอเตอร์ตัวใหญ่สุด

+ I_{FL} มอเตอร์ที่เหลือ

1.25 x I_{FL}

ตัวอย่าง

- สายป้อนจ่ายไฟให้มอเตอร์ใช้งานต่อเนื่องดังนี้

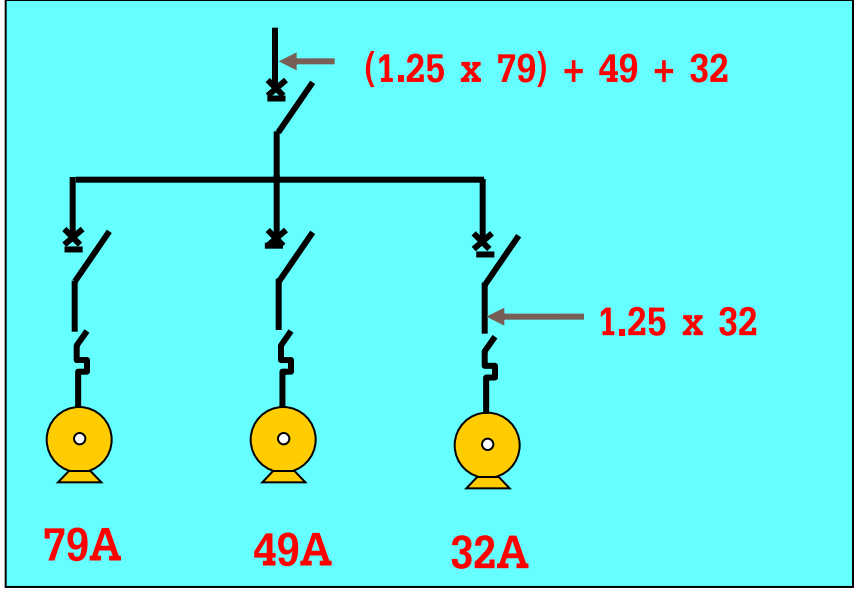
50 hp. 3 Ph. 380 V. 79 A. Squirrel Cage Motor

30 hp. 3 Ph. 380 V. 49 A. Wound Rotor Motor

25 hp. 3 Ph. 380 V. 32 A. Synchronous Motor

ต้องการหาขนาดกระแสของสายของมอเตอร์แต่ละตัว และสายป้อน

วิธีทำ



- มอเตอร์ 50 hp.
  - I_{CON} = 1.25 x 79
    = 98.75 A.
- มอเตอร์ 30 hp.
  - I_{CON} = 1.25 x 49 = 61.25 A.
- มอเตอร์ 25 hp.
  - I_{CON} = 1.25 x 32 = 40 A.
- สายป้อน

I_{CON} = (1.25 x 79) + 49 + 32 = 179.5 A.

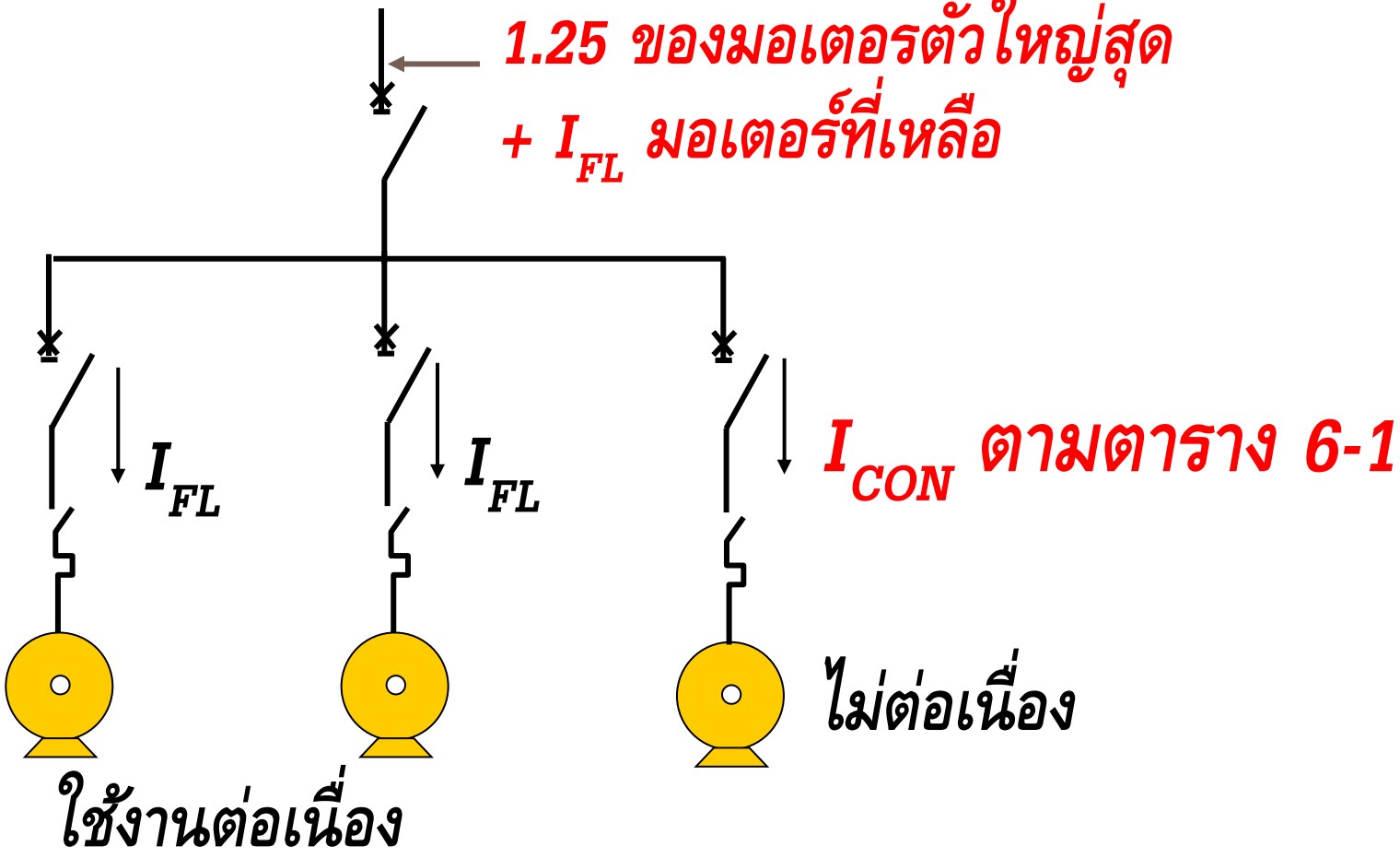
สายป้อนมีมอเตอร์ใช้งานไม่ต่อเนื่องด้วย

- หามอเตอร์ตัวใหญ่ก่อน...ดังนี้
  - มอเตอร์ใช้งานไม่ต่อเนื่องหา I_{Con} ตาม T6-1
  - ของมอเตอร์ใช้งานต่อเนื่องใช้ค่า I_{FL} (ใช้ค่า 100%)

$$I_{Con} \geq 1.25 \times I_{FL,MAX} + I_{M1}...I_{MN}$$

ตัวใหญ่สุด

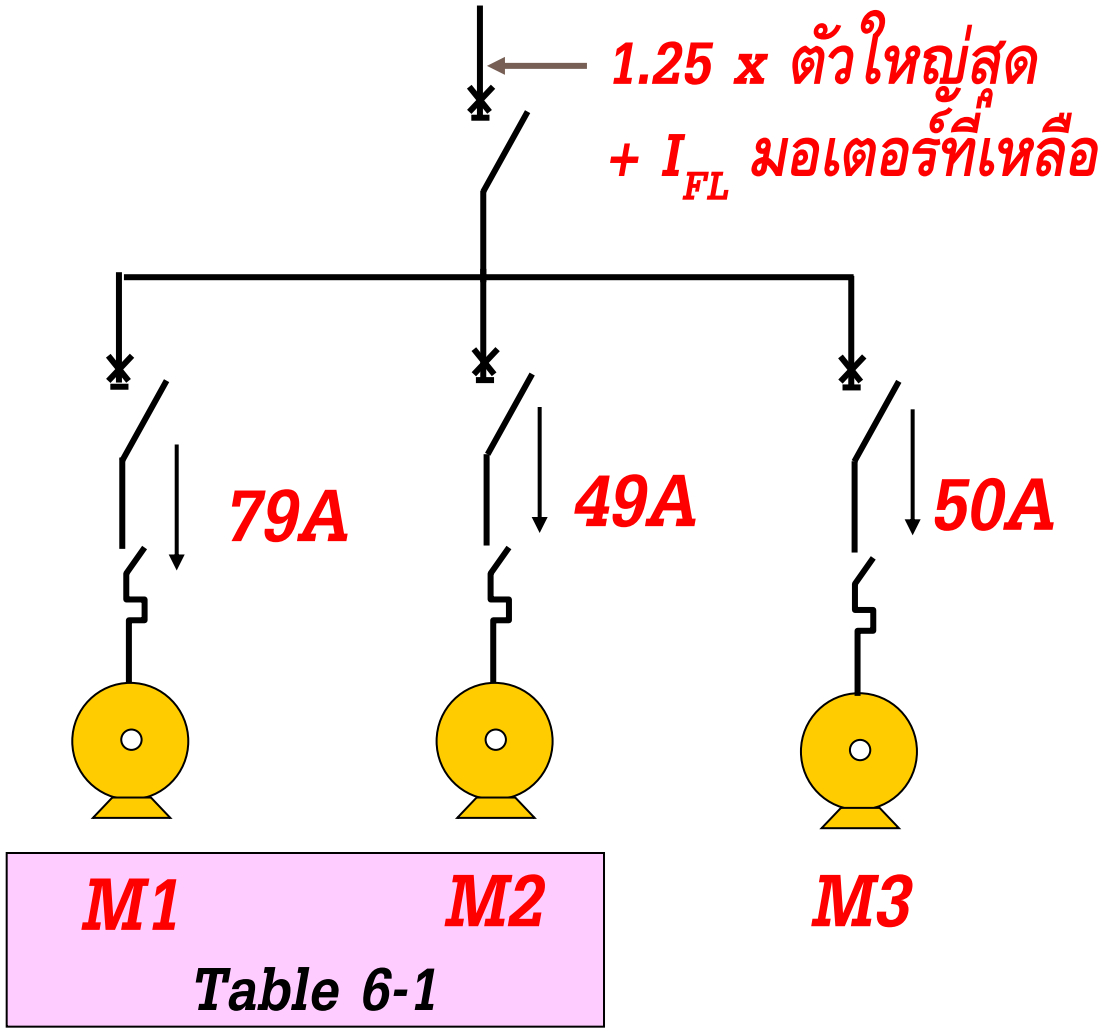
ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า



ตัวอย่าง

- มอเตอร์ 3 เฟส 380 V. ดังนี้
  - M1 50 hp. 79 A. พิกัดใช้งาน 5 นาที ใช้สำหรับลูกกลิ้งบดแป้ง
  - M2 30 hp. 49 A. พิกัดใช้งาน 5 นาที ใช้เป็นมอเตอร์ปิด-เปิดวาล์ว
  - M3 40 hp. 50 A. พิกัดใช้งานต่อเนื่อง ใช้งานตามพิกัด
- ต้องการหาขนาดกระแสของสายป้อน

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า



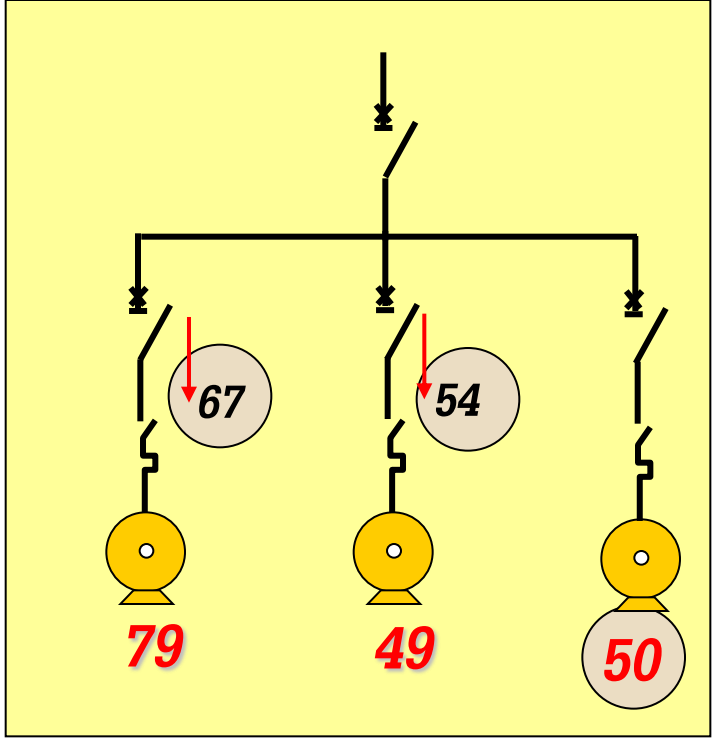
- ***M1* 50 hp. 79 A. พิกัดใช้งาน 5 นาที ใช้สำหรับลูกกลิ้งบดแป้ง**
- ***M2* 30 hp. 49 A. พิกัดใช้งาน 5 นาที ใช้เป็นมอเตอร์ปิด-เปิดวาล์ว**

ตารางที่ 6-1

ขนาดกระแสของสายสำหรับมอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

ประเภทการใช้งาน	ร้อยละของพิกัดกระแสบนแผ่นป้ายประจำเครื่อง			
	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 5 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 15 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 30 และ 60 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งานต่อเนื่อง
ใช้งานระยะสั้น เช่นมอเตอร์หมุนปิด-เปิดวาล์ว ฯลฯ	110	120	150	-
ใช้งานเป็นระยะ เช่นมอเตอร์ลิฟต์ มอเตอร์ปิด-เปิดสะพาน ฯลฯ	85	85	90	140
ใช้งานเป็นคาบ เช่นมอเตอร์หมุนลูกกลิ้ง ฯลฯ	85	90	95	140
ใช้งานที่เปลี่ยนแปลง	110	120	150	200

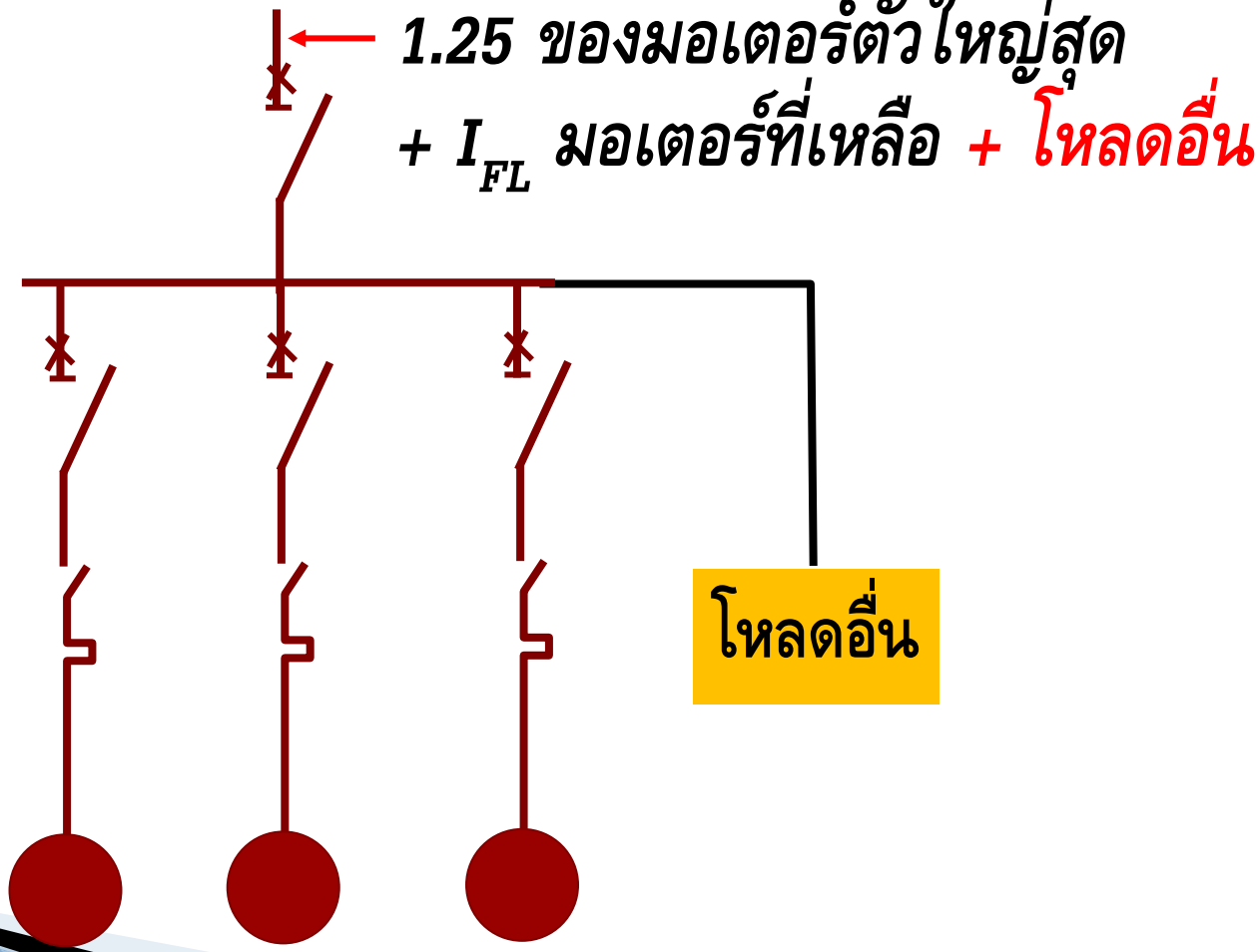
วิธีทำ



- M1 (Table 6-1, ได้ K2 = 85%)
  - I_{CON} = 0.85 x 79 = 67 A.
- M2 (Table 6-1, ได้ K2 = 110%)
  - I_{CON} = 1.1 x 49 = 54 A.
- M3 ใช้งานต่อเนื่อง กระแส 50 A.

I_{CON} = (1.25 x 67) + 54 + 50 = 187.75 A.

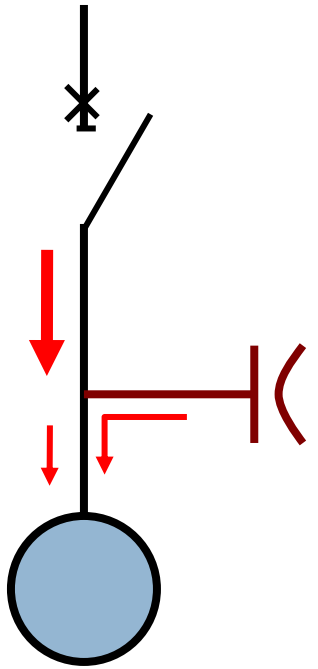
วงจรมอเตอร์ที่มีโหลดอื่นรวมด้วย



ดีมานด์แฟกเตอร์ของสายป้อนวงจรมอเตอร์

เมื่อมีคาปาซิเตอร์อยู่ด้วย

- วงจรมอเตอร์ที่มีคาปาซิเตอร์ต่อใช้งานรวมอยู่ด้วย การคิดขนาดกระแสของสายไฟฟ้าให้พิจารณาผลของกระแสที่เปลี่ยนไปจากการใช้คาปาซิเตอร์ด้วย



การติดตั้ง...การต่อสายแยกจากสายป้อน

สายที่ต่อแยกต้องมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน และเป็นไปตามข้อกำหนด **ข้อใดข้อหนึ่ง ดังนี้**

1. สายเดินในช่องเดินสายและยาวไม่เกิน 3 ม. **หรือ**
2. สายต่อแยกมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 1/3 ของสายป้อน และยาวไม่เกิน 7.5 ม. **หรือ**
3. สายต่อแยกมีขนาดกระแสเท่ากับสายป้อน

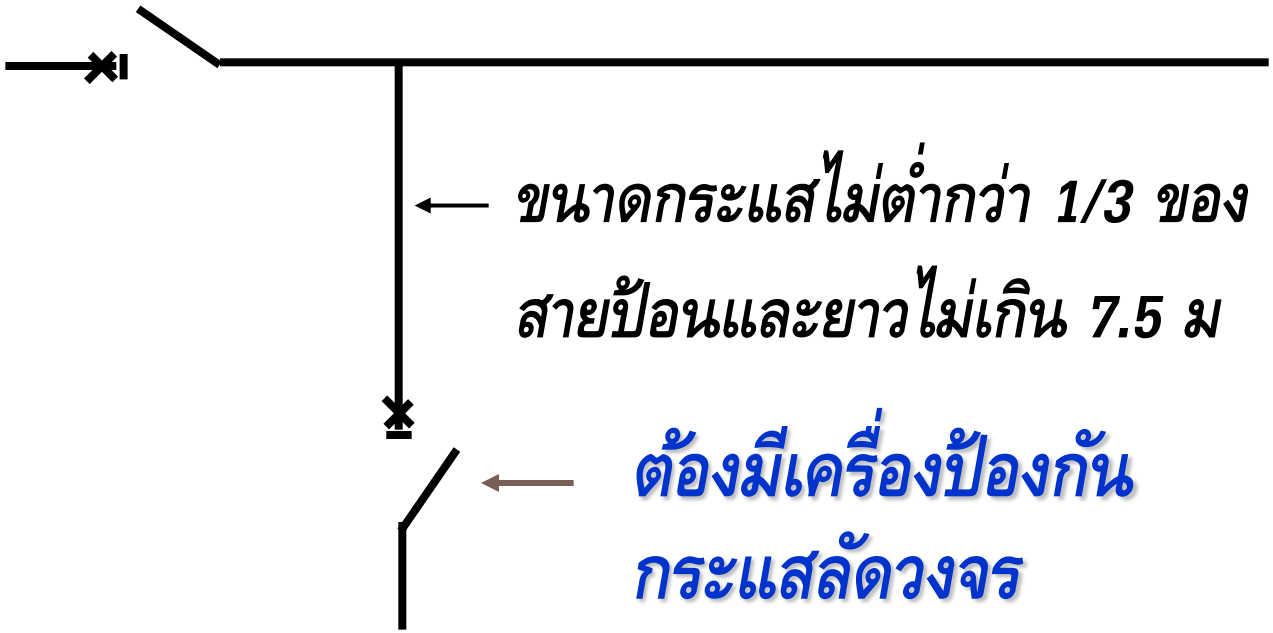
การต่อแยกสายป้อน

1

หรือ

การต่อแยกสายป้อน

2



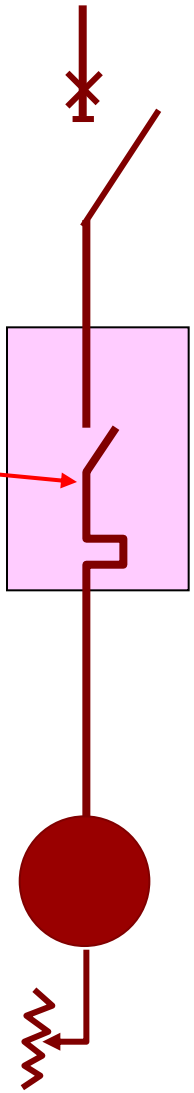
หรือ

การต่อแยกสายป้อน

3

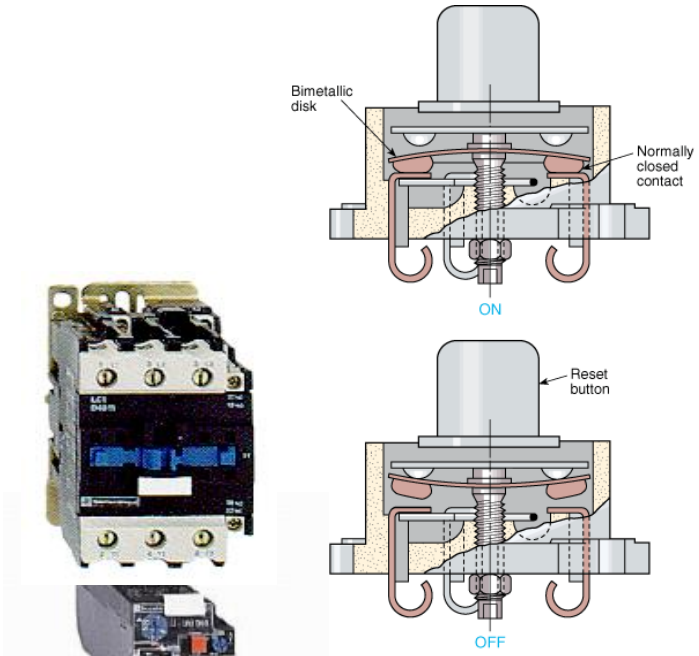
หัวข้อการบรรยาย

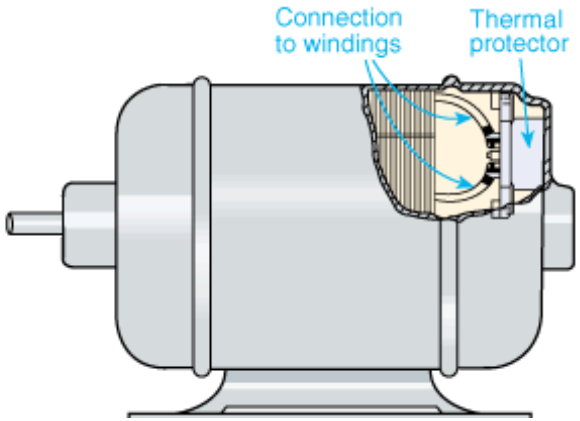
- ตอน ก. ความรู้ทั่วไป
- ตอน ข. สายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์
- ตอน ค. การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
- ตอน ง.& จ. การป้องกันกระแสลัดวงจร
- ตอน ฉ.& ช. วงจรและเครื่องควบคุมมอเตอร์
- ตอน ซ. เครื่องปลดวงจร
- ตอน ฌ. มอเตอร์ระบบแรงสูง
- ตอน ญ.& ฎ. การป้องกันส่วนที่มีไฟฟ้าและต่อลงดิน



Overload Relay

- ใช้เพื่อป้องกันวงจรมอเตอร์และอุปกรณ์ เนื่องจากการใช้งานเกินกำลังหรือเริ่มเดินไม่สำเร็จ
- ไม่รวมมอเตอร์สูบน้ำดับเพลิง
- ชนิด
  - Thermal Overload Relay
  - เครื่องป้องกันอุณหภูมิสูงเกิน





การปรับตั้งค่า (มอเตอร์เกิน 1 hp) ใช้งานต่อเนื่อง

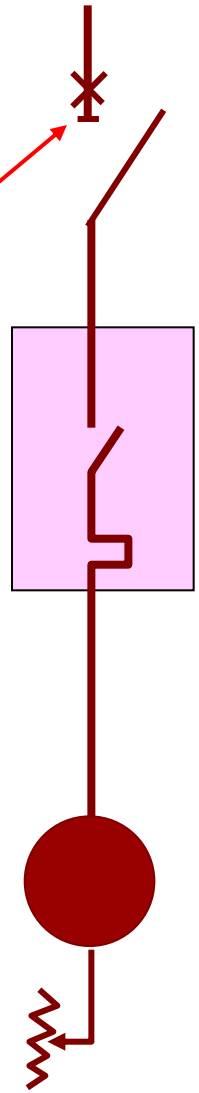
- **Thermal Overload Relay** *ข้อ 6.3.14*
  - Service Factor ไม่น้อยกว่า 1.15 = 125% (140%)
  - ชนิดที่ระบุอุณหภูมิเพิ่มไม่เกิน $40^{o}C$ = 125% (140%)
  - มอเตอร์อื่นๆ = 115% (130%)
- **เครื่องป้องกันอุณหภูมิสูงเกิน**
  - มอเตอร์มี I_{FL} ไม่เกิน 9 A. = 170%
  - มอเตอร์มี I_{FL} 9.1-20 A. = 156%
  - มอเตอร์มี I_{FL} เกิน 20 A. = 140%

Overload protection

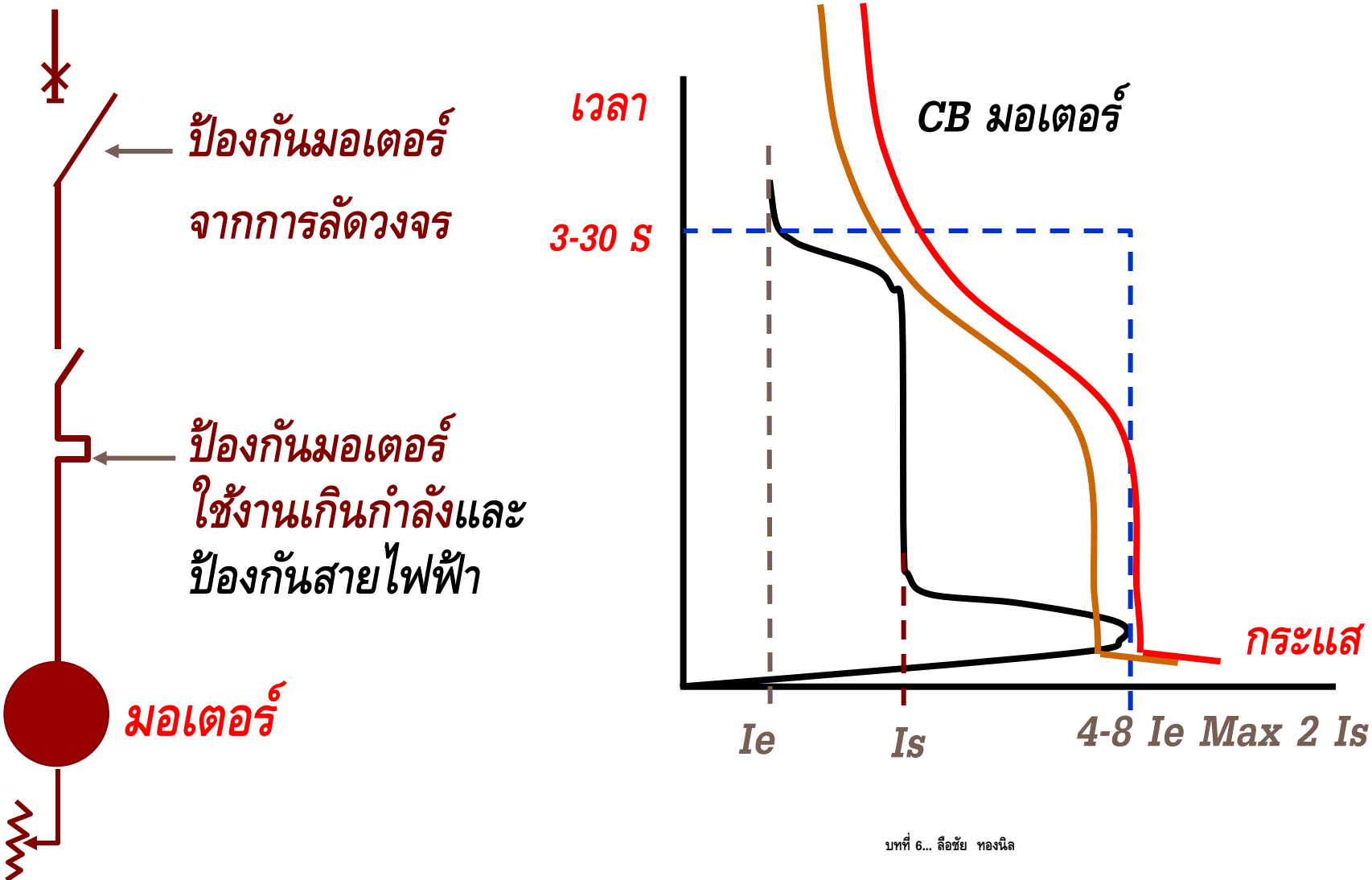
- มอเตอร์ใช้งานต่อเนื่อง อนุญาตให้
  - ใช้เครื่องป้องกันติดตั้งที่ตัวมอเตอร์ทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์จากการเริ่มเดินไม่สำเร็จได้ ถ้ามอเตอร์ประกอบอยู่กับบริภัณฑ์
- มอเตอร์ที่ต่อใช้ในวงจรย่อยทั่วไป
  - ขนาดไม่เกิน 1 hp. แต่ละตัวไม่ต้องมีเครื่องป้องกันโหลดเกิน ก็ได้

หัวข้อการบรรยาย

- ตอน ก. ความรู้ทั่วไป
- ตอน ข. สายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์
- ตอน ค. การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
- ตอน ง.& จ. การป้องกันกระแสลัดวงจร
- ตอน ฉ.& ช. วงจรและเครื่องควบคุมมอเตอร์
- ตอน ซ. เครื่องปลดวงจร
- ตอน ฌ. มอเตอร์ระบบแรงสูง
- ตอน ญ.& ฎ. การป้องกันส่วนที่มีไฟฟ้าและต่อลงดิน



ตอน ง. การป้องกันกระแสลัดวงจร (สำหรับมอเตอร์แรงต่ำเท่านั้น)



การกำหนดพิกัด...มอเตอร์เครื่องเดียว

- พิกัดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร ต้องไม่เกินที่กำหนดในตารางที่ 6-3
- เลือกพิกัดใหญ่กว่าได้ ถ้าค่าที่คำนวณได้ไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานของผู้ผลิต ถ้าเครื่องป้องกันกระแสเกินปลดวงจรขณะเริ่มเดินให้ปรับตั้งขนาดที่สูงกว่าได้..ดังนี้
  - ฟิวส์ไม่หน่วงเวลาขนาดไม่เกิน 600A ปรับสูงขึ้นได้ไม่เกิน 400%
  - ฟิวส์หน่วงเวลาขนาด ปรับสูงขึ้นได้ไม่เกิน 225%
  - วงจรทอร์กมอเตอร์ ให้ใช้ขนาดตามที่ระบุที่ nameplate ถ้าไม่ตรงให้ปรับสูงถัดไปได้
  - CB ไม่เกิน 100A ปรับสูงได้ไม่เกิน 400% ขนาดเกิน 100A ปรับสูงได้ไม่เกิน 300%

ตารางที่ 6-3

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงานไว	ฟิวส์ หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์ เวลาผกผัน
มอเตอร์ 1 เฟส ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ทั้งหมด และมอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอก และแบบซิงโครนัส ซึ่งเริ่มเดินโดยรับแรงดันไฟฟ้าเต็มที่หรือเริ่มเดินผ่านตัวต้านทานหรือรีแอ็กเตอร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
• รหัสอักษร F ถึง V	300	175	700	250
• รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150

1. ***ชนิดของมอเตอร์***
2. ***วิธีการเริ่มเดินมอเตอร์***
3. ***รหัสอักษร***
4. ***ชนิดเครื่องป้องกันฯ ที่ใช้***

ตารางที่ 6-4

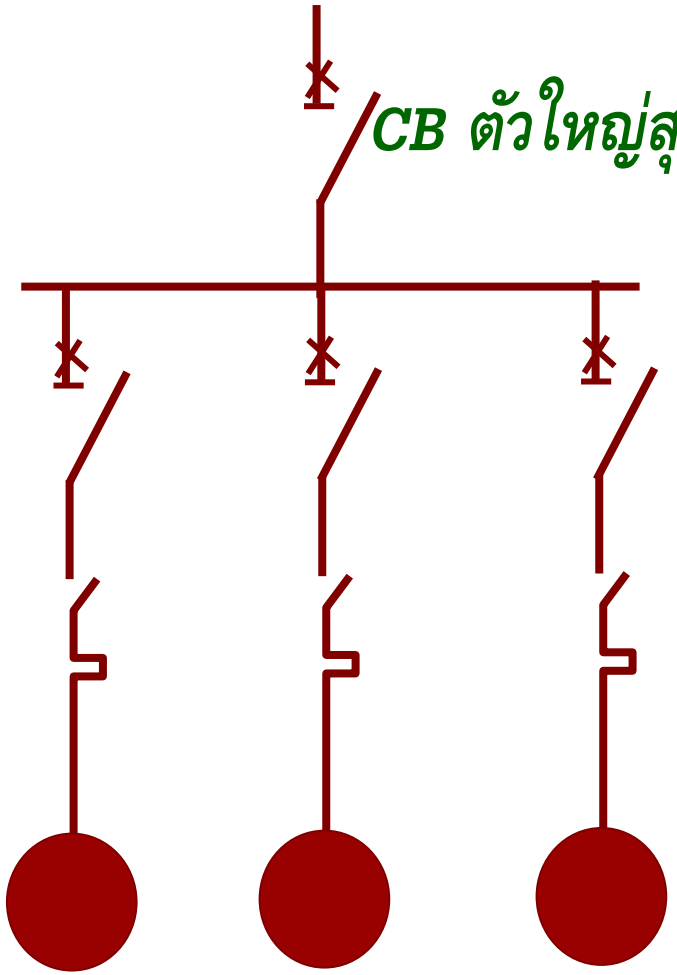
รหัสอักษรแสดงการล็อกโรเตอร์

รหัสอักษร	เควีเอต่อแรงม้า ขณะล็อกโรเตอร์
A	0 - 3.14
B	3.15 - 3.54
C	3.55 - 3.99
D	4.0 - 4.49
E	4.5 - 4.99
F	5.0 - 5.59

ข้อสังเกต

- *มอเตอร์ตาม IEC ไม่มีรหัสอักษร*
- *หารหัสอักษรได้จากกระแสล็อกโรเตอร์ ตามตารางที่ 6-4*
- *กระแสเริ่มเดินประมาณ 6-8 เท่า ของกระแสโหลดเต็มที่*
- *CB ที่ใช้ ประมาณ 2-2.5 เท่า*

ตอน จ. การป้องกันกระแสลัดวงจรของสายป้อน

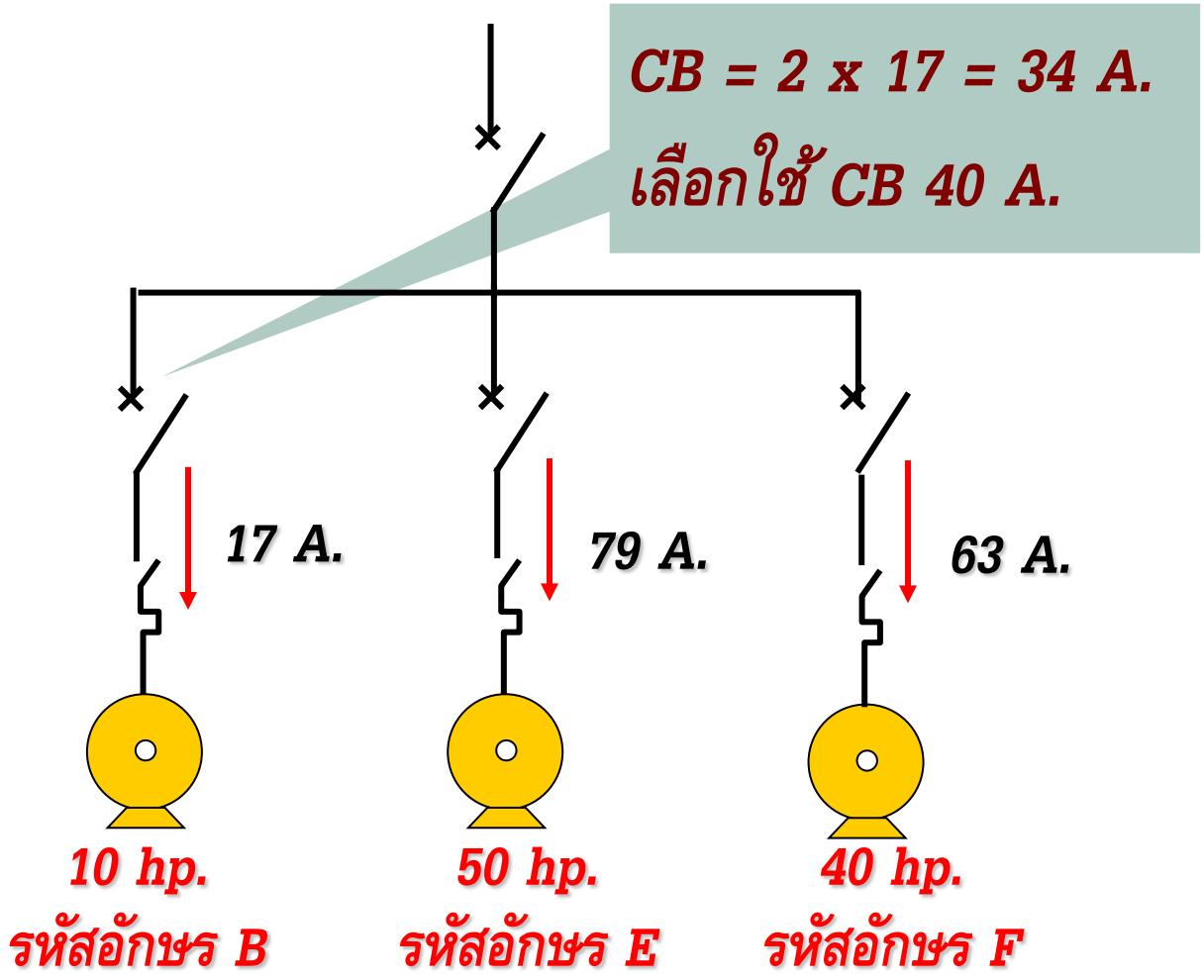


CB ตัวใหญ่สุด + I_{FL} มอเตอร์ที่เหลือ

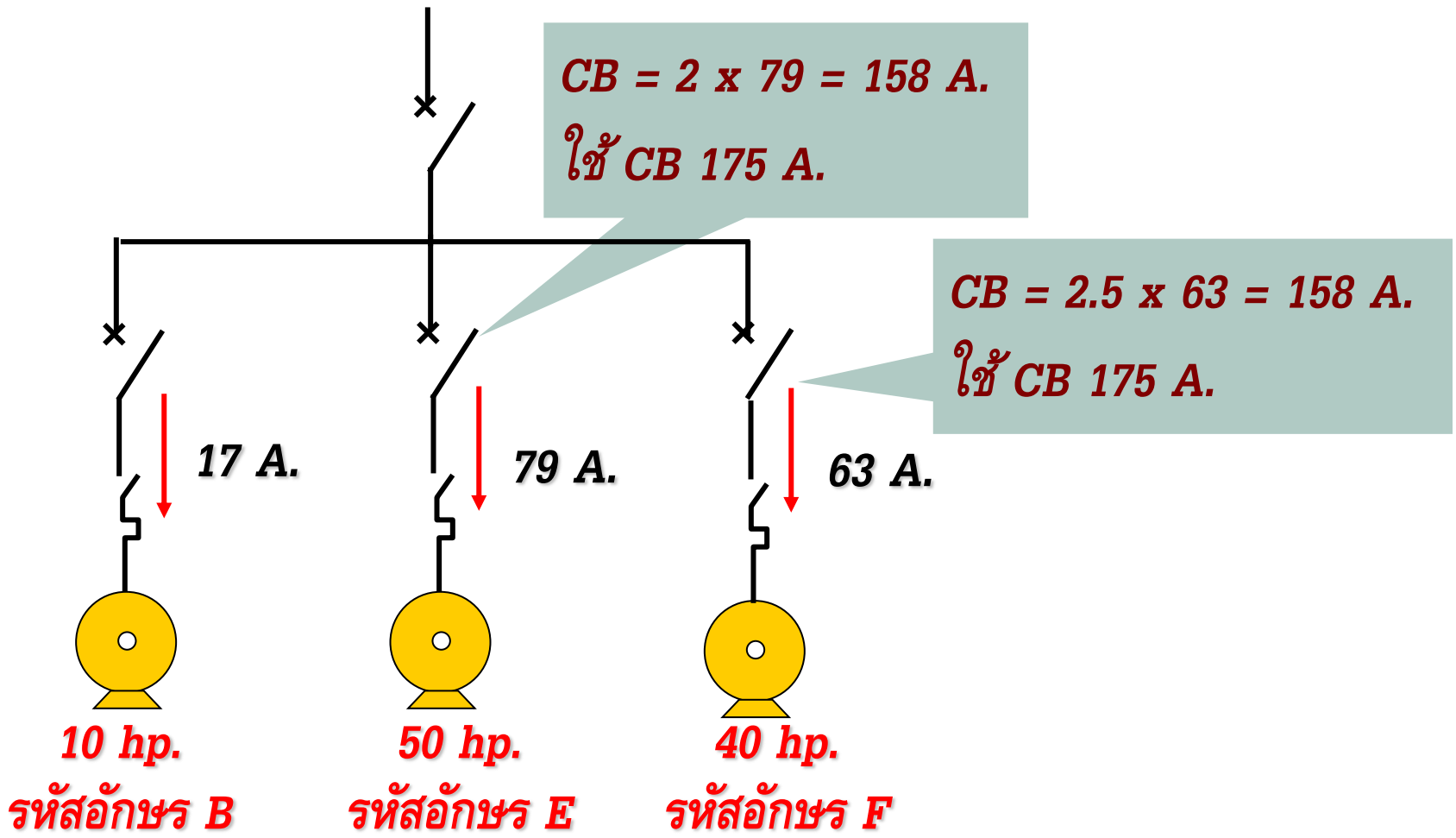
Table 6-3

ตัวอย่าง การกำหนดขนาด CB

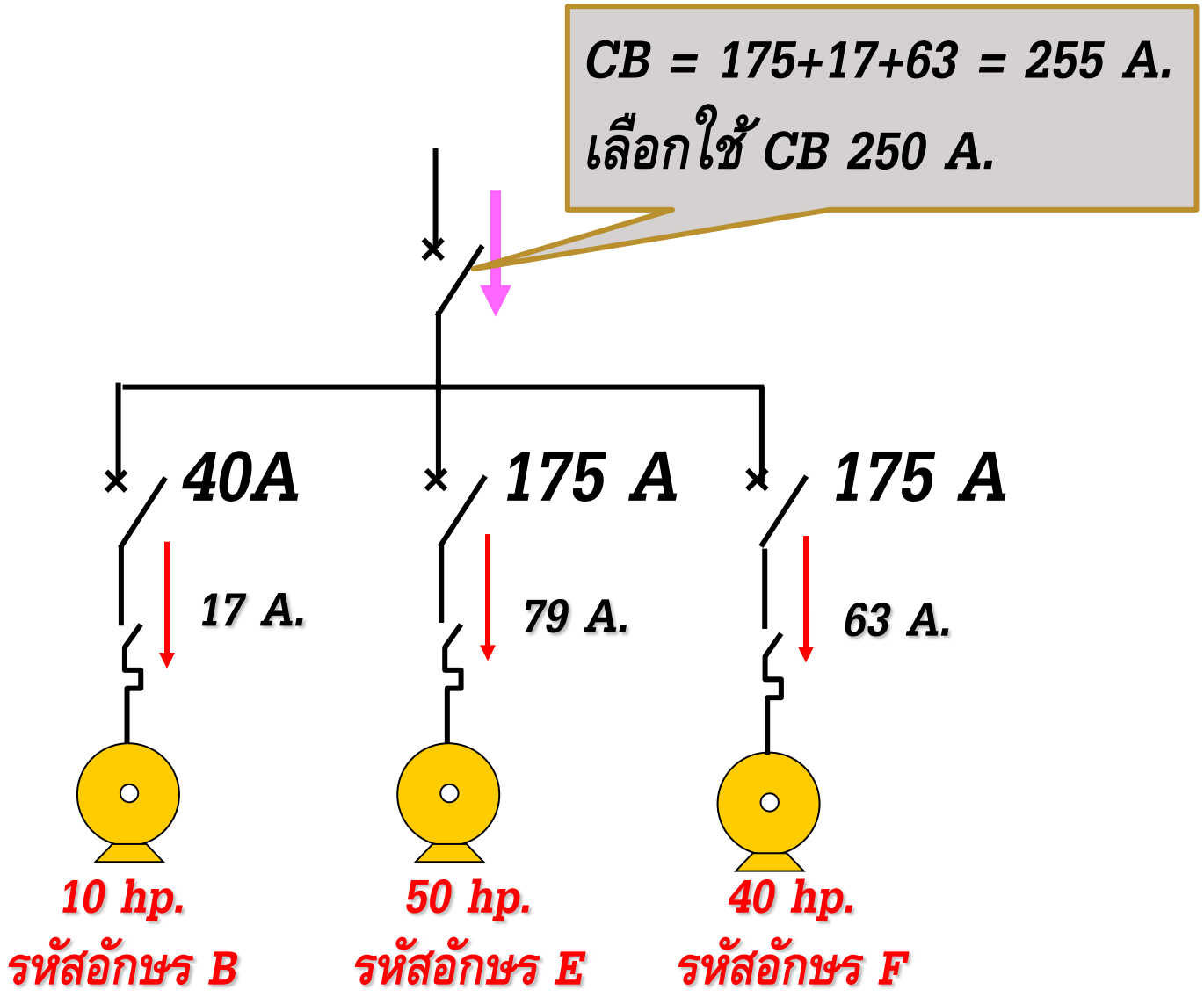
มอเตอร์ แบบกรงกระรอก เริ่มเดินโดยรับแรงดันไฟฟ้าเต็มที่ ดังนี้



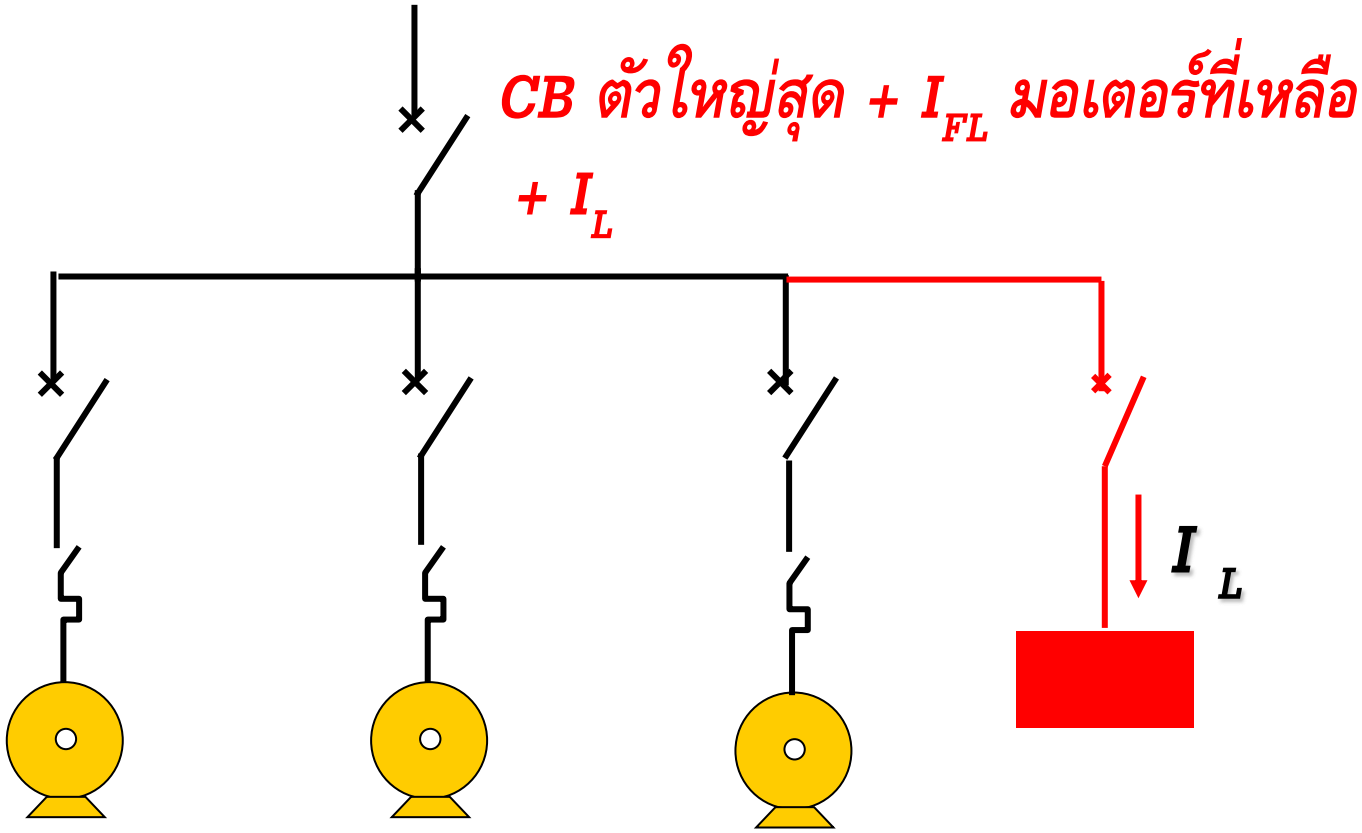
ตัวอย่าง การกำหนดขนาด CB



CB สายป้อน

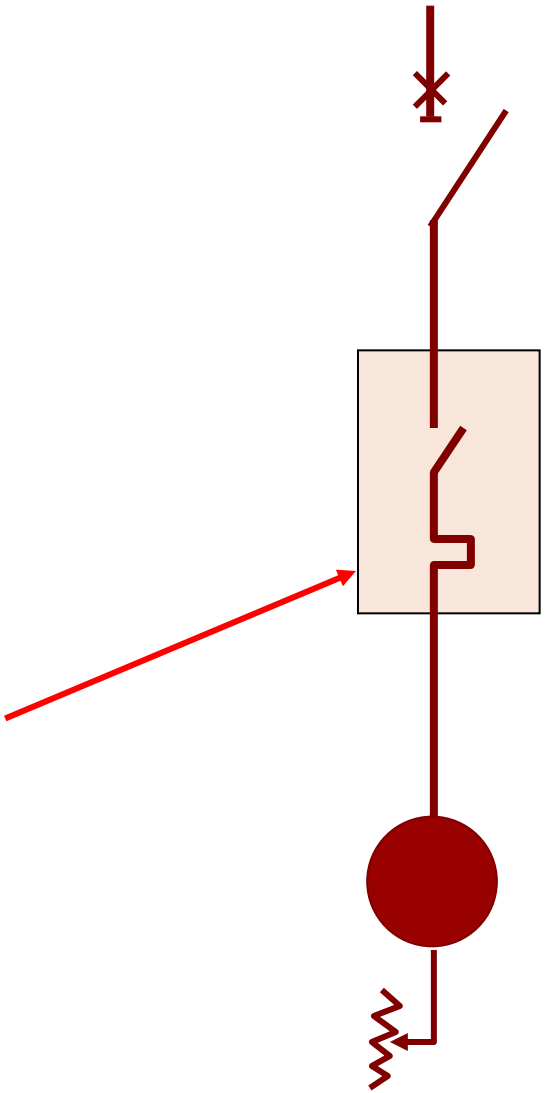

CB = 175+17+63 = 255 A.
เลือกใช้ CB 250 A.
40A
175 A
175 A
17 A.
79 A.
63 A.
10 hp.
50 hp.
40 hp.
รหัสอักษร B
รหัสอักษร E
รหัสอักษร F

สายป้อนที่มีโหลดอื่นด้วย



หัวข้อการบรรยาย

- ตอน ก. ความรู้ทั่วไป
- ตอน ข. สายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์
- ตอน ค. การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
- ตอน ง.& จ. การป้องกันกระแสลัดวงจร
- ตอน ฉ.& ช. วงจรและเครื่องควบคุมมอเตอร์
- ตอน ซ. เครื่องปลดวงจร
- ตอน ฌ. มอเตอร์ระบบแรงสูง
- ตอน ญ.& ฎ. การป้องกันส่วนที่มีไฟฟ้าและต่อลงดิน



วงจรควบคุมมอเตอร์

วงจรควบคุมที่ต่อแยกจากด้านโหลดของ CB วงจรย่อย ต้องมีการป้องกันกระแสเกิน

ยกเว้น วงจรควบคุมประกอบรวมในกล่องเดียวกับเครื่องควบคุม

เมื่อเครื่องปลดวงจรมอเตอร์อยู่ในตำแหน่งปลด วงจรต้องถูกปลดออกด้วย

เครื่องควบคุมมอเตอร์

คืออะไร?

คืออุปกรณ์ที่สั่งให้มอเตอร์ทำงาน รวมถึงเครื่องป้องกันโหลดเกินด้วย

ชนิด

Magnetic Contactor

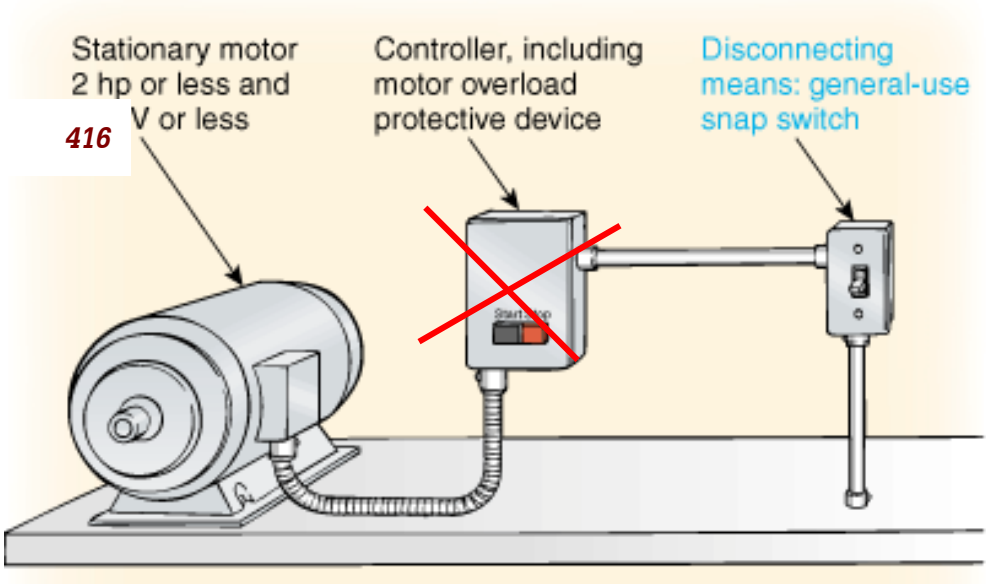
สวิตช์ทำงานด้วยมือ และ

Solid State

หน้าที่

ต้องเริ่มเดิน-หยุดมอเตอร์ได้ และต้องตัดกระแสเมื่อมอเตอร์หมุนไม่ไหวได้ด้วย

การกำหนดพิกัด

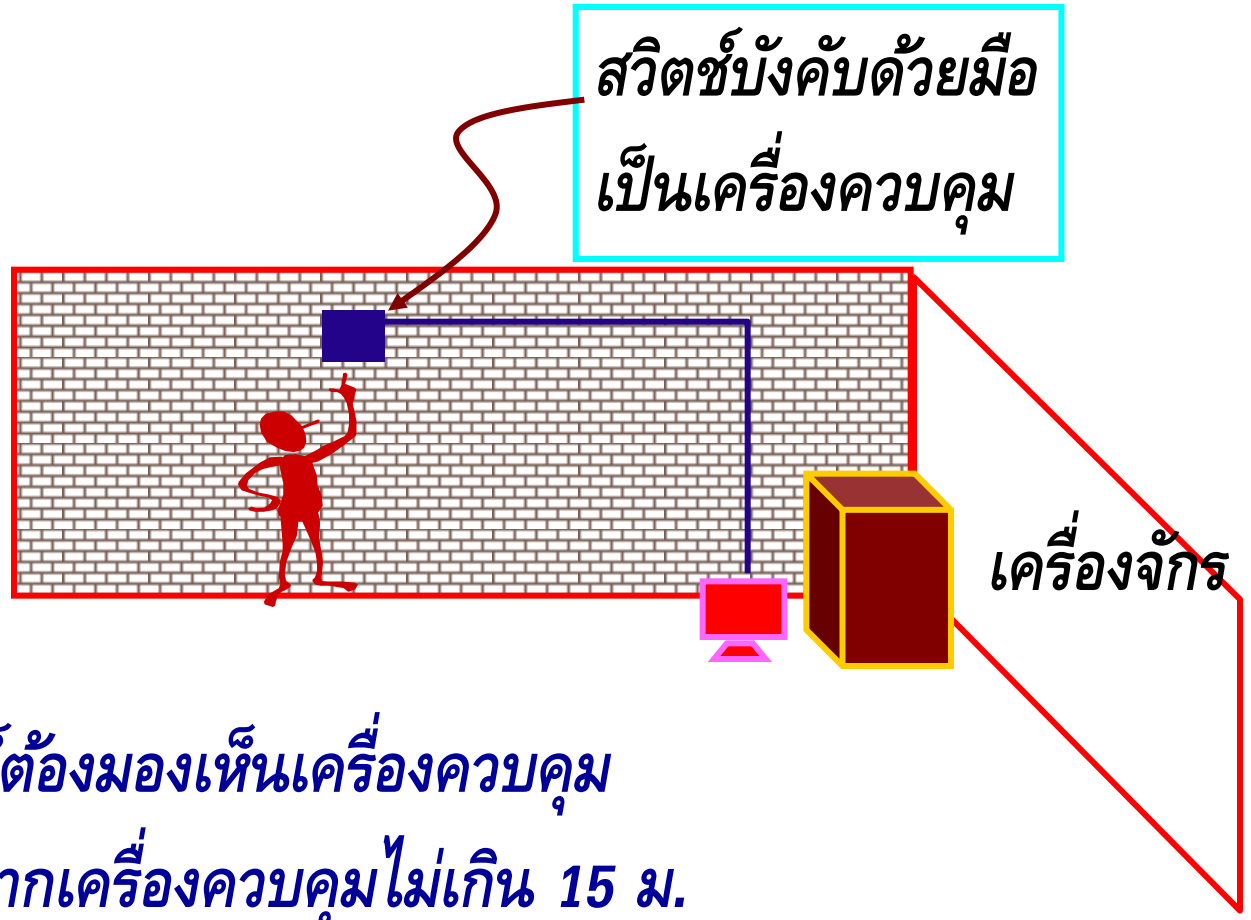


- มาตรฐานกำหนดให้มีพิกัด (hp or kW) ไม่ต่ำกว่าขนาดมอเตอร์
- ยกเว้น มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 2 hp แรงดันไม่เกิน 416 โวลต์ ให้ใช้สวิตช์ใช้งานทั่วไปพิกัดไม่น้อยกว่า 2 เท่าของกระแสมอเตอร์ เป็นเครื่องควบคุมได้

ตาราง ชั้นการใช้งาน (Utilization Categories) ตามาตรฐาน 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

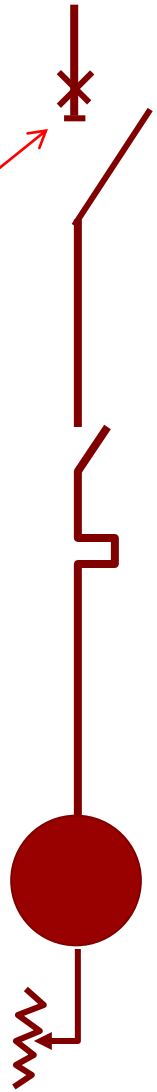
ตำแหน่งติดตั้ง



ที่มอเตอร์ต้องมองเห็นเครื่องควบคุม
และห่างจากเครื่องควบคุมไม่เกิน 15 ม.

หัวข้อการบรรยาย

- ตอน ก. ความรู้ทั่วไป
- ตอน ข. สายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์
- ตอน ค. การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
- ตอน ง.& จ. การป้องกันกระแสลัดวงจร
- ตอน ฉ.& ช. วงจรและเครื่องควบคุมมอเตอร์
- ตอน ซ. เครื่องปลดวงจร
- ตอน ฌ. มอเตอร์ระบบแรงสูง
- ตอน ญ.& ฎ. การป้องกันส่วนที่มีไฟฟ้าและต่อลงดิน



เครื่องปลดวงจร

ต้องปลดมอเตอร์และเครื่องควบคุมได้อย่างปลอดภัย และ

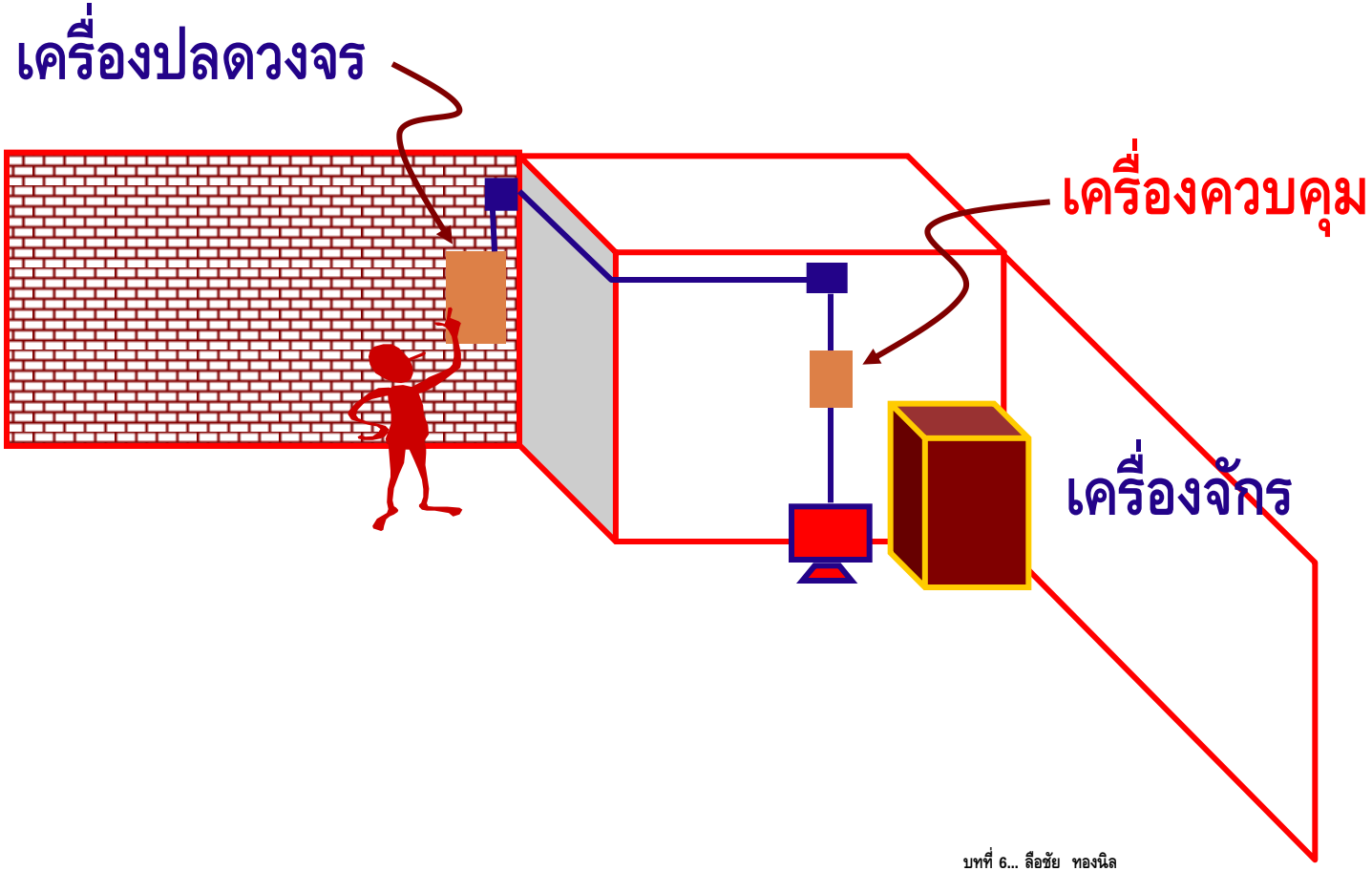
ปลดทุกสายได้พร้อมกัน และ

มีเครื่องหมายแสดงตำแหน่งปลด-สับ

ยอมให้ปลดสายนิวทรัลได้ ถ้าปลดพร้อมสายเฟส

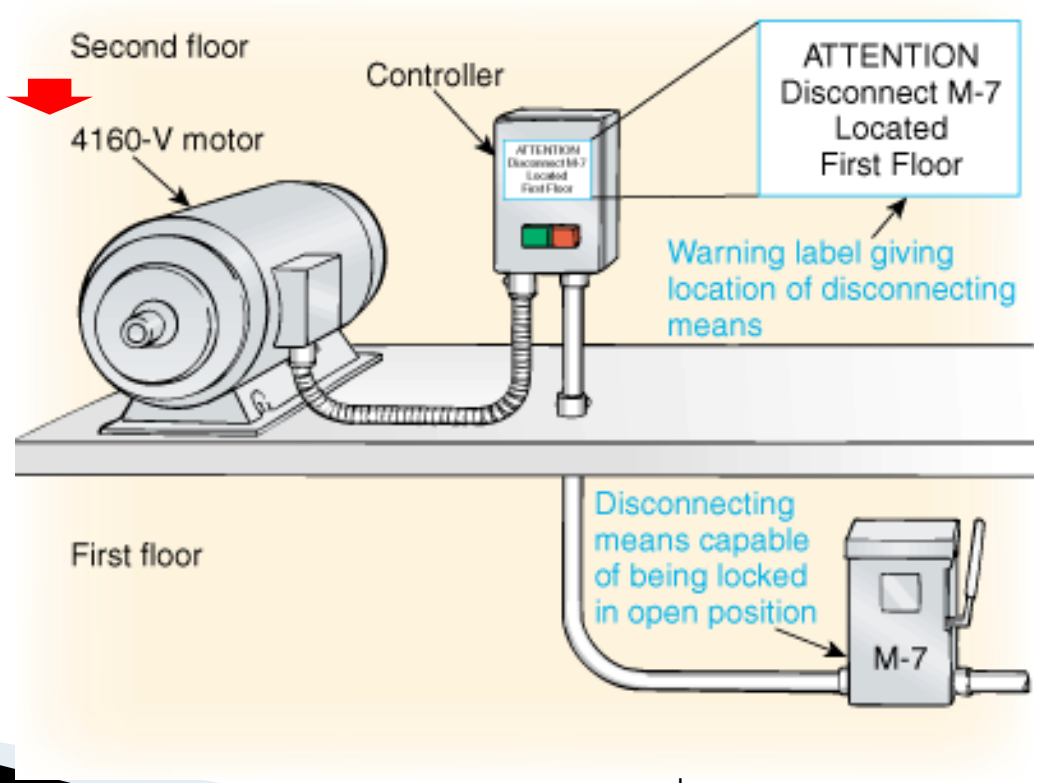
ตำแหน่งติดตั้ง

1 เครื่องปลดวงจรมองเห็นได้จากเครื่องควบคุม และห่างกันไม่เกิน 15 เมตร มีข้อยกเว้น..



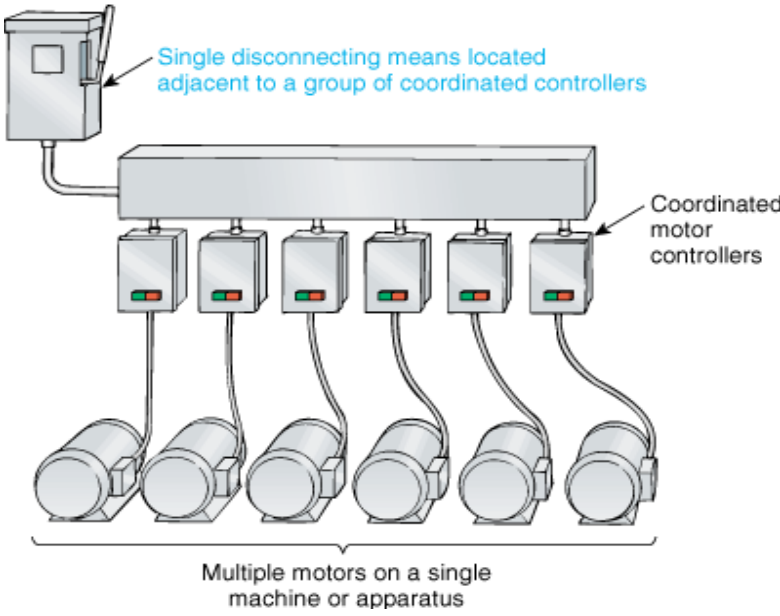
ยกเว้น

- ❶ มอเตอร์แรงสูง ไม่ต้องมองเห็นก็ได้ถ้า ที่เครื่องควบคุมมีป้ายเตือน และเครื่องปลดวงจรใส่กุญแจได้ในตำแหน่งปลด

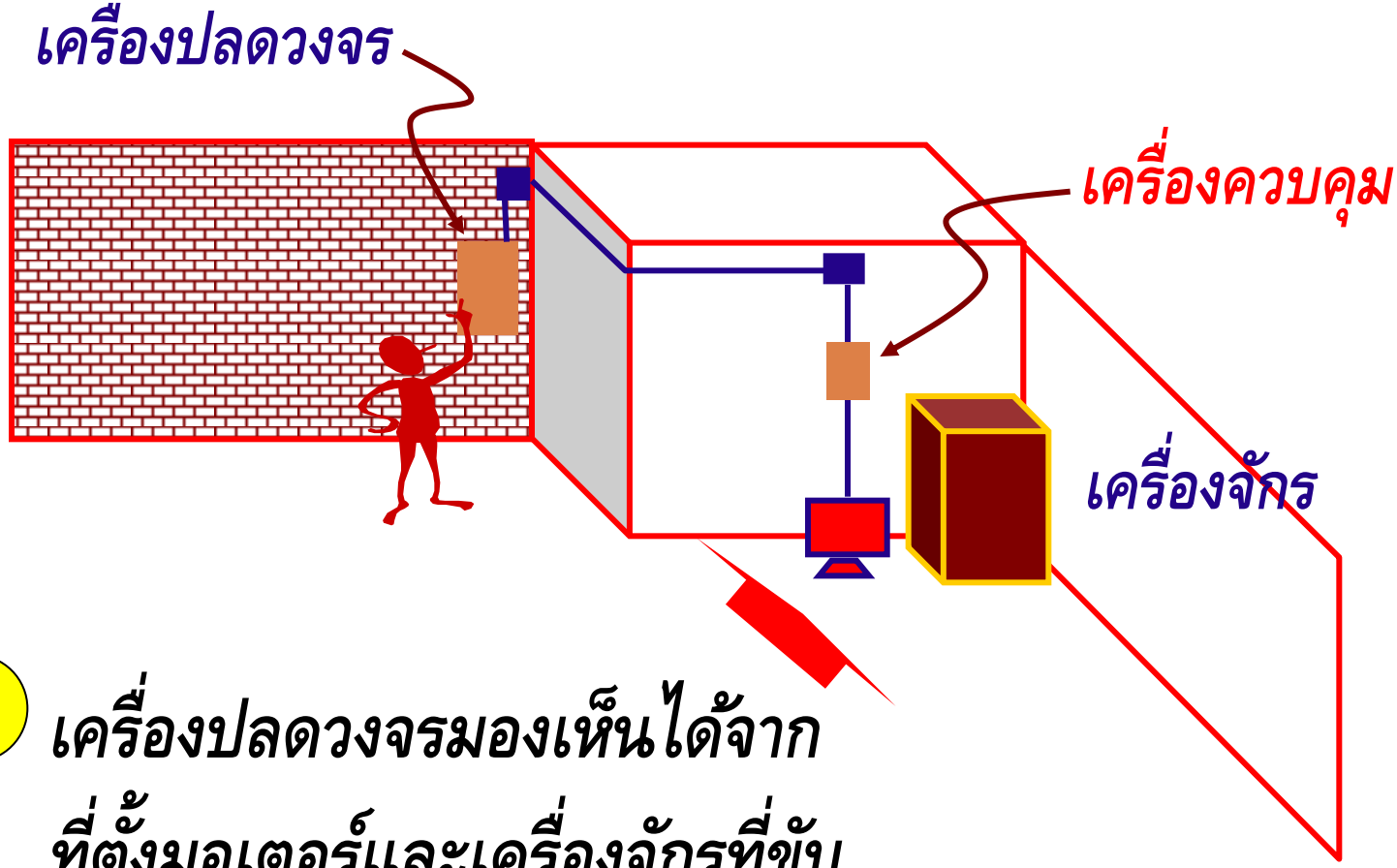


ยกเว้น

- ❷ อนุญาตให้ใช้เครื่องปลดวงจรเครื่องเดียวกัน สำหรับ
  - กลุ่มของชุดควบคุมที่ขับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรเดียวกัน และ
  - ทั้งเครื่องปลดวงจรและเครื่องควบคุมต้องมองเห็นจากจุดติดตั้งเครื่องควบคุมและห่างกันไม่เกิน 15 ม.



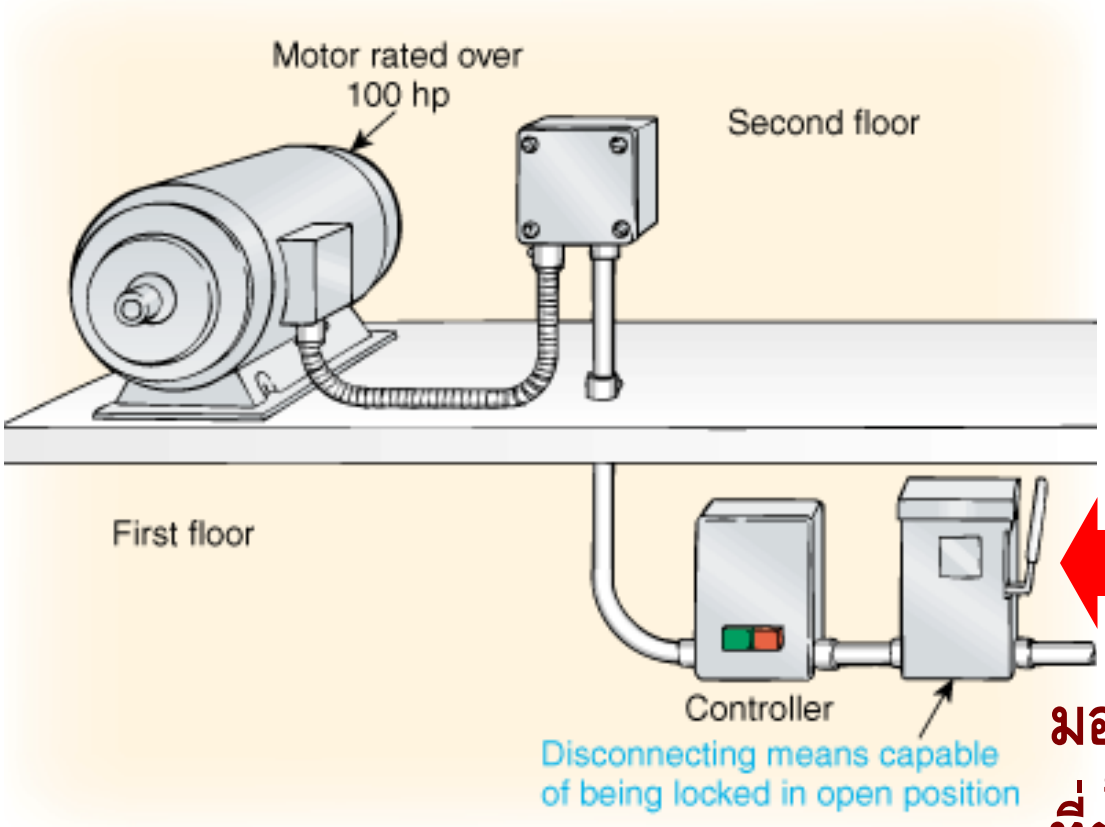
ตำแหน่งติดตั้ง



2 เครื่องปลดวงจรมองเห็นได้จากที่ตั้งมอเตอร์และเครื่องจักรที่ขับ

ยกเว้น...

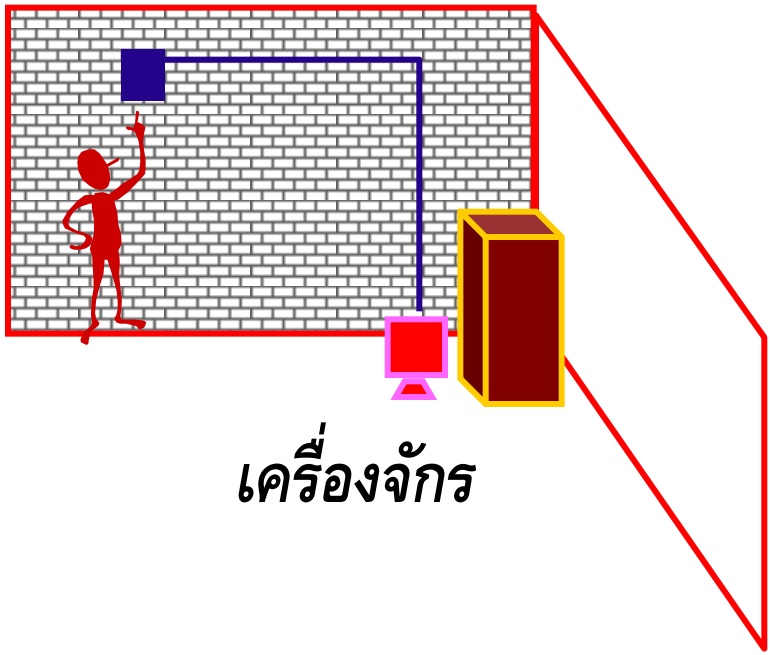
ยกเว้น มองไม่เห็นจากที่ตั้งมอเตอร์ได้ ถ้าเครื่องปลดวงจร มองเห็นได้จากที่ตั้งเครื่องควบคุมมอเตอร์และห่างไม่เกิน 15 ม. และเครื่องปลดวงจรล็อกกุญแจได้ในตำแหน่งปลด



มองไม่เห็นจากที่ตั้งมอเตอร์

ในสถานที่มีมอเตอร์เครื่องเดียว

- ใช้บริภัณฑ์ประธานเป็นเครื่องปลดวงจรได้ ถ้า
  - พิกัดสอดคล้องตามตารางที่ 6-3
  - มองเห็นได้จากเครื่องควบคุม และ
  - ห่างกันไม่เกิน 15 เมตร



เครื่องจักร

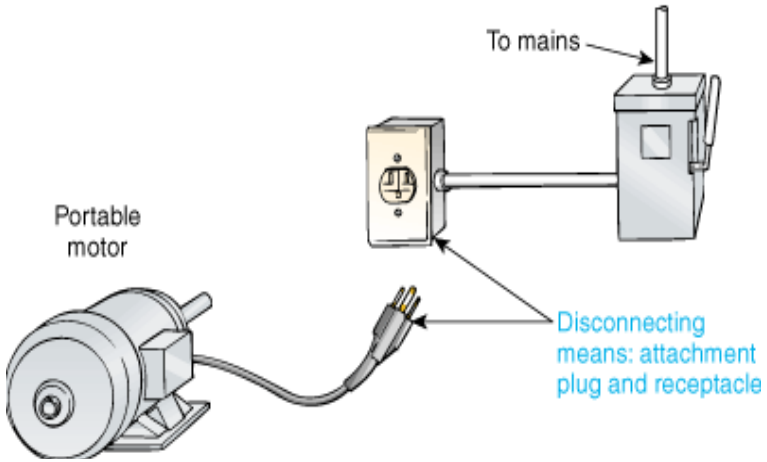
พิกัดและชนิดเครื่องปลดวงจร

- **พิกัดกระแส**ไม่ต่ำกว่า 1.15 เท่า ของกระแสมอเตอร์
- **ชนิด** เป็นสวิตช์สำหรับโหลด Inductive หรือ CB
- อุปกรณ์อื่นๆ ดังนี้
  - เครื่องป้องกันกระแสเกินวงจรย่อย (สำหรับมอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1/8 hp.)
  - สวิตช์ใช้งานทั่วไปพิกัดไม่ต่ำกว่า 2 เท่าของกระแสมอเตอร์ (มอเตอร์แรงต่ำ ไม่เกิน 2 hp.)

ต่อ

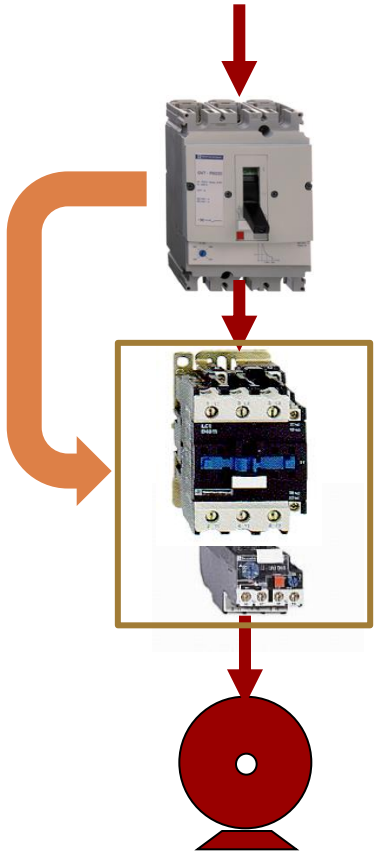
ชนิดเครื่องปลดวงจร....ต่อ

- ใช้สวิตช์ใช้งานทั่วไป โดยมีป้ายเตือน “ห้ามสับ-ปลดขณะมีโหลด” สำหรับ DC Motor ขนาดเกิน 40 hp. หรือ AC Motor ขนาดเกิน 100 hp.
- มอเตอร์ที่ใช้เต้าเสียบ เต้าเสียบเป็นเครื่องปลดวงจรได้
- ใช้สวิตช์ใช้งานทั่วไปได้ สำหรับทอร์กมอเตอร์



เครื่องปลดวงจรใช้ตัวเดียวกับเครื่องควบคุม

- ใช้ สวิตช์ หรือ CB ที่สอดคล้องกับขนาดมอเตอร์ เป็นทั้งเครื่องควบคุมและปลดวงจรได้ ถ้า
  - สามารถปลดตัวนำทุกสายเส้นไฟได้ และ
  - มีเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ปลดทุกสายเส้นไฟได้



เครื่องปลดวงจรประจำแต่ละตัว

- มอเตอร์แต่ละตัว ต้องมีเครื่องปลดวงจรประจำตัว ยกเว้น...
  - มอเตอร์เหล่านั้นใช้งานเครื่องจักรตัวเดียวกัน หรือ
  - มอเตอร์เหล่านั้นใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินตัวเดียวกัน (ตามที่อนุญาตในมาตรฐาน) หรือ
  - มอเตอร์เหล่านั้นอยู่ในห้องเดียวกัน สามารถมองเห็นได้ทั้งหมดจากจุดที่ตั้งเครื่องควบคุมและห่างไม่เกิน 15 ม.

หัวข้อการบรรยาย

- ตอน ก. ความรู้ทั่วไป
- ตอน ข. สายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์
- ตอน ค. การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
- ตอน ง.& จ. การป้องกันกระแสลัดวงจร
- ตอน ฉ.& ช. วงจรและเครื่องควบคุมมอเตอร์
- ตอน ซ. เครื่องปลดวงจร
- ตอน ฌ. มอเตอร์ระบบแรงสูง
- ตอน ญ.& ฎ. การป้องกันส่วนที่มีไฟฟ้าและต่อลงดิน

มอเตอร์แรงสูง

- เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมจากมอเตอร์แรงต่ำ
- เครื่องควบคุม ต้องระบุแรงดันไฟฟ้าสำหรับวงจรควบคุม
- ท่อโลหะอ่อนหรือท่อโลหะอ่อนกันของเหลวที่ใช้เดินเข้ามอเตอร์ ห้ามยาวเกิน 1.8 ม.

มอเตอร์แรงสูง

- สายวงจรและเครื่องควบคุมมอเตอร์แต่ละเครื่อง ต้องมี
  - การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
  - การป้องกันกระแสลัดวงจร
- ยกเว้น มอเตอรที่มีความสำคัญมาก ให้ใช้เครื่องตรวจจับเพื่อส่งสัญญาณเตือน แทนได้

การป้องกันกระแสเกิน

- ต้องมีการป้องกัน O/L ด้วยเครื่องตรวจจับอุณหภูมิหรือกระแส หรือทั้งสองอย่าง
- ด้าน Sec. ของ Wound Rotor Motor ถือว่ามีการป้องกันด้วยอุปกรณ์ทางด้าน Pri. แล้ว
- O/L Relay ต้องปลดสายทุกเส้นได้พร้อมกัน
- O/L Relay ต้องไม่ Reset โดยอัตโนมัติ นอกจากจะไม่ทำให้มอเตอร์เริ่มเดินได้เอง หรือไม่เป็นอันตราย

การป้องกัน O/L

การป้องกันกระแสลัดวงจร

- ต้องมีการป้องกันกระแสลัดวงจรด้วย ฟิวส์ หรือ CB ขนาดที่เหมาะสม
- เครื่องป้องกันฯ ต้องไม่สามารถต่อวงจรได้เองโดยอัตโนมัติ ยกเว้น การลัดวงจรชั่วขณะ และการต่อวงจรไม่เกิดอันตรายต่อบุคคล
- เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร กับ O/L ใช้เป็นตัวเดียวกันได้

เครื่องควบคุมและปลดวงจร

- เครื่องควบคุมและปลดวงจรย่อยมอเตอร์ ต้องมีพิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า O/L Relay ที่ตั้งไว้
- เครื่องปลดวงจรต้องใส่กุญแจได้ในตำแหน่งปลด

ตอน ญ.การป้องกันส่วนที่มีไฟฟ้า

(ใช้กับมอเตอร์แรงสูงและแรงต่ำ)

ที่ซึ่งต้องมีการป้องกัน

- ส่วนที่มีไฟฟ้าของชุดมอเตอร์แรงดันเกิน 50 V. ขึ้นไปและมีโอกาสสัมผัสได้ ต้องมีการป้องกันด้วยเครื่องห่อหุ้ม หรือ
  - ติดตั้งในห้อง หรือที่ล้อม
  - ติดตั้งบนยกพื้น หรือบนโครงสร้างที่สูง
  - อยู่สูงจากพื้นเกิน 2.4 ม. ขึ้นไป

การป้องกันผู้ที่เกี่ยวข้อง

- สำหรับส่วนที่มีไฟฟ้าที่มีการป้องกันแล้ว และระหว่างการปฏิบัติงานต้องเข้าไปปรับหรือปฏิบัติงานใกล้ต้องปูด้วยฉนวน หรือยกพื้นเป็นฉนวนที่เหมาะสม นอกจากผู้ที่เข้าสัมผัสจะยืนบนฉนวนไฟฟ้า

การต่อลงดิน (แรงต่ำและแรงสูง)

- โครงโลหะของมอเตอร์และเครื่องควบคุมต้องต่อลงดิน หรือไม่ต้องต่อลงดินได้ถ้า หุ้มฉนวน หรือติดตั้งในที่ห่างจากการสัมผัส หรือกั้นอย่างเหมาะสม
- มอเตอร์แรงดันไม่เกิน 50 V. ไม่ต้องต่อลงดินถ้ารับไฟจากหม้อแปลงแบบแยกขดลวด
- มอเตอร์แรงดันเกิน 50 V. ต้องต่อลงดิน ยกเว้น เป็นชนิดฉนวนสองชั้น

บทที่ 6 บริภัณฑ์ไฟฟ้า

ดวงโคม เต้ารับ เต้าเสียบ

มอเตอร์ไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า

คาปาซิเตอร์

การป้องกันกระแสเกิน
ข้อกำหนดการติดตั้งหม้อแปลง
ห้องหม้อแปลง
ลานหม้อแปลง
หม้อแปลง

หม้อแปลงไฟฟ้า

ชนิด

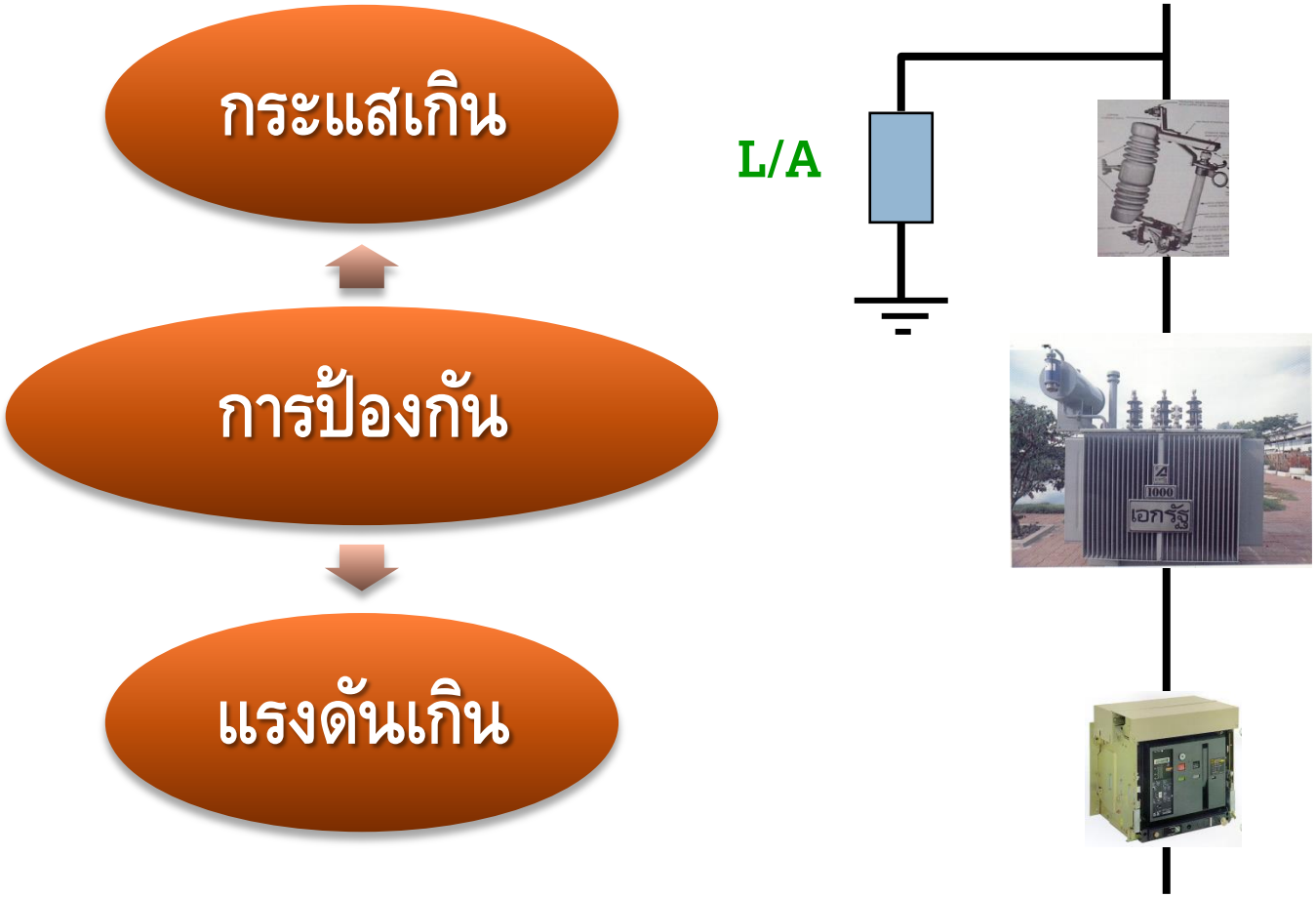
- แห้ง
- ฉนวนของเหลวติดไฟได้
- ฉนวนของเหลวติดไฟยาก
- ฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ

ที่ตั้ง

- หม้อแปลงและห้อง ต้องอยู่ในที่เข้าถึงได้สะดวกเพื่อการตรวจสอบและการบำรุงรักษา
- มีการระบายอากาศอย่างเพียงพอกับการใช้งาน

การติดตั้ง

การป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้า



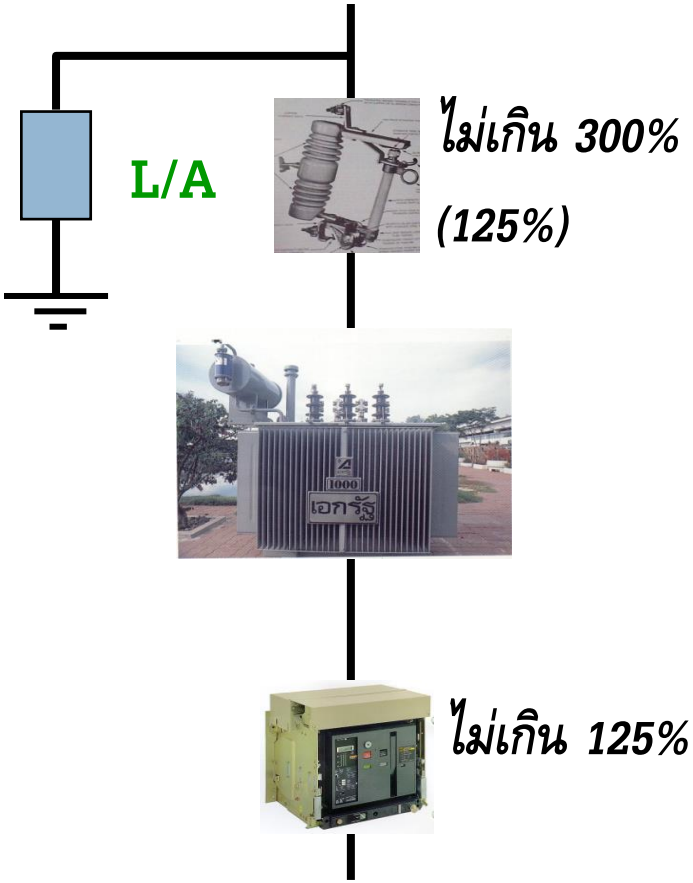
การป้องกันกระแสเกิน

- ถ้าด้านไฟเข้าเป็น Non Load Break SW. ต้องมีป้ายเตือนให้ปลดแรงต่ำก่อน
- ต้องมีการป้องกันกระแสเกินทั้งด้านไฟเข้าและไฟออก ตามตารางที่ 6-5
- ถ้าไม่ตรงขนาดมาตรฐานของผู้ผลิต ให้ใช้ขนาดสูงถัดขึ้นไปได้
- PT. ที่ติดตั้งในอาคาร ต้องมีการป้องกันกระแสเกินด้านไฟเข้า ยกเว้น สำหรับเครื่องวัดฯ ของการไฟฟ้าฯ

ตารางที่ 6-5 ขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลงระบบแรงสูง

ขนาดอิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง	ด้านไฟเข้า		ด้านไฟออก		
	แรงดันมากกว่า 1,000 โวลต์		แรงดันมากกว่า 1,000 โวลต์		แรงดันไม่เกิน 1,000 โวลต์
	เซอร์กิตเบรกเกอร์	ฟิวส์	เซอร์กิตเบรกเกอร์	ฟิวส์	เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือฟิวส์
ไม่เกิน 6%	600%	300%	300%	250%	125%
มากกว่า 6% แต่ไม่เกิน 10%	400%	300%	250%	225%	125%

หม้อแปลงไฟฟ้า



- หม้อแปลงต้องมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเหมือนกัน
- แต่ละลูกต้องมีการป้องกันกระแสเกินทั้งแรงสูงและแรงต่ำ
- ทุกลูกต้องมีสวิตช์ที่สามารถสับ-ปลดได้พร้อมกัน

การป้องกันกระแสเกิน

การต่อขนานหม้อแปลง

การต่อลงดินตัวหม้อแปลง

- ตัวถังหม้อแปลง เครื่องห่อหุ้ม รั้ว ต้องต่อลงดิน ตามบทที่ 4 ขนาดสายดินเป็นทองแดงไม่เล็กกว่า 35 ตร.มม.
- หมายเหตุ การต่อลงดินดังกล่าวนี้ต้องแยกจากการต่อลงดินของระบบแรงต่ำ

ต้องมีการกั้น ดังนี้

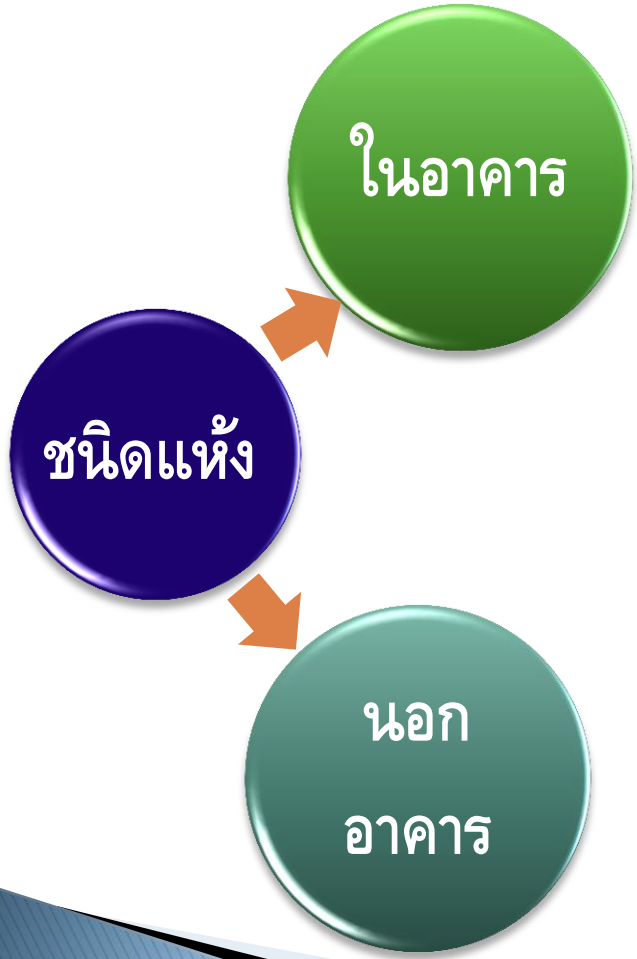
- มีวิธีการกั้นที่เหมาะสม เมื่อติดตั้งในที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายทางกายภาพได้
- หม้อแปลงแบบแห้ง ต้องมีเครื่องห่อหุ้มที่ไม่ติดไฟ
- ส่วนที่มีไฟฟ้าเปิดโล่ง ต้องกั้นตามบทที่ 1
- ส่วนที่มีไฟฟ้าเปิดโล่ง ต้องมีป้ายเตือน

การป้องกันกระแสเกิน
ข้อกำหนดการติดตั้งหม้อแปลง
ห้องหม้อแปลง
ลานหม้อแปลง
หม้อแปลง

การติดตั้งหม้อแปลง

- ติดตั้งภายนอกอาคาร
  - บนนั่งร้านหม้อแปลง
  - บนลานหม้อแปลง
  - ในเครื่องห่อหุ้ม (Pad Mounted)
- ติดตั้งภายในอาคาร
  - ในเครื่องห่อหุ้ม
  - ในห้องหม้อแปลง

ข้อกำหนดจำเพาะสำหรับหม้อแปลงชนิดต่างๆ



- ขนาดไม่เกิน 112.5 kVA ติดตั้งห่างจากวัสดุไวไฟไม่น้อยกว่า 0.3 ม. หรือ กั้นด้วยแผ่นกันความร้อน หรือ อยู่ในเครื่องห่อหุ้ม
- ขนาดเกิน 112.5 kVA ต้องติดตั้งในห้องหม้อแปลง ยกเว้น.....

1. มีระบบอุณหภูมิฉนวนไม่ต่ำกว่า 150^{o}C และกั้นด้วยแผ่นกั้นความร้อนหรืออยู่ห่างจากวัสดุติดไฟได้
2. มีระบบอุณหภูมิฉนวนไม่ต่ำกว่า 150^{o}C และอยู่ในเครื่องห่อหุ้มปิดมิดชิด

- ต้องมีเครื่องห่อหุ้มที่ทนสภาพอากาศ และหม้อแปลงที่ขนาดเกิน 112.5 kVA ต้องอยู่ห่างจากวัสดุติดไฟได้ไม่น้อยกว่า 0.3 ม.

ข้อกำหนดจำเพาะสำหรับหม้อแปลงชนิดต่างๆ

ข้อกำหนดจำเพาะสำหรับหม้อแปลงชนิดต่างๆ

- ต้องอยู่ในห้องหม้อแปลง ยกเว้นหม้อแปลงสำหรับเตาหลอมขนาดไม่เกิน 75 kVA แต่ต้องมีรั้วล้อมรอบ

- ต้องมีการปิดกั้นไฟที่เกิดจากของเหลวของหม้อแปลงลามไปติดอาคาร เมื่อ..
  - ○ อยู่ใกล้อาคารหรือวัสดุที่ติดไฟได้
  - ○ อยู่ใกล้ทางหนีไฟ ประตู หรือหน้าต่าง
- ส่วนที่มีไฟแรงสูง ต้องห่างจากอาคารไม่น้อยกว่า 1.80 ม.

การป้องกันกระแสเกิน
ข้อกำหนดการติดตั้งหม้อแปลง
ห้องหม้อแปลง
ลานหม้อแปลง
หม้อแปลง

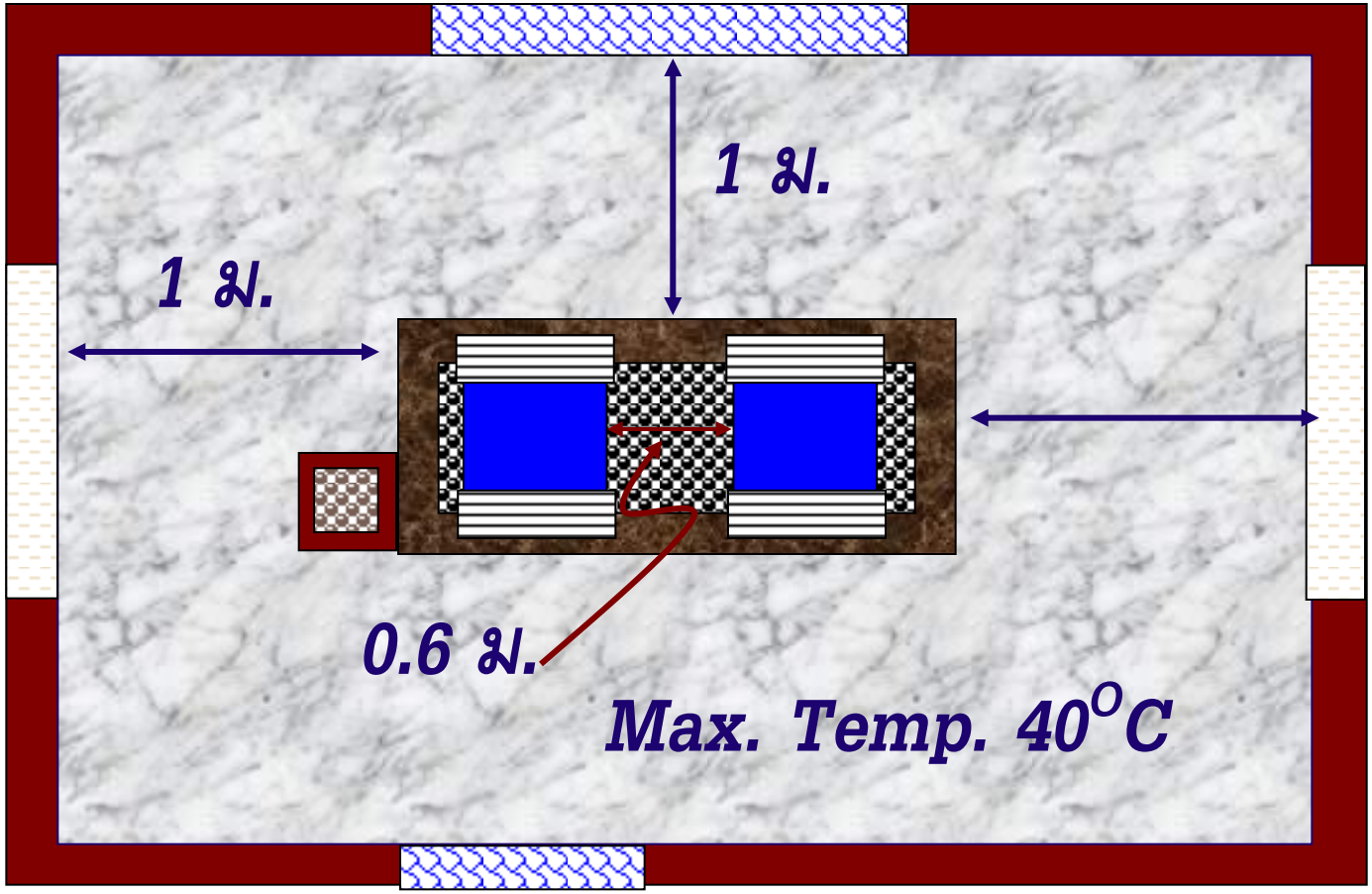
ห้องหม้อแปลง

ห้องหม้อแปลง
ฉนวนของเหลวติดไฟได้ & ยาก
ฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ
ฉนวนแห้ง

ห้องหม้อแปลง ฉนวนของเหลวติดไฟได้ & ติดไฟยาก

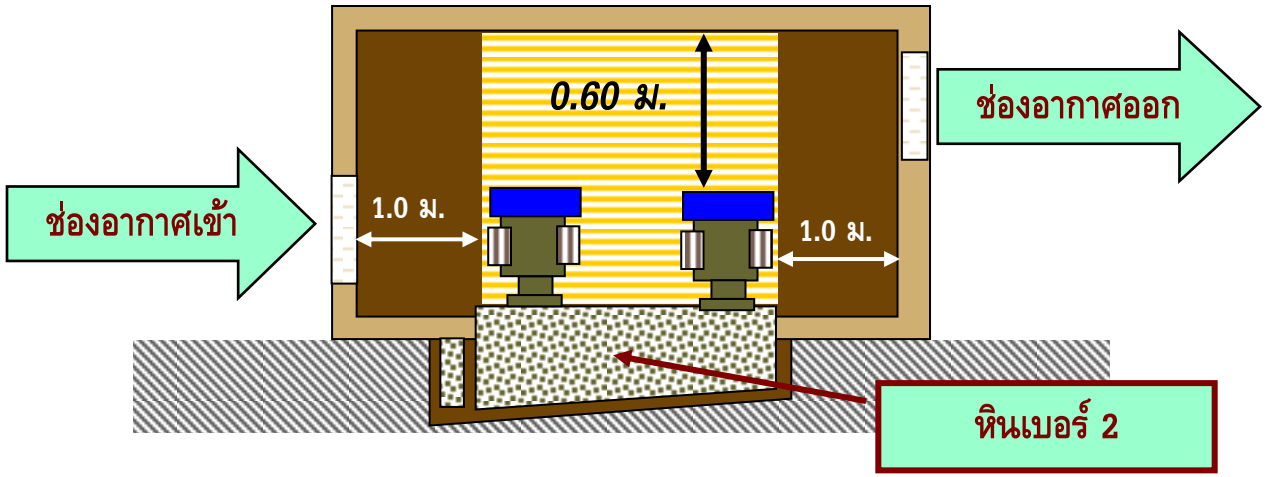
- ห้องหม้อแปลงต้องอยู่ในบริเวณที่ขนย้ายหม้อแปลงทั้งลูกและระบายอากาศ ได้สะดวก หากใช้ท่อลมต้องเป็นชนิดทนไฟ
- ต้องเข้าตรวจสอบและบำรุงรักษาได้สะดวก
- การระบายความร้อน
  - ระบบหมุนเวียนอากาศตามธรรมชาติ
    - ขนาด 1 ตร.ม./1000 kVA
  - ใช้พัดลมดูดอากาศออก
    - ขนาดพัดลม 8.4 ลบ.ม./นาที/Total kW Loss
  - เครื่องปรับอากาศ
    - ขนาด 3,412 btu/h/kW_{loss}

ระยะห่างและการระบายอากาศ

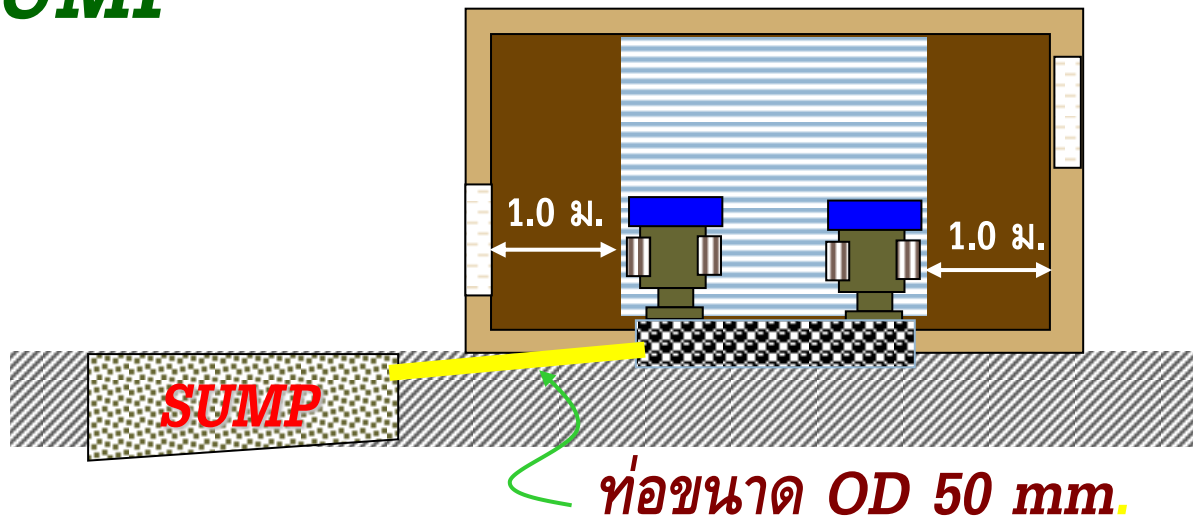


โครงสร้างห้อง

ผนังและหลังคา	• คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 125 มม. (65 มม.) • อิฐ คอนกรีตบล็อก หนา 200 มม. (100 มม.) หรือ • สอดคล้องตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย วสท.
พื้น	• คอนกรีตเสริมเหล็กหนา 125 มม.
SUMP	• ขนาดที่สามารถบรรจุน้ำมันหม้อแปลงลูกที่มากที่สุดได้ไม่น้อยกว่า 3 เท่า และ • บรรจุหินเบอร์ 2 จน เต็ม • ถ้าบ่อพักอยู่นอกห้อง ต้องมีท่อ OD 50 มม. ระบายของเหลวออกภายนอก


0.60 ม.
ช่องอากาศออก
ช่องอากาศเข้า
1.0 ม.
1.0 ม.
หินเบอร์ 2

SUMP


1.0 ม.
1.0 ม.
SUMP
ท่อขนาด OD 50 mm.

ห้องหม้อแปลง

- ประตู เป็นเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 1.6 มม. และ มีประตูฉุกเฉินชนิดที่เปิดออกภายนอก
- มีธรณีประตู สูง 100 มม.
- สวิตช์ ต้องเป็นชนิด Load Break
- ต้องมีการต่อลงดิน (ขนาดสายต่อหลักดินไม่เล็กกว่า 35 ตร.มม.)
- ต้องมีแสงสว่างอย่างเพียงพอ ไม่น้อยกว่า 200 ลักซ์
- มีคู่มือการปฐมพยาบาล ด้วยการผายปอด
- ห้ามมีระบบท่ออื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง อยู่หรือผ่านห้อง
- ในห้องห้าม เก็บวัสดุที่ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้งานทางไฟฟ้า และเก็บวัสดุเชื้อเพลิง

ห้องหม้อแปลง...
ฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ & แบบแห้ง

- เหมือนห้องหม้อแปลงทั่วไป ยกเว้น ไม่ต้องมี SUMP (หม้อแปลงฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ ต้องมีท่อระบายของเหลวออกนอกห้อง)
- ความหนาของผนังห้องลดลงได้...
  - คอนกรีตเสริมเหล็ก 65 มม.
  - อิฐทนไฟ คอนกรีต บล็อก 100 มม.

ลานหม้อแปลง (Transformer Yard)

- ต้องมีที่ล้อมที่ใส่กุญแจได้ และเข้าถึงได้เพื่อการตรวจสอบและบำรุงรักษา
- ส่วนที่มีไฟฟ้าแรงสูงเหนือที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน สูงไม่น้อยกว่า 2.75 ม. หรือมีที่กั้นเพื่อป้องกันการสัมผัส

ลานหม้อแปลง (Transformer Yard)

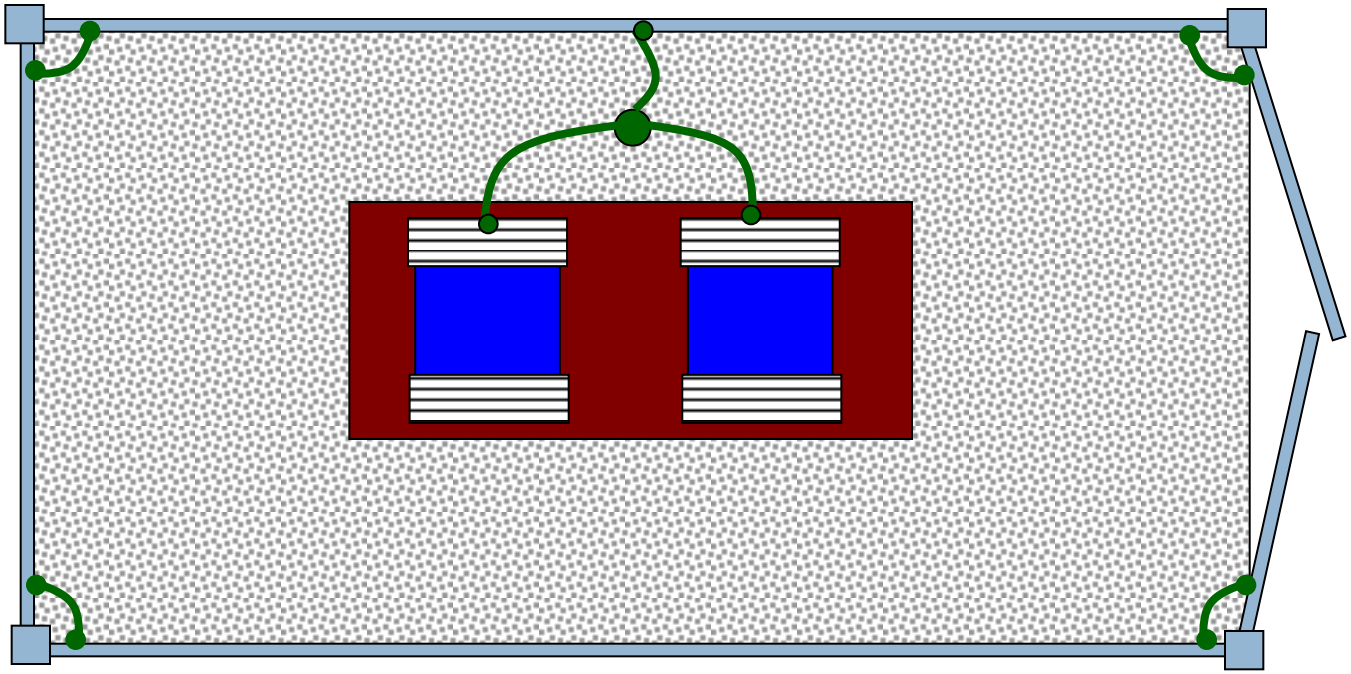
- ระยะห่าง
  - ระหว่างรั้วกับหม้อแปลง 1 ม.
  - ระหว่างหม้อแปลง 0.60 ม.
  - ระหว่างรั้วกับส่วนที่มีไฟฟ้า 1.2 ม.
- ความสูงรั้ว 2.0 ม.
- มีป้ายเตือนข้อความ “อันตรายไฟฟ้าแรงสูง” และ “เฉพาะเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น”
- พื้น ต้องใส่หินเบอร์สองหนาไม่น้อยกว่า 100 มม. ยกเว้นส่วนที่ติดตั้งบริภัณฑ์

ลานหม้อแปลง บนดาดฟ้าของอาคาร

เหมือนลานหม้อแปลงบนดิน เพิ่มเติมดังนี้

- พื้นดาดฟ้าและอาคารต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ
- มีระบบป้องกันฟ้าผ่า ตามมาตรฐาน วสท.
- หม้อแปลงฉนวนของเหลวติดไฟได้ต้องมีบ่อพักขนาดบรรจุของเหลวได้ไม่น้อยกว่า 3 เท่า และใส่หินเบอร์ 2 จนเต็ม บ่อพักต้องมีวิธีป้องกันน้ำขังและป้องกันฉนวนของเหลวจากหม้อแปลงไหลลงพื้นที่สาธารณะ

การต่อลงดินของรั้วและตัวถังหม้อแปลง



บทที่ 6 บริภัณฑ์ไฟฟ้า

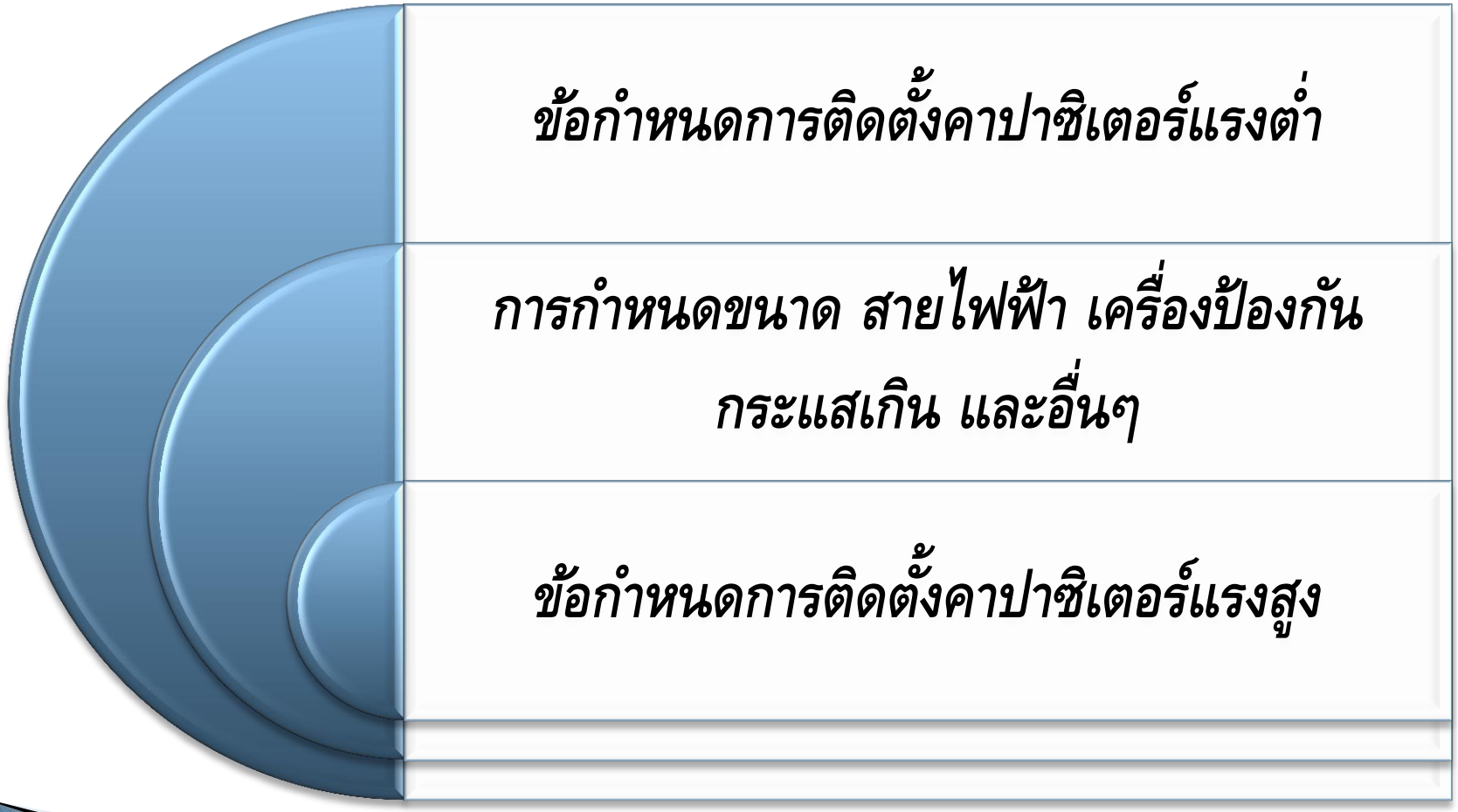
ดวงโคม เต้ารับ เต้าเสียบ

มอเตอร์ไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า

คาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์


ข้อกำหนดการติดตั้งคาปาซิเตอร์แรงต่ำ
การกำหนดขนาด สายไฟฟ้า เครื่องป้องกัน กระแสเกิน และอื่นๆ
ข้อกำหนดการติดตั้งคาปาซิเตอร์แรงสูง

ขนาดของคาปาซิเตอร์

- วงจร 1 เฟส
  - $kvar = 2\pi fCV^2 x10^{-9}$
- วงจร 3 เฟส
  - $kvar = 6\pi fCV^2 x10^{-9}$

C หน่วยเป็น μF

kvar เมื่อแรงดันเปลี่ยนไป

$$kvar_2 = kvar_1 \times (V_2/V_1)^2$$

ข้อกำหนดการติดตั้ง

- คาปาซิเตอร์ที่บรรจุของเหลวติดไฟได้ ปริมาณรวมกันมากกว่า 11 ลิตร ต้องติดตั้งในห้อง นอกอาคารที่มีรั้ว หรือติดบนเสา
- คาปาซิเตอร์ต้องมีเครื่องห่อหุ้ม หรือติดตั้งโดยการมีรั้วหรือวิธีการอื่น เพื่อป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าโดยบังเอิญ ยกเว้น คาปาซิเตอร์นั้นเข้าถึงได้เฉพาะบุคคลที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเท่านั้น

การคายประจุ

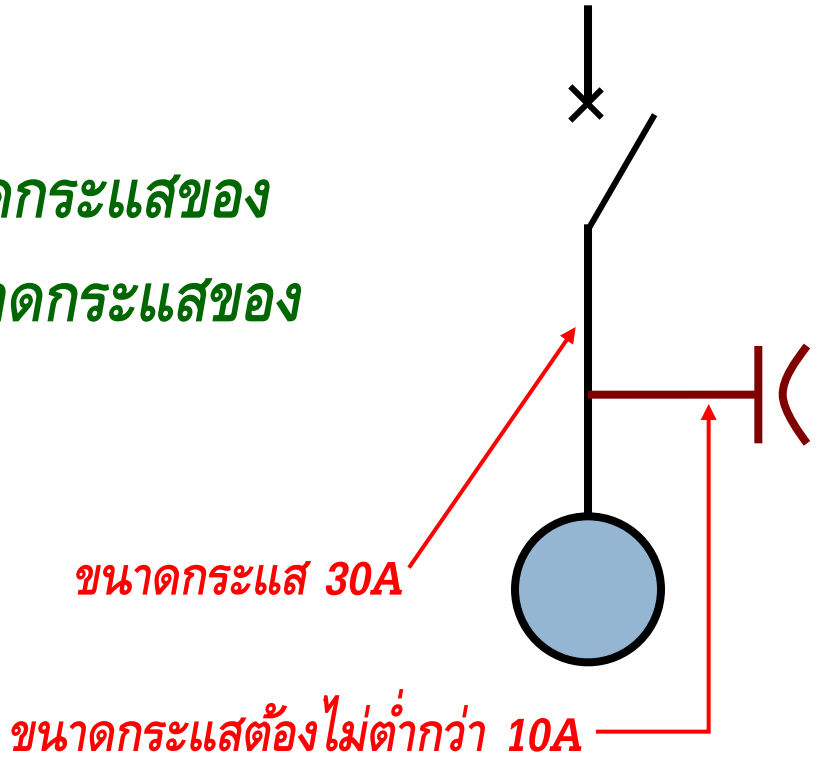
- ต้องคายประจุให้แรงดันลดลงเหลือไม่เกิน 75 โวลต์ ภายใน 3 นาที
- การคายประจุเป็นแบบใดแบบหนึ่ง
  - มีวงจรต่อคร่อมอย่างถาวร หรือ
  - ใช้อุปกรณ์ต่อวงจรอัตโนมัติ
- ห้าม คายประจุด้วยอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยมือ

ขนาดสายไฟฟ้าและเครื่องปลดวงจร

- ขนาดกระแสของสายไม่ต่ำกว่า

  $1.35 \times I_C$

- เมื่อต่อใช้งานกับมอเตอร์ ขนาดกระแสของสายต้องไม่ต่ำกว่า 1/3 ของขนาดกระแสของสายมอเตอร์



การป้องกันกระแสเกิน

- คาปาซิเตอร์ทุกชุด ต้องมีการป้องกันกระแสเกินทุกสายเส้นไฟ ยกเว้น ต่อด้านหลัง O/L ของมอเตอร์
- พิกัดปรับตั้งให้ต่ำที่สุด ขนาดที่แนะนำ (ไม่ใช่มาตรฐาน)
  - HRC Fuse, $I = 1.65 \times I_C$
  - เซอร์กิตเบรกเกอร์, $I = 1.5 \times I_C$

เครื่องปลดวงจร

- คาปาซิเตอร์แต่ละชุดต้องมีเครื่องปลดวงจรทุกสายเส้นไฟ ยกเว้น ต่อด้านหลัง O/L ของมอเตอร์
- ในสภาพใช้งานปกติ ต้องปลดวงจรได้โดยไม่เสียหาย และปลดวงจรทุกเส้นได้พร้อมกัน
- พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.35xIc

หน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า

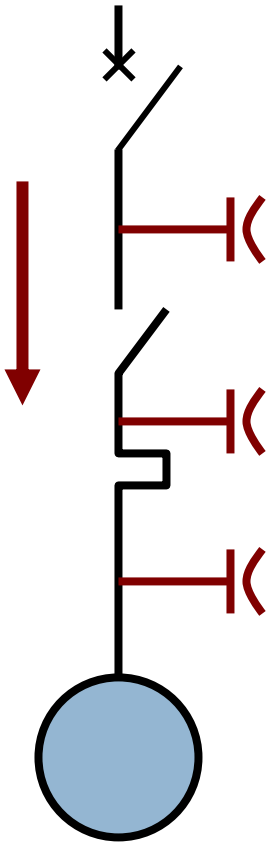
- การกำหนดขนาด ต้องดู Utilization Categories ด้วย
- คาปาซิเตอร์ ควรใช้ AC-6b

การต่อลงดิน

- เปลือกโลหะของคาปาซิเตอร์ ต้องต่อลงดิน ยกเว้น คาปาซิเตอร์ที่ติดตั้งบนโครงสร้างชนิดที่เปลือกของคาปาซิเตอร์มีแรงดันไม่เท่ากับดิน

การติดตั้งในวงจรมอเตอร์

การกำหนดขนาดตัวนำและ O/L Relay ให้คิดถึงกระแสที่เปลี่ยนเนื่องจากคาปาซิเตอร์ด้วย



$$OLR_{ใหม่} = OLR_{เดิม} \times PF1/PF2$$

คาปาซิเตอร์แรงสูง

- คายประจุให้เหลือไม่เกิน 75 โวลต์ ภายใน 10 นาที
- มีวงจรคายประจุที่ต่อถาวร หรืออัตโนมัติก็ได้
- คายประจุโดยผ่านอุปกรณ์ก็ได้ เช่น มอเตอร์ หม้อแปลง

การคายประจุ

- คาปาซิเตอร์แต่ละตัว (หรือกลุ่ม) ต้องมีการตรวจจับและตัดกระแสลัดวงจรที่ทำให้แรงดันภายในตัวถังเกิน
- เครื่องป้องกันกระแสเกิน เป็นชนิด 1 เฟส ได้
- พิกัดต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้

การป้องกันกระแสเกิน

คาปาซิเตอร์แรงสูง

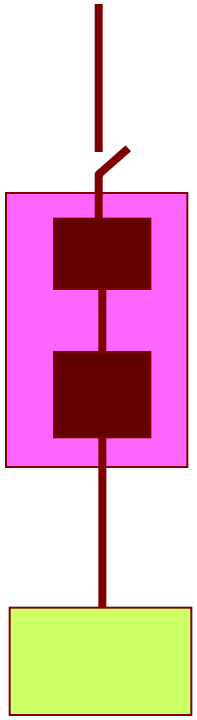
- ใช้สวิตช์ที่ทำงานได้พร้อมกันทุกเฟส
- พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.35xIc
- เป็นชนิดตัดกระแสโหลดได้
- สามารถทน Inrush Current และกระแสลัดวงจรได้

การสับและปลดวงจร

- ต้องมีสวิตช์แยกวงจร
- ถ้าสวิตช์ไม่สามารถตัดกระแสโหลดได้ ต้องมี Interlock กับเครื่องปลดวงจร หรือมีเครื่องหมายเตือน

การแยกวงจร

วงจรคาปาซิเตอร์แรงสูง



สวิตช์แยกวงจร

เครื่องปลดวงจร

เครื่องป้องกันกระแสเกิน

คาปาซิเตอร์

การต่อลงดิน และเครื่องหมายแสดงพิกัด

- เปลือกโลหะของคาปาซิเตอร์ต้องต่อลงดินตามที่กำหนดในบทที่ 4 ยกเว้น คาปาซิเตอร์ที่ติดตั้งบนโครงสร้างชนิดที่เปลือกคาปาซิเตอร์มีแรงดันไม่เท่ากับดิน ไม่ต้องต่อลงดิน
- ขนาดสายดินไม่เล็กกว่า 35 ตร.มม.

THE END

ด้วยความปรารถนาดี

ลือชัย ทองนิล