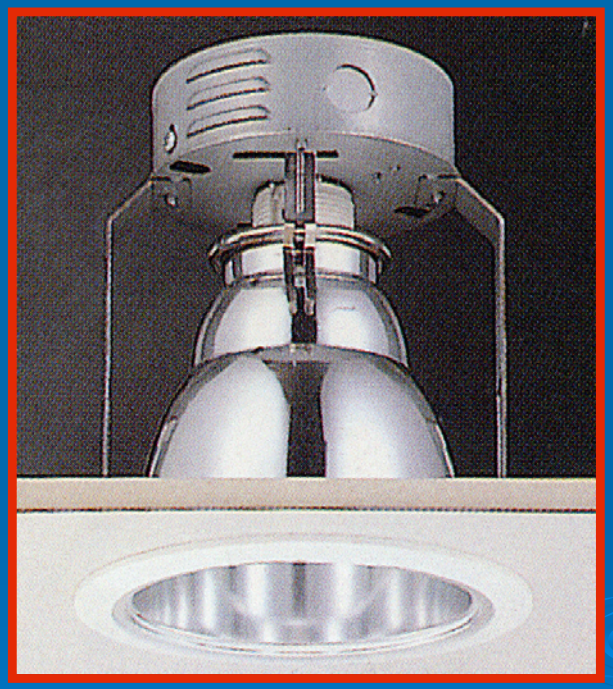
บทที่ 6
บริภัณฑ์ไฟฟ้า

สมฤทธิ์ กฤษณะพันธ์
แผนกออกแบบวิศวกรรมไฟฟ้าระบบหลัก
กองวิศวกรรมไฟฟ้า
ฝ่ายวิศวกรรมไฟฟ้าและระบบควบคุม
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
Tel. 0-24361877,79
Email : Somrit.k@egat.co.th

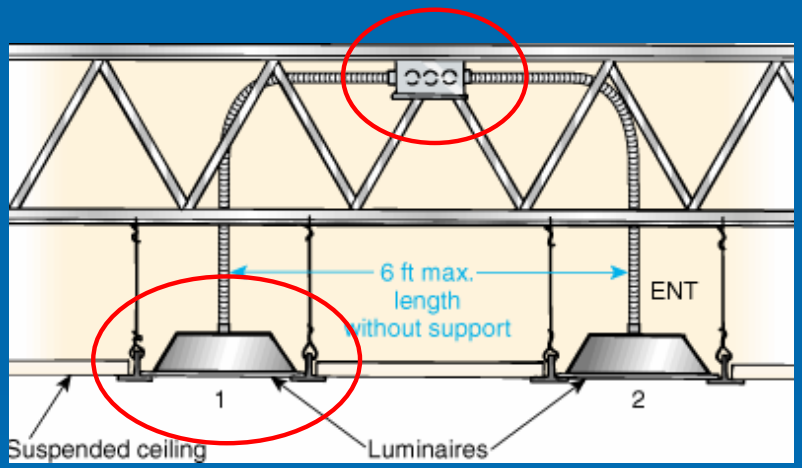
บริภัณฑ์ไฟฟ้า

- *โคมไฟฟ้า สวิทซ์ เต้ารับ และเต้าเสียบ*
- *มอเตอร์ วงจรมอเตอร์ และเครื่องควบคุม*
- หม้อแปลง ห้องหม้อแปลง และลานหม้อแปลง
- คาปาซิเตอร์

6.1 โคมไฟฟ้า และเครื่องประกอบการติดตั้ง

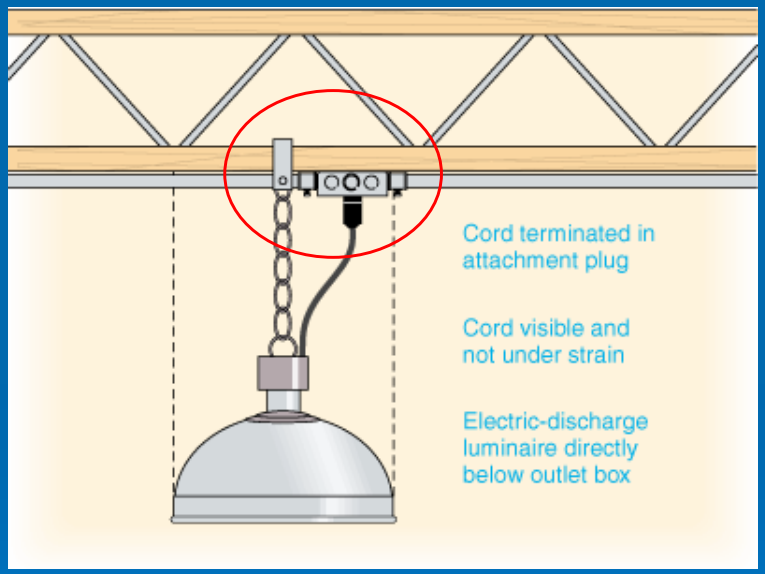


โคมไฟฟ้า และเครื่องประกอบการติดตั้ง



- โคมไฟฟ้าและเครื่องประกอบการติดตั้ง ต้องไม่มีส่วนที่เปิดโล่งให้สัมผัสได้
- ต้องเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ติดตั้ง เช่นในสถานที่เปียกหรือชื้น หรืออยู่ภายนอกอาคาร ต้องเป็นชนิดกันน้ำได้
- ควงโคมที่อยู่ใกล้วัสดุติดไฟ ต้องมีการป้องกัน หรือกั้นไม่ให้ วัสดุติดไฟได้รับความร้อน เกิน 90 ^{o}C

โคมไฟฟ้า และเครื่องประกอบการติดตั้ง



- ต้องมีการจับยึดอย่างแข็งแรง ถ้าน้ำหนักเกิน 2.5 kg หรือใหญ่กว่า 400 mm. ห้ามใช้ขั้วหลอดรับน้ำหนักโคม
- ขนาดสายต้องไม่เล็กกว่า 0.5 $mm.^2$
- ขั้วรับหลอดชนิดเกลียว ส่วนเกลียวโลหะต้องต่อเข้ากับสายตัวนำ นิวทรัล เท่านั้น
- ต้องติดตั้งให้สามารถตรวจสอบจุดต่อสายดวงโคมกับสายวงจรย่อยได้โดยสะดวก

โคมไฟฟ้า และเครื่องประกอบการติดตั้ง

- ฉนวนต้องเหมาะสมกับกระแส,แรงดันและอุณหภูมิ
- ในสถานที่เปียกชื้นหรือมีการผุกร่อนต้องใช้สายให้เหมาะสม
- จุดต่อหรือจุดต่อแยกต้องไม่อยู่ในก้านดวงโคม
- การต่อหรือต่อแยกต้องทำเท่าที่จำเป็น
- สายไฟในตู้แสดงสินค้าต้องเดินในท่อสาย
- กล่องต่อสายไฟฟ้าเข้าดวงโคมต้องมีฝาครอบ

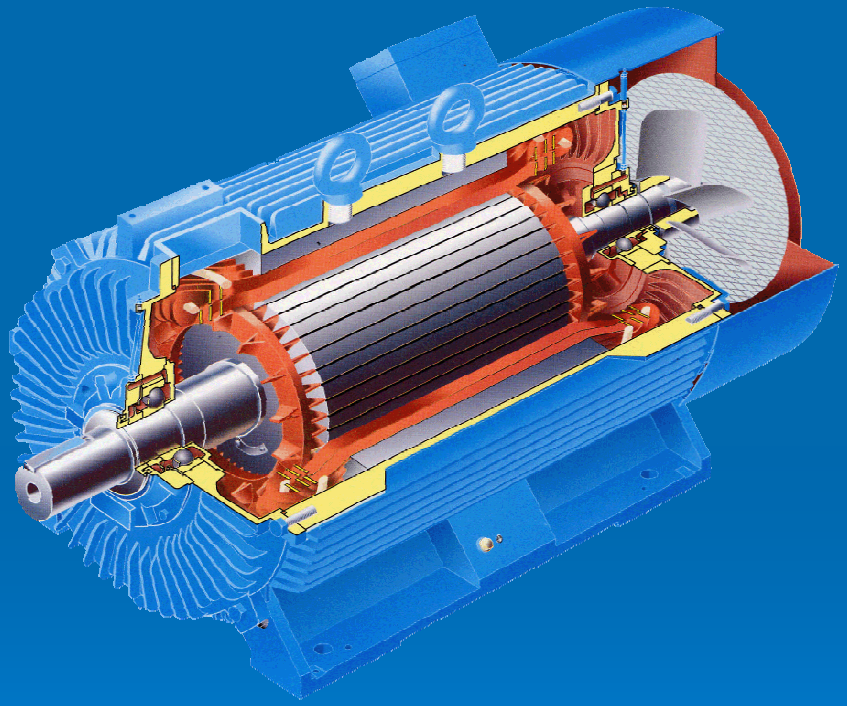
6.2 สวิทซ์ เต้ารับ และเต้าเสียบ

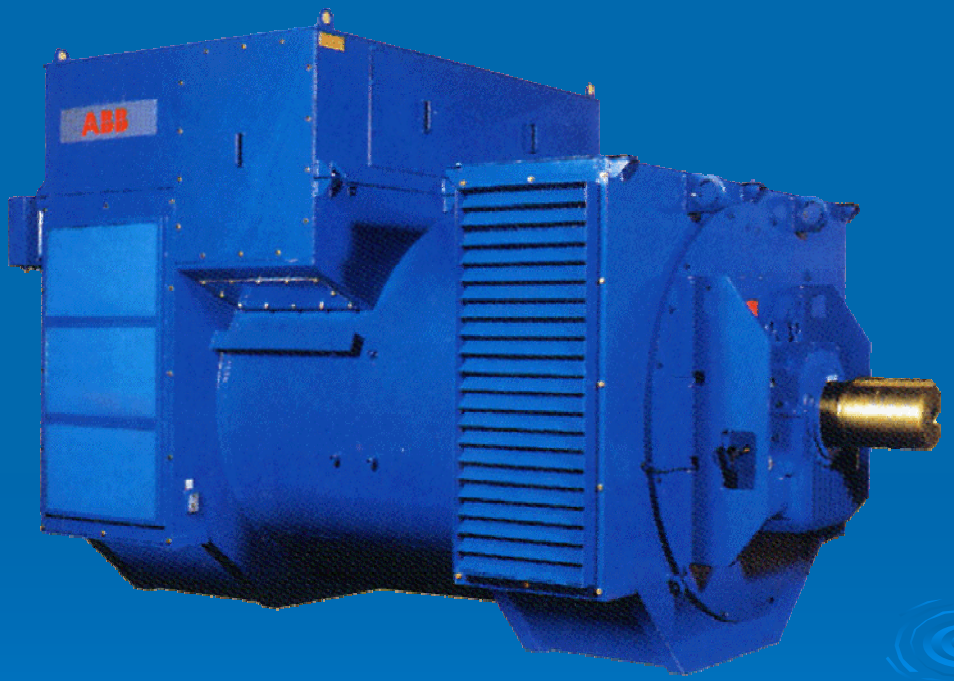
- ต้องมีพิกัดกระแส , แรงดัน , และประเภทเหมาะสมกับสภาพใช้งาน
- สวิทซ์ และเต้ารับที่ใช้กลางแจ้งหรือสถานที่เปียกชื้น ต้องระบุค่า IP
  - ป้องกันน้ำสาด IP X 4
  - ป้องกันน้ำฉีด IP X 5

6.2 สวิทซ์ เต้ารับ และเต้าเสียบ

- เต้ารับแบบติดตั้งกับพื้นหรือฝังพื้น ในการติดตั้งต้องป้องกันและหลีกเลี่ยงความเสียหายทางกายภาพ
- สวิทซ์และเต้ารับ ต้องติดตั้งเหนือระดับน้ำที่อาจท่วมขังได้
- ขนาดสายสำหรับเต้ารับต้องไม่เล็กกว่า 1.5 ตร.มม.
- เต้ารับต้องมีขั้วสายดินและต้องต่อลงดิน (3.1.7 หน้า 3-3)

6.3 มอเตอร์ วงจรมอเตอร์ และ เครื่องควบคุม





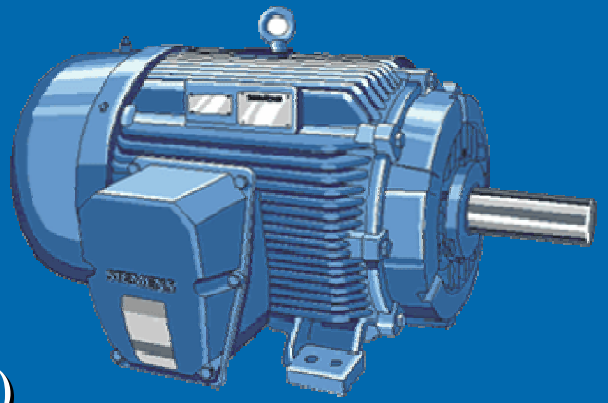
ชนิดของมอเตอร์

- มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล และเป็นส่วนประกอบสำคัญในเครื่องจักรอุตสาหกรรม สามารถแบ่งชนิดตามหลักการทำงานได้เป็น 3 ชนิด คือ

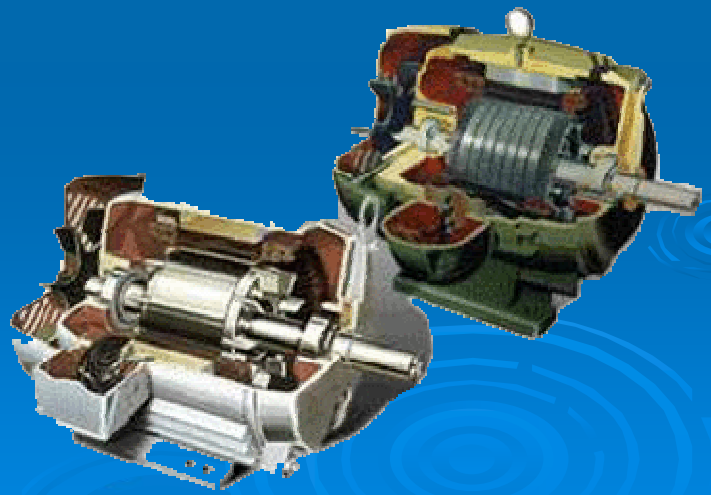
1. มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor)
2. มอเตอร์ซิงโครนัส (Synchronous Motor)
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor)

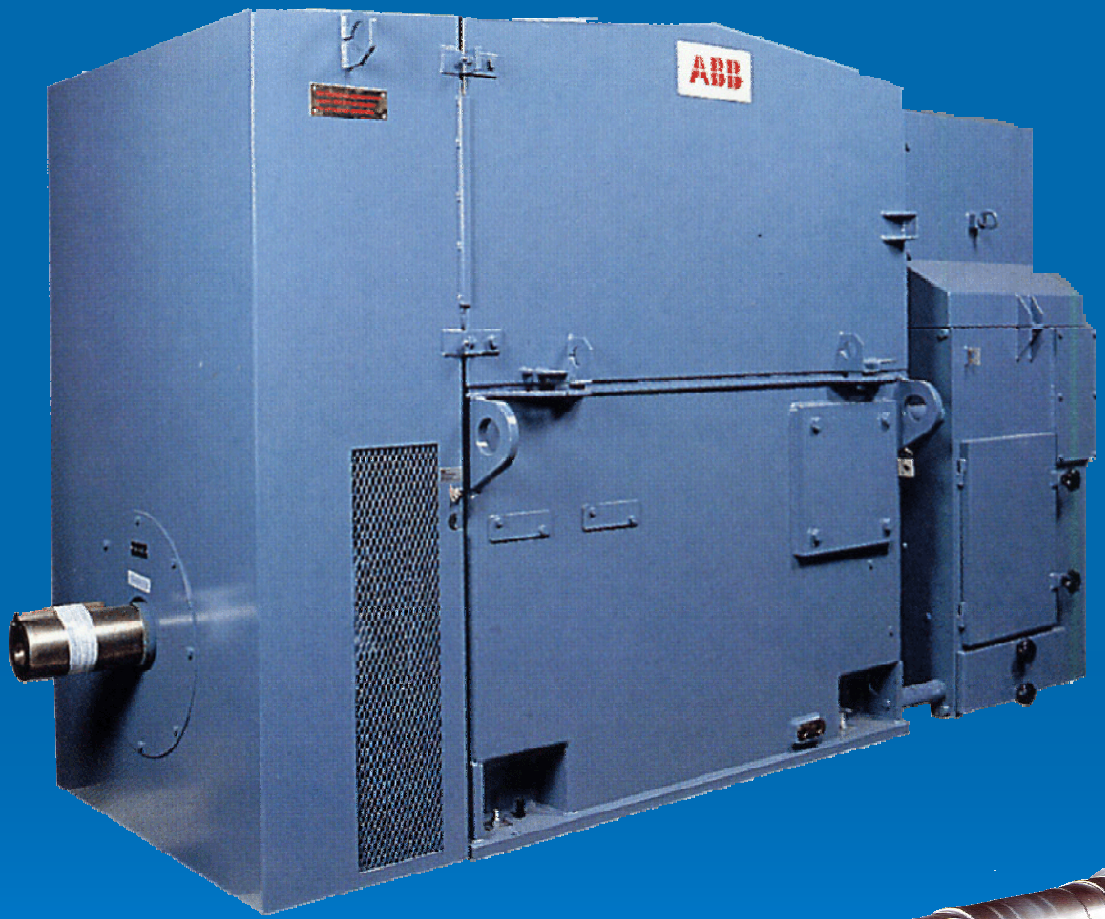
- เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้มากที่สุด
- ทนทาน ราคาถูก และไม่ต้องการบำรุงรักษามาก
- แบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะของโรเตอร์ คือ

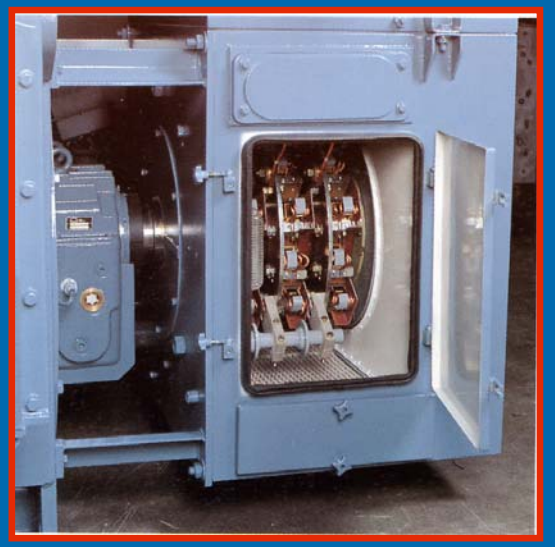


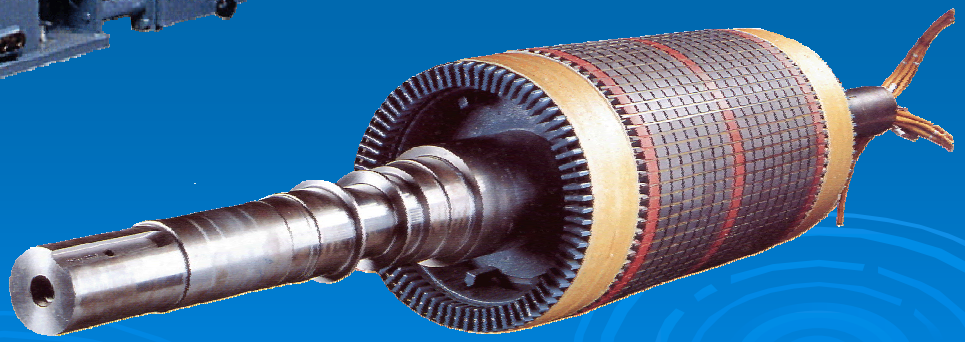
1. โรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel Cage Rotor)
2. โรเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์ (Wound Rotor)



Slip-ring Motor (Wound Rotor)





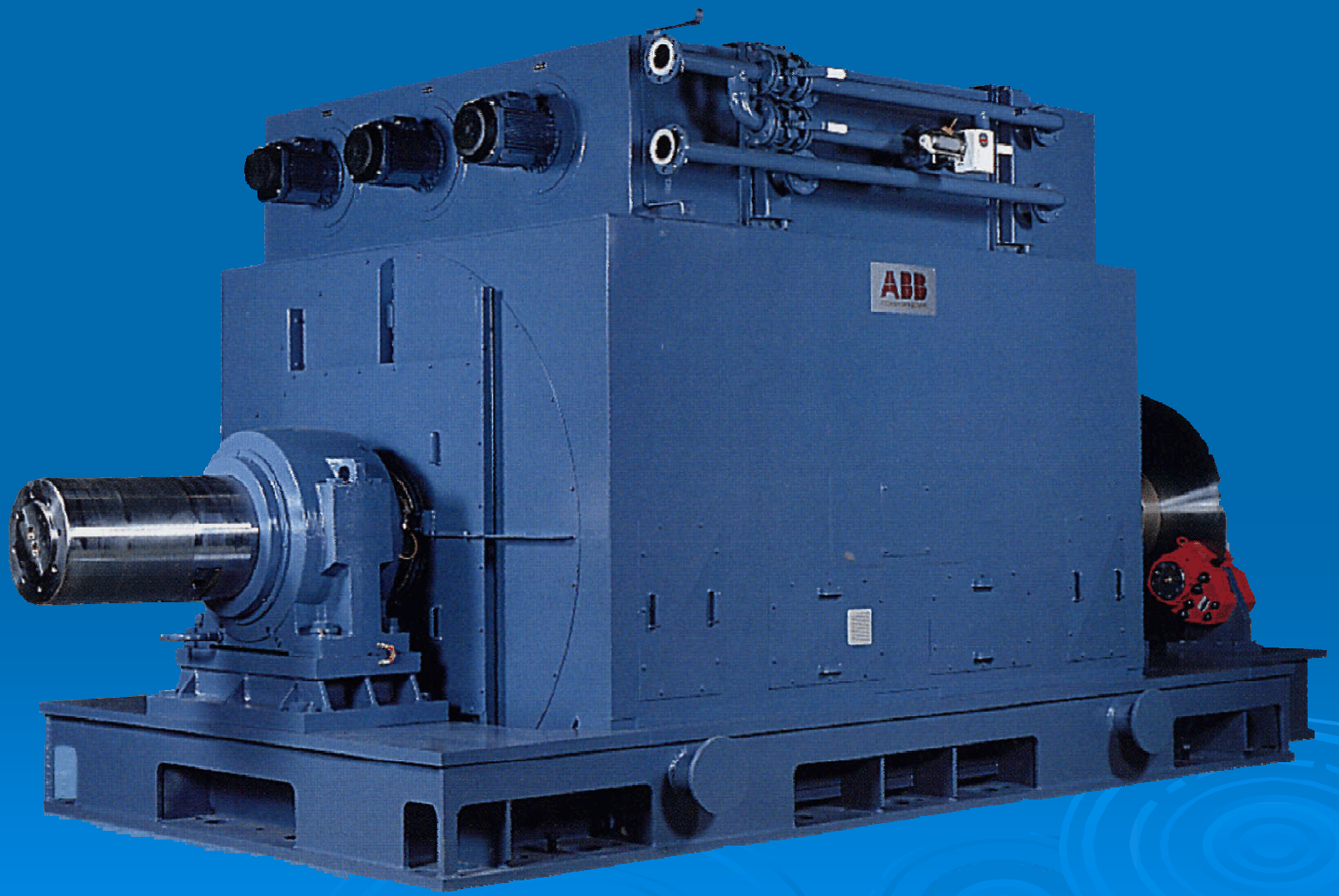


มอเตอร์ซิงโครนัส (Synchronous Motor)

- เป็นมอเตอร์ชนิด 3 เฟส
- จะหมุนที่ความเร็วจำกัดค่าหนึ่ง

  เรียกว่าความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed)
- มอเตอร์ประกอบไปด้วยขดลวดอาร์เมเจอร์ และ ขดลวดสนาม
- จ่ายไฟ AC ให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กหมุน
- จ่ายไฟ DC เข้ากับขดลวดสนามเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กตัดกับสนามแม่เหล็กหมุน ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

Synchronous Machine



มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Motor)

- ใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง
- สามารถควบคุมความเร็วได้ดี แรงบิดตอนเริ่มเดินเครื่องเครื่องสูง
- มีขดลวดสนามอยู่บนสเตเตอร์และขดลวดอาร์เมเจอร์อยู่บนโรเตอร์
- สามารถแบ่งแรงดันออกตามระดับแรงดัน เป็น

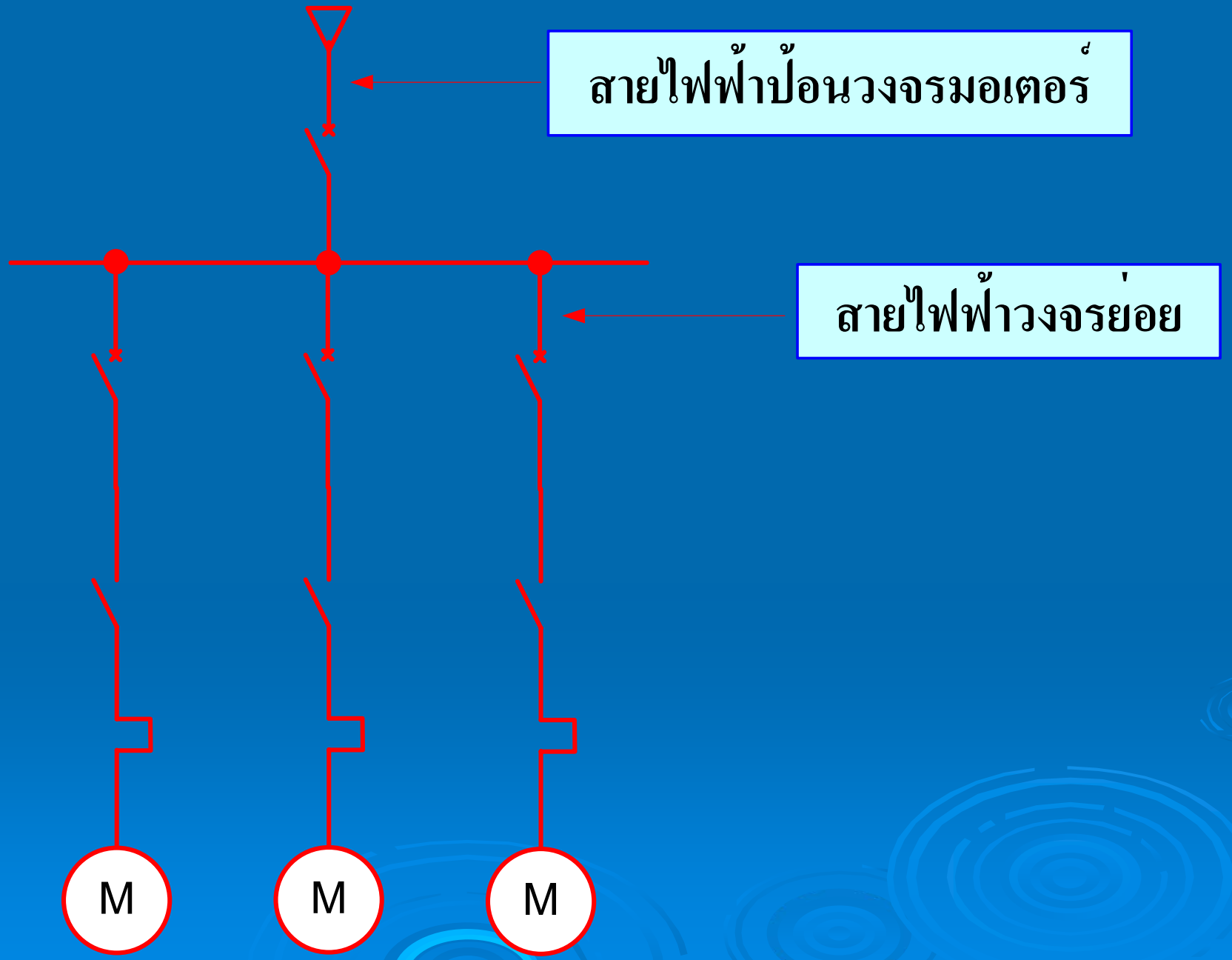
1. มอเตอร์แรงดันต่ำ (LV Motor)
2. มอเตอร์แรงดันสูง (HV Motor)

ส่วนประกอบของวงจรมอเตอร์

1. สายไฟฟ้าวงจรมอเตอร์
2. เครื่องปลดวงจร
3. เครื่องป้องกันการลัดวงจร
4. เครื่องป้องกันโหลดเกิน
5. เครื่องควบคุมมอเตอร์และวงจรควบคุมมอเตอร์

วงจรมอเตอร์

วงจรมอเตอร์หลายตัว



การเลือกที่ตั้งมอเตอร์

- อยู่ในที่ระบายอากาศได้สะดวก เข้าทำการบำรุงรักษาได้ง่าย

  ยกเว้น มอเตอร์ที่เป็นส่วนประกอบสำเร็จมากับบริภัณฑ์
- มอเตอร์แบบเปิด มีแปรงถ่าน ต้องป้องกันไม่ให้ประกายไฟกระเด็นไปถูกวัตถุติดไฟได้
- ในสถานที่มีฝุ่นละออง ที่จะเข้าไปในตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งจะทำให้ระบายอากาศไม่สะดวก ต้องใช้มอเตอร์ชนิดปิด
- การพิจารณาว่ามอเตอร์ตัวใด เป็นมอเตอร์ใหญ่ที่สุดให้ดูจาก พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

พิกัดกระแสของมอเตอร์

- ตามมาตรฐาน IEC พิกัดกระมอเตอร์เป็น kW , MW
- ส่วนมาตรฐานเดิมเป็น HP(แรงม้า)
- พิกัดมาตรฐานเป็น kW (A , 3ph , 400 V)

0.37 (0.98) , 0.55 (1.5) , 0.75 (1.9) ,
1.10 (2.5) , 1.50 (3.4) , 2.20 (4.8) ,
3.00 (6.3), 3.70 (7.7) , 4.00 (8.1) ,
5.50 (11) , 7.50 (14.8) , 9.00 (18.1)
11 (21) , 15 (29) , 18.5 (35) , 22 (42)
30 (57) , 37 (69) , 45 (81) , 55 (100)
75 (131), 90 (162) , 110 (195) ,132 (233)

สายสำหรับวงจรมอเตอร์

1. วงจรที่มีมอเตอร์ตัวเดียว
2. วงจรที่มีมอเตอร์หลายตัว
3. วงจรที่มีมอเตอร์รวมกับโหลดอื่นๆ
4. วงจรมอเตอร์ที่มีคาปาซิเตอร์ต่ออยู่ด้วย

สายสำหรับมอเตอร์ตัวเดียว

❖ มอเตอร์ตัวเดียว ใช้งานต่อเนื่อง

สายวงจรย่อยต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 125% ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ และขนาดต้องไม่เล็กกว่า ***1.5 ตร.มม.***

$$I_C \geq 1.25 \times I_M$$

กำหนดให้

I_C = พิกัดกระแสสายตัวนำ (A)

I_M = พิกัดกระแสมอเตอร์ (A)

(พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ ดูจากแผ่นป้ายประจำเครื่อง)

สายสำหรับมอเตอร์ตัวเดียว (ต่อ)

- **<u>ยกเว้น</u>** มอเตอร์ชนิดความเร็วหลายค่า ใช้งานระยะสั้น ใช้งานเป็นระยะ ใช้งานเป็นคาบ และใช้งานที่เปลี่ยนแปลง
  - ให้คิดแบบมอเตอร์ใช้งานไม่ต่อเนื่อง โดยสายตัวนำต้องมีขนาดกระแส เป็นไปตามตารางที่ 6-1 (วสท. หน้า 6-4)
  - สายของวงจรย่อยต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า *<u>1.5 ตร.มม.</u>*

$$I_C \geq K_1 \times I_{FL}$$

K1

กำหนดให้ I_C = พิกัดกระแสสายตัวนำ (A)

K_1 = ค่าคงที่ตามตารางที่ 6-1

I_{FL} = กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

สายสำหรับมอเตอร์ตัวเดียว (ต่อ)

❖ มอเตอร์ตัวเดียว กรณีเป็นชนิดวาวด์โรเตอร์ (ใช้งานต่อเนื่อง)

- สายด้าน (Primary) หาเหมือนมอเตอร์ทั่วไป
- สายด้าน ทุติยภูมิ (Secondary) ขนาดไม่น้อยกว่า 125% ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ด้านทุติยภูมิของมอเตอร์

$$I_{C,SEC} \geq 1.25 \times I_{SEC}$$

กำหนดให้ $I_{C,SEC}$ = พิกัดกระแสสายตัวนำ (A)

I_{SEC} = พิกัดกระแสด้านทุติยภูมิ (A)

สายสำหรับมอเตอร์ตัวเดียว (ต่อ)

❖ มอเตอร์วาวด์โรเตอร์ ที่มีตัวต้านทานอยู่แยกจากเครื่องควบคุม

- ขนาดกระแสของสายระหว่างเครื่องควบคุมและตัวต้านทาน ขึ้นอยู่กับประเภทการใช้งานของตัวต้านทาน ตาม<u>ตารางที่ 6-2</u> (หน้า 6-5)

$$I_{CR} \geq K_2 \times I_{SEC}$$

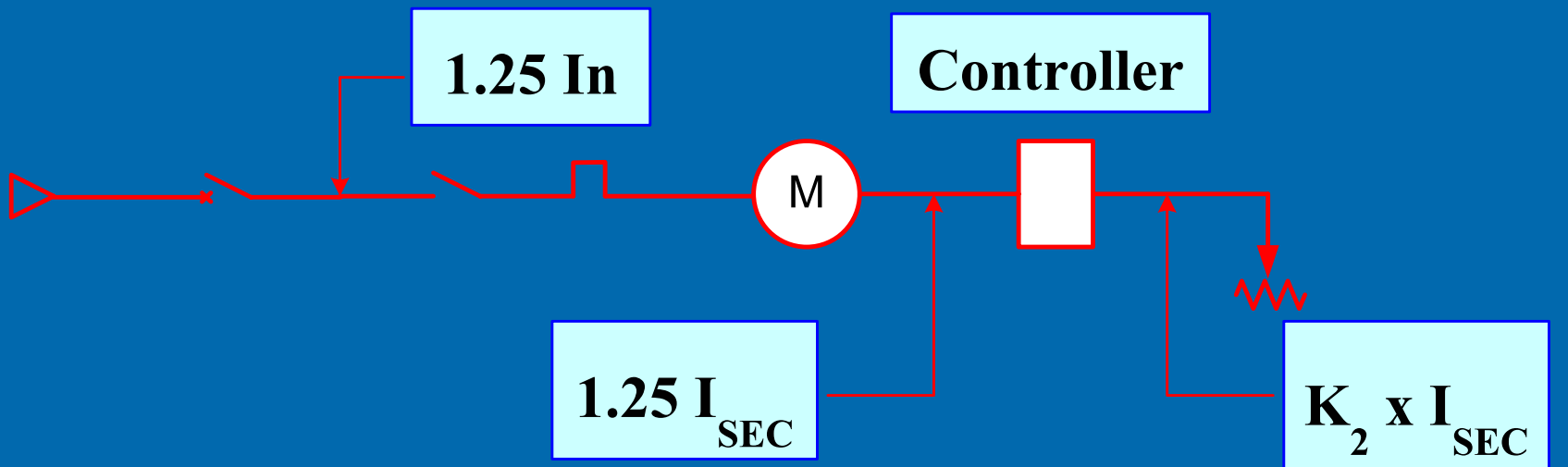
▶ K2

กำหนดให้ I_{CR} = พิกัดกระแสสายตัวนำตัวต้านทาน (A)

I_{SEC} = พิกัดกระแสด้านทุติยภูมิ (A)

K_2 = ค่าตามตารางที่ 6-2 (หน้า 6-5)

มอเตอร์ชนิดวาวด์โรเตอร์ (Wound-Rotor)



K2 = ค่าตามตารางที่ 6-2

มอเตอร์ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

❖ **สำหรับมอเตอร์ทั่วไป**

ขนาดกระแสสายตัวนำต้องไม่ต่ำกว่ากระแสพิกัดของมอเตอร์ คูณกับค่าในตารางที่ 6-1 (วสท.หน้า 6-4)

$$I_C \geq K_1 \times I_{FL}$$

❖ **สำหรับชนิดวาวด์โรเตอร์**

ด้านปฐมภูมิ เหมือนกับมอเตอร์ทั่วไป (แบบไม่ต่อเนื่อง)

ด้านทุติยภูมิ

$$I_{C,SEC} \geq K_1 \times I_{SEC}$$

❖ K1 = ค่าคงที่ตามตารางที่ 6-1 (วสท. หน้า 6-4)

ตัวอย่างที่ 6.1

1. มอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 55 kW 380 V (104A) 3 ph จงหาขนาดสายไฟป้อน กำหนดให้ใช้สาย มอก. 11-2531 ตารางที่ 4 วิธีเดินดังนี้

   - เดินในท่อโลหะในอากาศ
   - เดินลอยบนลูกถ้วย (Rack)

มอก.11-2531 T4

ตัวอย่างที่ 6.1 (ต่อ)

วิธีทำ พิจารณาจากโจทย์เป็นมอเตอร์ใช้งานทั่วไป และไม่ทราบลักษณะการทำงานแน่ชัด ให้พิจารณาเป็นโหลดต่อเนื่อง

$$IC \geq 1.25 \times I_M$$

$$IC \geq 1.25 \times 104 = \mathbf{130\ A}$$

กรณีที่1 เดินในท่อโลหะในอากาศ จากตารางที่ 5-11 (วสท.หน้า 5-43)

ได้สาย THW ขนาด 3 x 70 $mm.^2$ (148 A)

กรณีที่2 เดินลอยบนลูกถ้วย จากตารางที่ 5-11 (วสท.หน้า 5-43)

ได้สาย THW ขนาด 3 x 35 $mm.^2$ (137 A)

ตารางที่ 5-11

ตัวอย่างที่ 6.2

- มอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์ ขนาด 30 kW 380 V มีพิกัดกระแสวงจรด้านปฐมภูมิ 59 A และมีพิกัดกระแสวงจรด้านทุติยภูมิ 43 A โดยชุดต้านทาน (Resistor Bank) ติดตั้งแยกจากเครื่องควบคุม

<u>จงหา</u>

ขนาดสายไฟป้อน กำหนดให้ใช้สาย มอก. 11-2531 ตารางที่ 4 โดยวิธี เดินในท่อโลหะลอยในอากาศ

1. ขนาดสายวงจรมอเตอร์ด้านปฐมภูมิ
2. ขนาดสายวงจรมอเตอร์ด้านทุติยภูมิ
3. ขนาดสายวงจรมอเตอร์จากเครื่องควบคุมไปยังชุดความต้านทาน

ตัวอย่างที่ 6.2 (ต่อ)

วิธีทำ

1. ขนาดสายวงจรมอเตอร์ด้านปฐมภูมิ

$I_C \geq 1.25 \times I_M = 1.25 \times 59 = 73.8\ A$

จากตารางที่ 5-11 ใช้สายขนาด $3 \times 25\ mm.^2$ (77 A)

2. ขนาดสายวงจรมอเตอร์ด้านทุติยภูมิ

$I_{C,sec} \geq 1.25 \times Isec = 1.25 \times 43 = 53.8\ A$

จากตารางที่ 5-11 ใช้สายขนาด $3 \times 16\ mm.^2$ (56 A)

3. ขนาดสายจากเครื่องควบคุมไปยังชุดความต้านทาน

$I_{CR} \geq 1.10 \times Isec = 1.10 \times 43 = 47.3\ A$

จากตารางที่ 5-11 ใช้สายขนาด $3 \times 16\ mm.^2$ (56 A)

ตัวอย่างที่ 6.3

- มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำขนาด 37 kW 380 V (70 A)

  ใช้หมุนลูกกลิ้งบดแป้ง พิกัดใช้งาน 15 นาที

<u>จงหา</u> ขนาดสายไฟป้อน กำหนดให้ใช้สาย มอก. 11-2531 ตารางที่ 4 โดยวิธี เดินในท่อโลหะลอยในอากาศ

วิธีทำ

จากตารางที่ 6-1 ได้ค่าคงที่ K1 = 90 %

$$I_C \geq K_1 \times I_{FL} = 0.9 \times 70 = \underline{63\ A}$$

จากตารางที่ 5-11 ใช้สายขนาด 3 x 25 $mm.^2$ (77 A)

ตารางที่ 6-1 ขนาดกระแสของสายสำหรับมอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

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

ตารางที่ 6-2 ขนาดสายระหว่างเครื่องควบคุมมอเตอร์ และตัวต้านทานในวงจรทุติยภูมิของมอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์

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

สายสำหรับวงจรมอเตอร์หลายตัว

- **ขนาดกระแสของสายไฟป้อนต้องไม่ต่ำกว่า**

  125 % ของกระแสโหลดเต็มที่ (Full Load Current) ของมอเตอร์ตัวที่ใหญ่ที่สุด + กระแสโหลดเต็มที่ (Full Load Current) ของมอเตอร์ทุกตัว

- **มอเตอร์ตัวใหญ่ที่สุด** คือ มอเตอร์ที่มีขนาดกระแสพิกัดสูงสุด
- กรณีที่มีมอเตอร์ตัวใหญ่สุด มากกว่า 1 ตัว ให้คิด 125 % ตัวแรกเพียงตัวเดียวเท่านั้น ตัวที่เหลือคิด 100 %

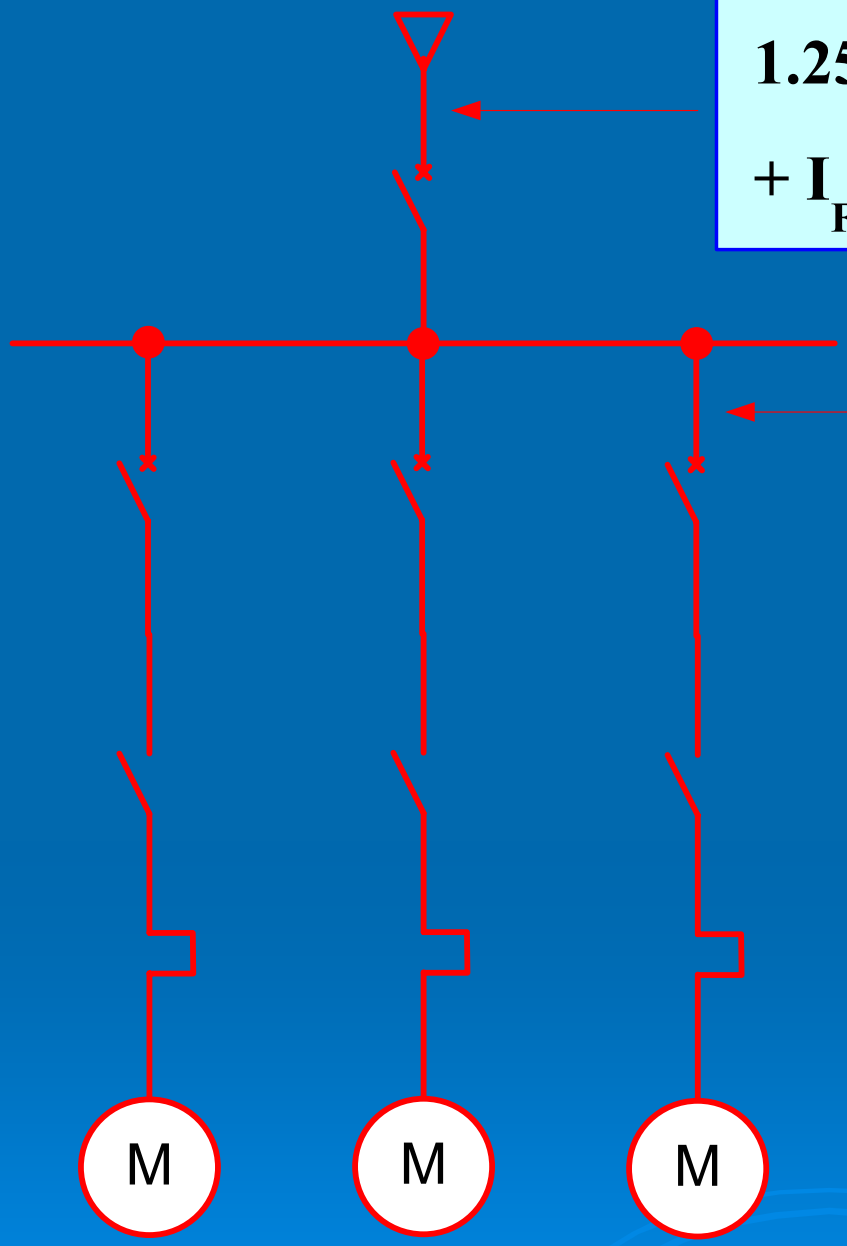
ขนาดกระแสของสายป้อนสำหรับวงจรมอเตอร์หลายตัว

$$I_F \geq (1.25 \times I_{M,MAX}) + (I_{M1} + \ldots\ldots I_{MN})$$

I_F = พิกัดกระแสของสายป้อน กลุ่มมอเตอร์ (A)

$I_{M,MAX}$ = พิกัดกระแสเต็มที่ของมอเตอร์ตัวที่ใหญ่สุดในวงจร (A)

I_M = พิกัดกระแสเต็มที่มอเตอร์ทุกตัว (A)



1.25 x I_{FL} ของมอเตอร์ตัวที่ใหญ่ที่สุด
+ I_{FL} ของมอเตอร์ตัวที่เหลือ

1.25 x กระแสพิกัดของมอเตอร์

ตัวอย่างที่ 6.4

Motor Control Center (MCC) จ่ายไฟให้มอเตอร์ดังนี้

มอเตอร์ 3.7 kW,400 V พิกัดกระแส 7.7 A จำนวน 1 ตัว

มอเตอร์ 11 kW, 400 V พิกัดกระแส 22 A จำนวน 1 ตัว

มอเตอร์ 22 kW, 400 V พิกัดกระแส 44 A จำนวน 2 ตัว

จงหาขนาดสายป้อนกำหนดให้ใช้สาย มอก. 11-2531 ตารางที่ 4 โดยวิธี เดินในท่อโลหะลอยในอากาศ

ตัวอย่างที่ 6.4 (ต่อ)

วิธีทำ

$$I_F \geq (1.25 \times I_{M,MAX}) + (I_{M1} + \ldots\ldots I_{MN})$$

$$I_F \geq (1.25 \times 44) + (44 + 22 + 7.7)$$

$$I_F \geq \underline{\mathbf{128.7\ A}}$$

ใช้สาย THW ขนาด 3 x 70 $mm.^2$ (148 A)

ในท่อร้อยโลหะ Ø 50 mm. (2”)

สายสำหรับวงจรมอเตอร์ต่อร่วมกับโหลดอื่น

ขนาดกระแสสายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าที่คำนวณตาม 6.3.5 หรือ 6.3.7 บวกกับกระแสความต้องการสำหรับโหลดอื่นๆที่กำหนดไว้

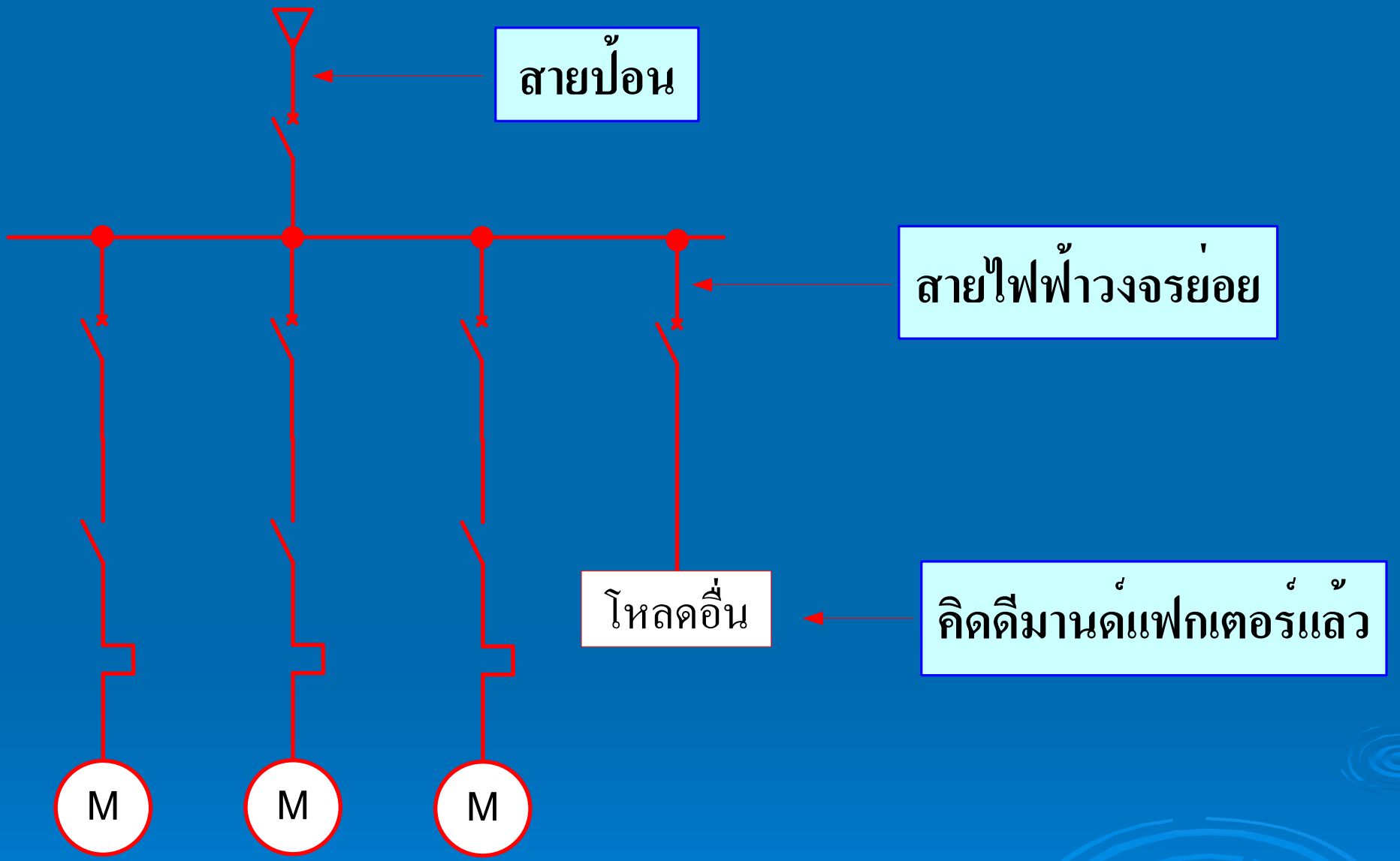
$$I_F = I_{FM} + I_L$$

โดยที่

I_F = กระแสรวมของวงจร (A)

I_{FM} = กระแสสายป้อนมอเตอร์ (A)

I_L = กระแสโหลดอื่นที่คิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว (A)


สายป้อน
สายไฟฟ้าวงจรย่อย
โหลดอื่น
คิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว
M
M
M

ตัวอย่างที่ 6.5 โหลดมอเตอร์ร่วมกับโหลดอื่น

1.อินดัคชั่นมอเตอร์ 50 HP , 380 V กระแส 79 A

2.อินดัคชั่นมอเตอร์ 30 HP , 380 V กระแส 49 A

3.ซิงโครนัสมอเตอร์ 25 HP , 380 V กระแส 32 A

4.โหลดแสงสว่าง 20,000 VA

- จงหา ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์แต่ละตัว ขนาดกระแสของวงจรแสงสว่าง และขนาดกระแสสายป้อน กำหนดให้ใช้สาย มอก. 11-2531 ตารางที่ 4 โดยวิธี เดินในท่อโลหะลอยในอากาศ

ตัวอย่างที่ 6.5 (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 1 หาขนาดกระแสของสายมอเตอร์แต่ละตัว

1.อินดัคชั่นมอเตอร์ 50 HP , 380 V กระแส *79 A*

จากสมการ $I_C \geq 1.25 \times I_M$

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $= 1.25 \times 79 =$ *98.75 A*

2.อินดัคชั่นมอเตอร์ 30 HP , 380 V กระแส *49 A*

จากสมการ $I_C \geq 1.25 \times I_M$

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $= 1.25 \times 49 =$ *61.25 A*

3.ซิงโครนัสมอเตอร์ 25 HP , 380 V กระแส *32 A*

จากสมการ $I_C \geq 1.25 \times I_M$

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $= 1.25 \times 32 =$ *40 A*

ตัวอย่างที่ 6.5 (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 2 หาขนาดกระแสของสายป้อนกลุ่มมอเตอร์

จากสมการ $I_C \geq 1.25 \times I_{M,MAX} + I_{M1} + \ldots . I_{MN}$

ขนาดกระแสของสายป้อน $= (1.25 \times 79) + (49 + 32) =$ 179.75 A

ขั้นตอนที่ 3 หาขนาดกระแสของสายวงจรแสงสว่าง (ใช้วงจร 3 เฟส)

โหลดแสงสว่าง $= (1.25 \times 20{,}000) / (\sqrt{3} \times 380) =$ 37.98 A

ขั้นตอนที่ 4 หาขนาดกระแสของสายป้อน

จากสมการ $I_F > I_{FM} + I_L$

ขนาดกระแสของสายป้อน $= 179.75 + 38 =$ 217.75 A

ดีมานด์แฟกเตอร์ของสายป้อน

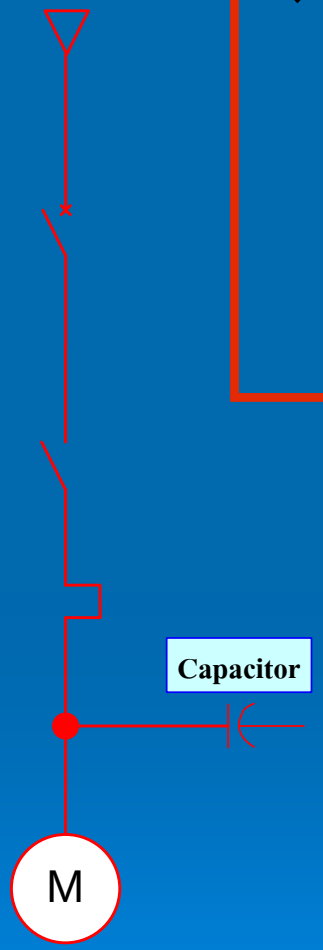
- วงจรสายป้อนมอเตอร์สามารถใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ได้ ถ้า.....มอเตอร์ใช้งานไม่พร้อมกัน
  - ดูจากสภาพการทำงาน
  - กำลังการผลิต
  - เครื่องจักร

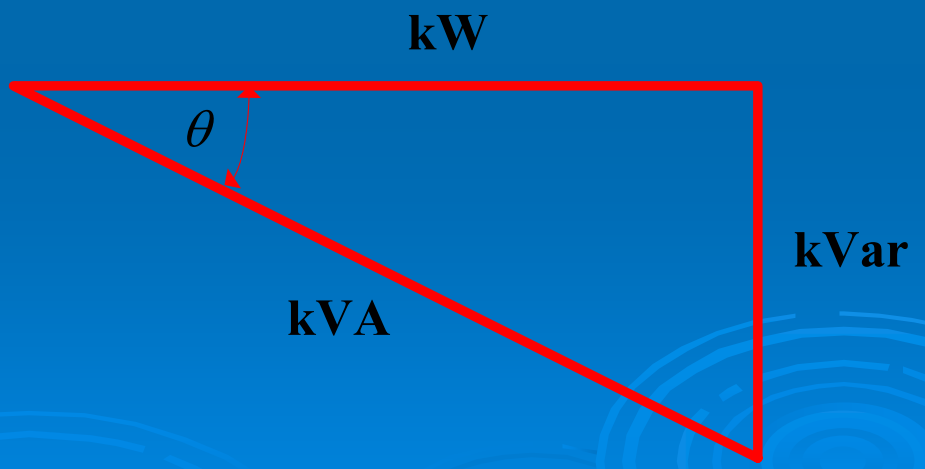
มอเตอร์ที่มีคาปาซิเตอร์ต่อร่วมอยู่ด้วย

- วงจรที่มีคาปาซิเตอร์ต่ออยู่ด้วย การคิดขนาดกระแสของสายไฟฟ้าให้พิจารณาผลของกระแส ที่เปลี่ยนไปจากการใช้คาปาซิเตอร์ด้วย
  - ให้ดูข้อ 6.5 (วสท. หน้า 6-35) ประกอบกัน

ตัวอย่างที่ 6.6 มอเตอร์มีคาปาซิเตอร์ต่อร่วมอยู่ด้วย

- มอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 50 HP 380 V กระแส 79 A 0.85 P.F. ใช้งานต่อเนื่อง ติดตั้ง Capacitor ขนาด 10 kVar จงหาขนาดกระแสของสายไฟฟ้าของมอเตอร์ ทั้งก่อนติดตั้งและหลังติดตั้ง Capacitor





ตัวอย่างที่ 6.6 (ต่อ)

วิธีทำ กระแสของมอเตอร์เท่ากับ 79 A เมื่อยังไม่ต่อ Capacitor ในวงจรจะได้

kVA = $1.732 \times 380 \times 79 \times 10^{-3}$ = 52 kVA

kW = 52×0.85 = 44.2 kW (kVA cos θ)

kVar = $\sqrt{(kVA^2 - kW^2)}$

= $\sqrt{(52^2 - 44.2^2)}$ = 27.4 kVar

เมื่อต่อ Capacitor ในวงจรแล้วจะได้

kW = 52×0.85 = 44.2 kW (เหมือนเดิม)

kVar = $27.4 - 10$ = 17.4 kVar

kVA = $\sqrt{(kW^2 + kVA^2)}$

= $\sqrt{(44.2^2 + 17.4^2)}$ = 47.5 kVA

ตัวอย่างที่ 6.6 (ต่อ)

- กระแสของมอเตอร์เมื่อต่อ Capacitor ในวงจรจะได้

$$I = \frac{47.5 \times 1{,}000}{1.732 \times 380} = 72.17 \text{ A}$$

- ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า ได้ดังนี้

เมื่อยังไม่ต่อ C ขนาดกระแส = 1.25 x 79 = 98.75 A

เมื่อต่อ C แล้ว ขนาดกระแส = 1.25 x 72.17 = 90.21 A

การต่อแยกจากสายป้อน

สายที่ต่อแยกจากสายป้อนต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกิน และเป็นไปตามข้อกำหนด ข้อใดข้อหนึ่งหรือหลายข้อ ดังนี้

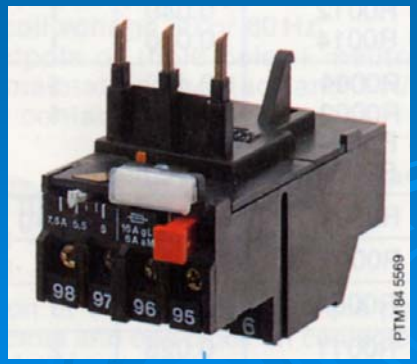
1) สายตัวนำต้องเดินในท่อสายยาวไม่เกิน 3 เมตร
2) ขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 1/3 กระแสสายป้อนและมีการป้องกันความเสียหายทางกายภาพ ความยาวไม่เกิน 7.5 เมตร
3) มีขนาดกระแสเท่ากับสายป้อน

การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง (Overload Relay)

- ใช้เพื่อป้องกันวงจรมอเตอร์ และอุปกรณ์ เนื่องจากการใช้งานเกินกำลัง หรือเริ่มเดินไม่สำเร็จ
- ไม่ครอบคลุมถึงมอเตอร์เครื่องสูบน้ำดับเพลิง
- แบ่งเป็น
  - Thermal Overload Relay
  - เครื่องป้องกันอุณหภูมิสูงเกิน (Temperature Sensor)

การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
มอเตอร์ใช้งานต่อเนื่อง...**ขนาดเกิน 1 แรงม้า**

- Overload Relay ต้องติดตั้งแยกต่างหากจากตัวมอเตอร์



การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
มอเตอร์ใช้งานต่อเนื่อง...**ขนาดเกิน 1 H.P.**

- ขนาดปรับตั้ง Thermal Overload Relay
  - Service Factor ไม่น้อยกว่า 1.15

    = 125% (140%)
  - ชนิดที่ระบุอุณหภูมิเพิ่มขึ้นไม่เกิน 40°C

    = 125% (140%)
  - มอเตอร์อื่นๆ

    = 115% (130%)

(ค่าในวงเล็บคือค่าปรับตั้งสูงสุด ในกรณีที่กระแสเริ่มเดินสูงกว่าปกติ)

การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
มอเตอร์ใช้งานต่อเนื่อง...**ขนาดเกิน 1 H.P.**

- **เครื่องป้องกันอุณหภูมิสูงเกิน** ต้องตัดกระแสที่
  - มอเตอร์ที่มี กระแสโหลดเต็มที่ไม่เกิน 9 แอมแปร์

    = 170%
  - มอเตอร์ที่มีกระแสโหลดตั้งแต่ 9.1 ถึง 20 แอมแปร์

    = 156%
  - มอเตอร์ที่มีกระแสโหลดเต็มที่ เกินกว่า 20 แอมแปร์

    = 140%
- **มอเตอร์ขนาดเกิน 1,500 H.P.** ต้องติดตั้งเครื่องจับอุณหภูมิสูงไว้ในตัวมอเตอร์ด้วย

การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
มอเตอร์ใช้งานต่อเนื่อง...ขนาดไม่เกิน 1 H.P.

- **เริ่มเดินไม่อัตโนมัติ**

  - เครื่องป้องกันการลัดวงจรของวงจรย่อย ขนาดไม่เกิน 20 A. ใช้แทน Overload ได้
  - ไม่ติดตั้งถาวร
  - อยู่ในที่ซึ่งมองเห็นได้จากเครื่องควบคุมมอเตอร์
  - ห่างจากเครื่องควบคุมไม่เกิน 15 m

การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
มอเตอร์ใช้งานต่อเนื่อง...ขนาดไม่เกิน 1 H.P.

- **เริ่มเดินอัตโนมัติ**

  เลือกใช้วิธีใด วิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

  - ติดตั้ง Overload แยกจากมอเตอร์ และทำงานสัมพันธ์กับกระแสของมอเตอร์
  - ติดตั้งเครื่องป้องกันอุณหภูมิสูงเกินที่ตัวมอเตอร์
  - ให้ถือว่ามอเตอร์มีการป้องกันแล้ว ถ้ามอเตอร์ประกอบอยู่กับบริภัณฑ์ซึ่งได้ออกแบบให้ในสภาพปกติ ไม่ปล่อยให้มอเตอร์ใช้งานเกินกำลัง
  - ด้าน Secondary ของ Wound Rotor รวมทั้งสายไฟเครื่องควบคุมตัวต้านทาน ใช้ Overload ด้านPrimary เป็นตัวป้องกันได้

มอเตอร์ใช้งานเป็นระยะที่คล้ายกัน

- **มอเตอร์ที่ใช้งาน**
  - ใช้งานระยะสั้น
  - ใช้งานเป็นระยะ
  - ใช้งานเป็นคาบ หรือใช้งานเปลี่ยนแปลง

ใช้เครื่องป้องกันการลัดวงจร ขนาดหรือพิกัดปรับตั้งไม่เกินค่าใน **ตารางที่ 6.3** แทน เครื่องใช้งานเกินกำลัง (Overload)

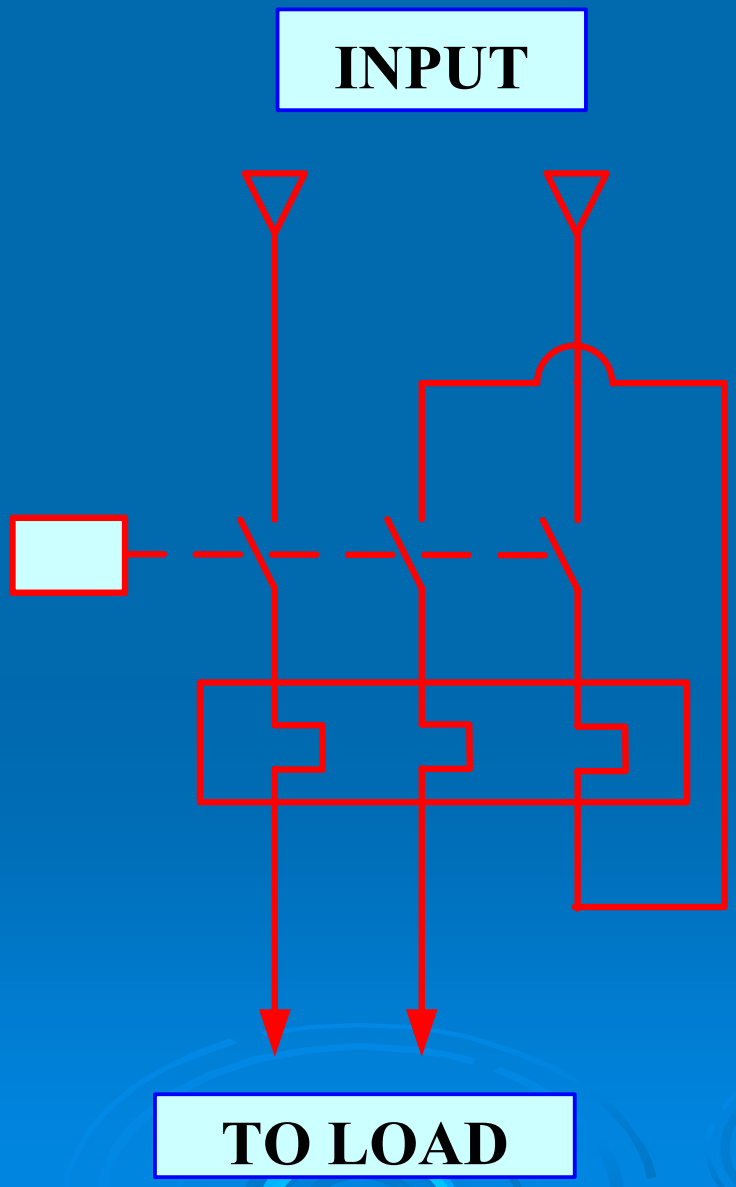
การเลือก (Overload Relay)

- รีเลย์โหลดเกินที่เลือกแล้วไม่เพียงพอสำหรับการเริ่มเดินเครื่อง อนุญาตให้ปรับค่าสูงขึ้นได้ แต่ต้องไม่เกิน

- มอเตอร์ที่ระบุตัวประกอบการใช้งาน (Service Factor) ไม่น้อยกว่า 1.15	1.40 I_n	(140 %)
- มอเตอร์ที่ระบุอุณหภูมิเพิ่มขึ้นไม่เกิน 40 °C	1.40 I_n	(140 %)
- มอเตอร์อื่นๆ	1.30 I_n	(130 %)

- **การใช้ Fuse เป็นเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง**
  - ต้องใส่ทุกเส้น ห้ามใส่ในสายนิวทรัล
- **จำนวนสายที่ตัดโดย Overload**
  - กรณีที่ไม่ใช่ Fuse จำนวนสายที่ปลดอย่างน้อย ดังนี้
    - 1 เฟส ปลด 1 เส้น
    - 3 เฟส ปลด 2 เส้น
- **สายที่ปลดออก จะต้องปลดพร้อมกัน**
- **Thermal Cutout and Overload Relay**
  - ซึ่งไม่สามารถตัดกระแสลัดวงจร (Shot Circuit) ได้ ต้องติดตั้ง Fuse หรือ CB

การนำ Thermal O/L 3 เฟส ใช้กับมอเตอร์ 1 เฟส



มอเตอร์ที่ใช้ในวงจรย่อยใช้งานทั่วไป

- มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 HP.
  - ไม่ต้องมีเครื่องป้องกันโหลดเกิน ก็ได้
- มอเตอร์ขนาดเกิน 1 HP.
  - ต้องมีเครื่องป้องกันโหลดเกิน แยกเฉพาะ
  - ต้องเป็นไปตามข้อ 6.3.22 (วสท.หน้า 6-15)

การป้องกันกระแสลัดวงจรและกระแสรั่วลงดิน

ป้องกันมอเตอร์จากการลัดวงจร

ป้องกันมอเตอร์ใช้งานเกินกำลัง
และป้องกันสายของมอเตอร์

*** ข้อกำหนดนี้ ใช้สำหรับมอเตอร์ในระบบแรงต่ำเท่านั้น ***

กระแสสตาร์ทของมอเตอร์

วิธี	กระแสตอนสตาร์ท
โดยตรง	4-8
แยกส่วนของขดลวด	2-4
สตาร์ – เดลต้า	1.3-2.6
ต่อตัวต้านทาน	4.5
หม้อแปลงออโต้	1.7-4
อิเล็กทรอนิค	2-5 ปรับได้
ต่อตัวต้านทานที่โรเตอร์	ไม่เกิน 2.5

ขนาดปรับตั้งสำหรับวงจรที่มีมอเตอร์ตัวเดียว

- เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรต้องทนกระแสเริ่มเดินของมอเตอร์ได้
- มีขนาดปรับตั้งไม่เกินค่าที่กำหนดใน ตารางที่ 6-3
- ถ้าค่าไม่ตรงมาตรฐานให้ใช้ขนาดถัดขึ้นไปได้

ขนาดปรับตั้งสำหรับวงจรที่มีมอเตอร์ตัวเดียว

- ในสภาพใช้งานปกติ ถ้ายังเริ่มเดินไม่ได้ให้เปลี่ยนขนาดได้ดังนี้

1) Fuse ไม่หน่วงเวลาไม่เกิน 600 A

ให้เปลี่ยนสูงขึ้นได้ แต่ต้องไม่เกิน $4\ I_n$ **(400%)**

2) Fuse ชนิดหน่วงเวลา

ให้เปลี่ยนสูงขึ้นได้แต่ต้องไม่เกิน $2.25\ I_n$ **(225%)**

3) วงจรย่อยของ Torque Motor

ให้ใช้ขนาดสูงถัดไป

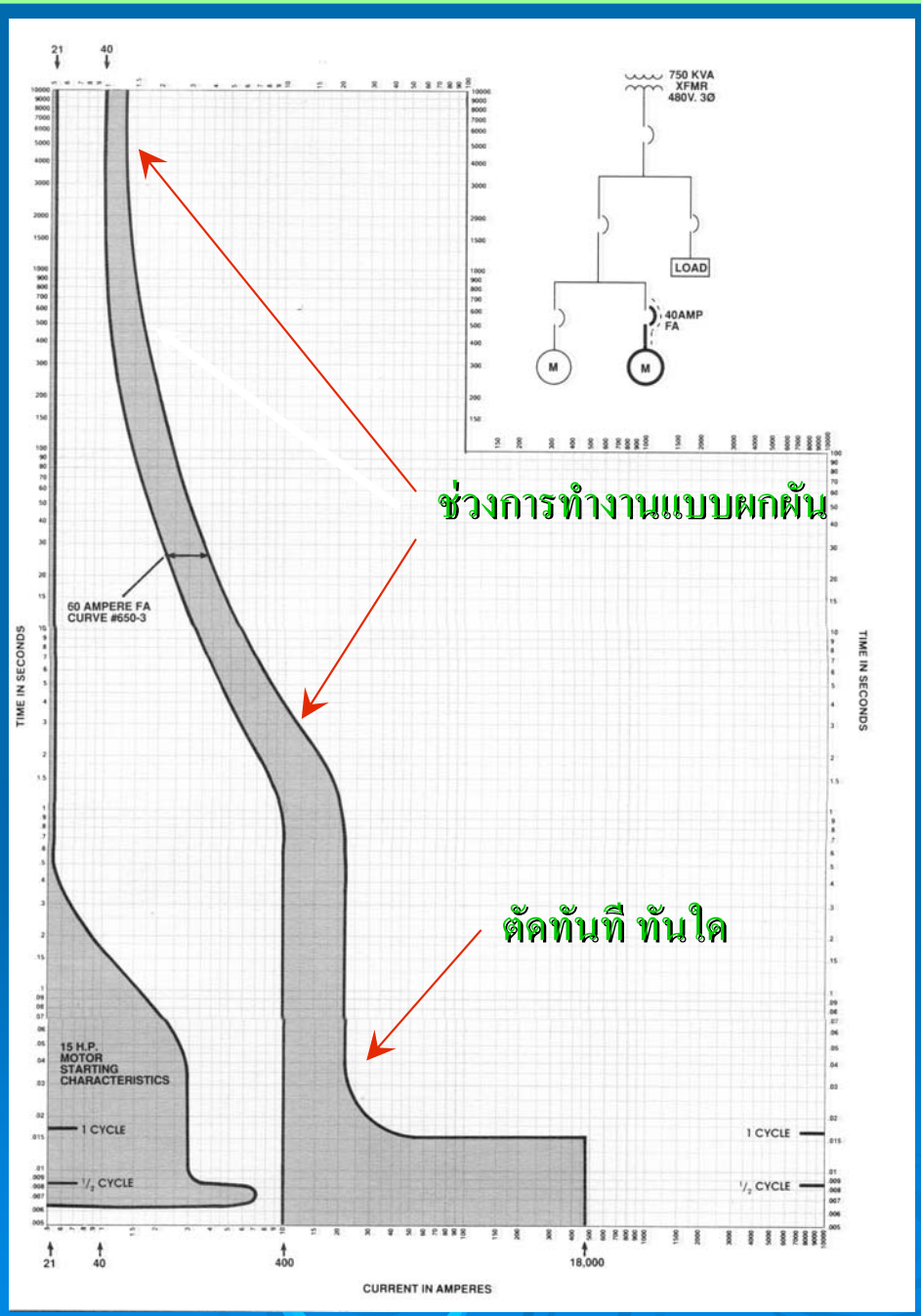
4) เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบเวลาผกผัน

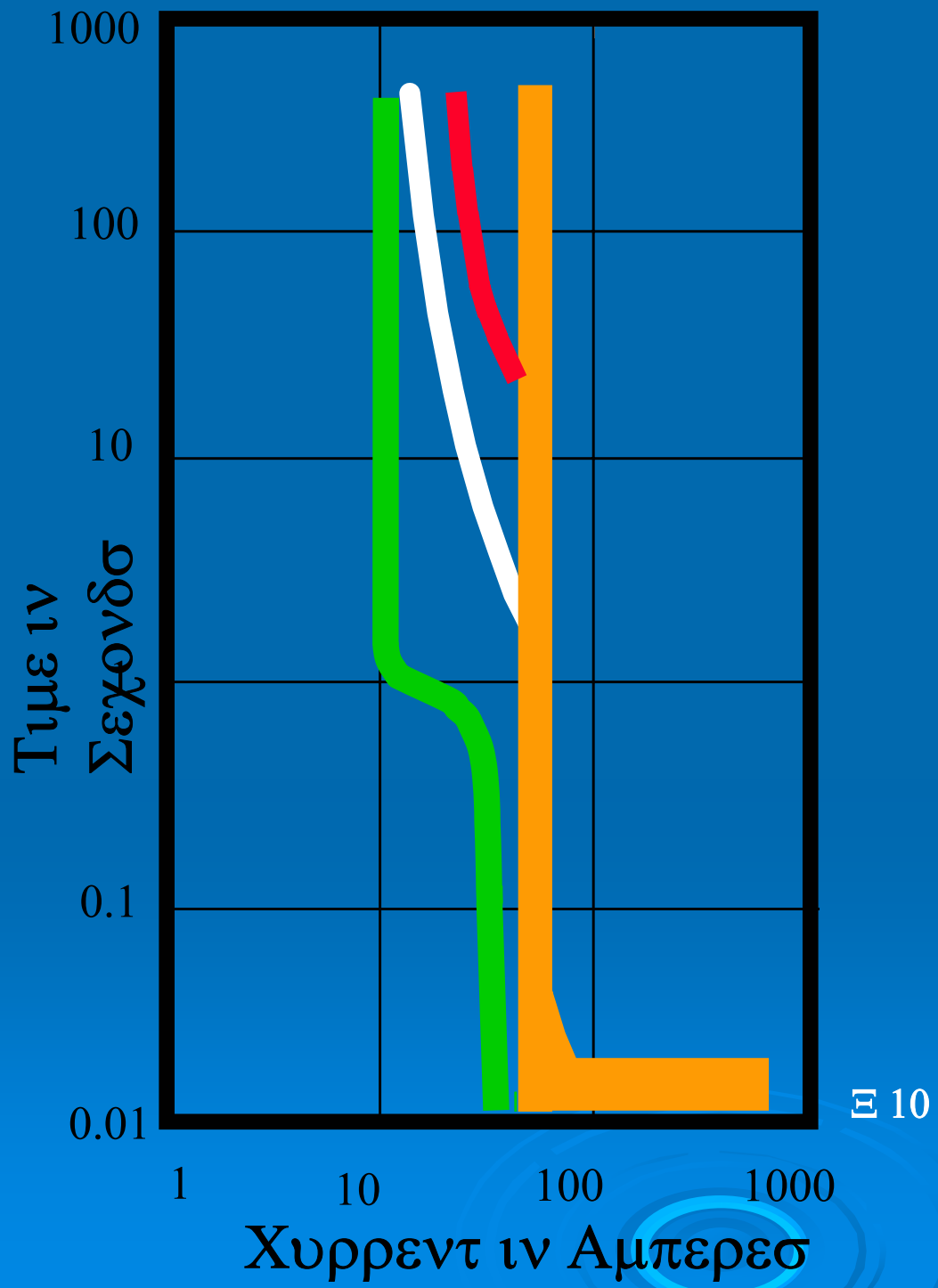
- ขนาดไม่เกิน 100 A ใช้ $4\ I_n$ **(400%)**
- ถ้าขนาดเกิน 100 A ใช้ $3\ I_n$ **(300%)**

5) Fuse ขนาดเกิน 600 A

ให้ใช้ขนาดถัดสูงขึ้น แต่ต้องไม่เกิน $3\ I_n$ **(300%)**

กราฟแสดงคุณสมบัติเซอร์กิตเบรคเกอร์แบบเวลาผกผัน





Ξ 10

Circuit Breaker

Motor Damage Curve

Overload Relay

Motor Starting Curve

ตารางที่ 6.3 พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย และการป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	Fuse ทำงานไว	Fuse หน่วงเวลา	CB ปลดทันที	CB เวลาผกผัน
มอเตอร์ 1 เฟส ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ทั้งหมดและมอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอก และแบบซิงโครนัส ซึ่งเริ่มเดินโดยรับ แรงดันไฟฟ้าเต็มที่หรือเริ่มเดินผ่านตัวต้านทานหรือรีแอกเตอร์				
▪ 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

ตารางที่ 6.3 (ต่อ) พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย และการป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	Fuse ทำงานไว	Fuse หน่วงเวลา	CB ปลดทันที	CB เวลาผกผัน
มอเตอร์กระแสสลับทั้งหมด แบบกรงกระรอก และแบบซิงโครนัส ซึ่งเริ่มเดินโดยผ่านหม้อแปลงออโต				
กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
▪ ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	200
กระแสเกิน 30 แอมแปร์				
▪ ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
▪ รหัสอักษร F ถึง V	250	175	700	200
▪ รหัสอักษร B ถึง E	200	175	700	200
▪ รหัสอักษร A	150	150	700	150

ตารางที่ 6.3 (ต่อ) พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย และการป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	Fuse ทำงานไว	Fuse หน่วงเวลา	CB ปลดทันที	CB เวลาผกผัน
มอเตอร์ แบบกรงกระรอก				
กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	250
กระแสเกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
มอเตอร์ แบบวาวด์โรเตอร์				
ไม่มีรหัสอักษร	150	150	700	150
มอเตอร์ กระแสตรง (แรงดันคงที่)				
ขนาดไม่เกิน 50 แรงม้า				
• ไม่มีรหัสอักษร	150	150	250	150
ขนาดเกิน 50 แรงม้า				
• ไม่มีรหัสอักษร	150	150	175	150

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
G	5.6 – 6.29
H	6.3 – 7.09
J	7.1 – 7.99
K	8.0 – 8.99
L	9.0 – 9.99

ตารางที่ 6-4 (ต่อ) รหัสอักษรแสดงการล็อกโรเตอร์

รหัสอักษร	เควีเอต่อแรงม้า ขณะล็อกโรเตอร์
M	10.0 – 11.19
N	11.2 – 12.49
P	12.5 – 13.99
R	14.0 – 15.99
S	16.0 – 17.99
T	18.0 – 19.99
U	20.0 – 22.39
V	ตั้งแต่ 22.4 ขึ้นไป

หมายเหตุ รหัสอักษรของมอเตอร์ เป็นตัวแสดงค่ากระแส Start ของมอเตอร์ตามมาตรฐาน NEMA

ตัวอย่างที่ 6.7 การหาค่ารหัสอักษร

- มอเตอร์แบบกรงกระรอก ขนาด 10 HP กระแส 17 A 380 V มีกระแสล๊อคโรเตอร์ 50 แอมแปร์ ไม่ระบุรหัสอักษร จงหาขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร เมื่อกำหนดให้ใช้ เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบเวลาผกผัน

<u>วิธีทำ</u>

1. หารหัสอักษรคือ kVA/HP

$$kVA = (\sqrt{3} \times 50 \times 380)/1{,}000 = 32.9\ kVA$$

$$kVA/HP = 32.9/10 = \underline{3.29}$$

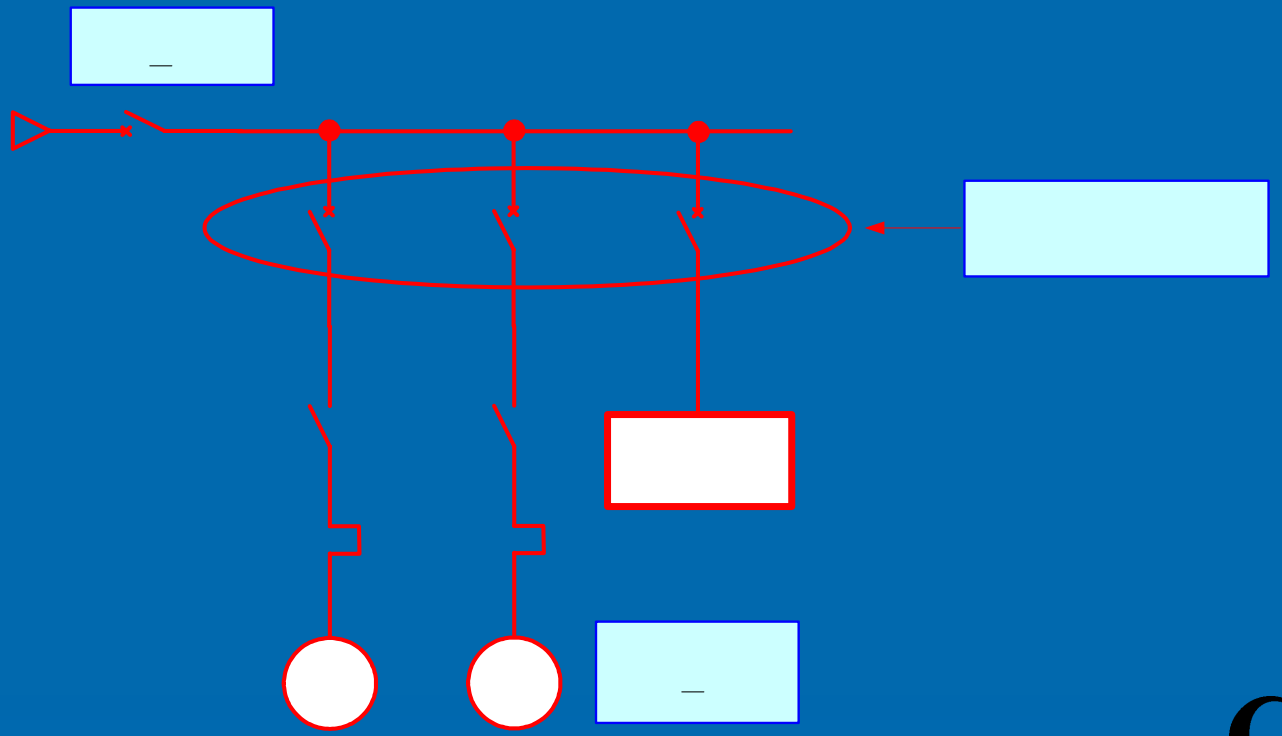
เทียบจาก <u>ตารางที่ 6-4</u> ได้รหัสอักษร B

2. หาขนาด CB จาก <u>ตารางที่ 6-3</u> ได้ค่า K = 200 %

$$I_{CB} = 2 \times 17 = \underline{34\ A}$$

วงจรย่อยที่มีมอเตอร์หลายตัว หรือมีโหลดอื่น

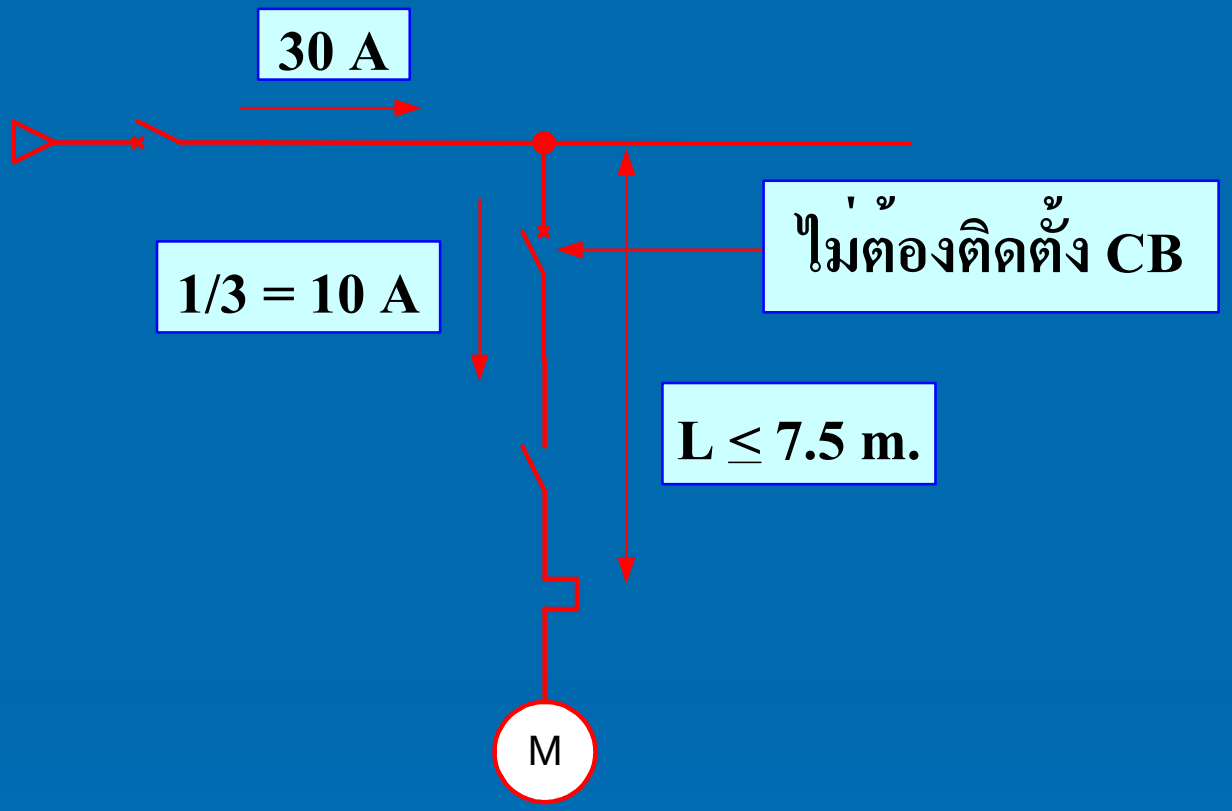
- วงจรย่อยไม่เกิน 15 A ไม่ต้องมี CB ถ้า



CB < 15 A

- มอเตอร์ไม่เกิน 1 HP.
- วงจรย่อยขนาดไม่เกิน 15 A
- กระแสพิกัด (I_{FL}) แต่ละเครื่องไม่เกิน 6 A
- ขนาด O/L ของเครื่องควบคุม ต้องไม่เกิน CB วงจรย่อย

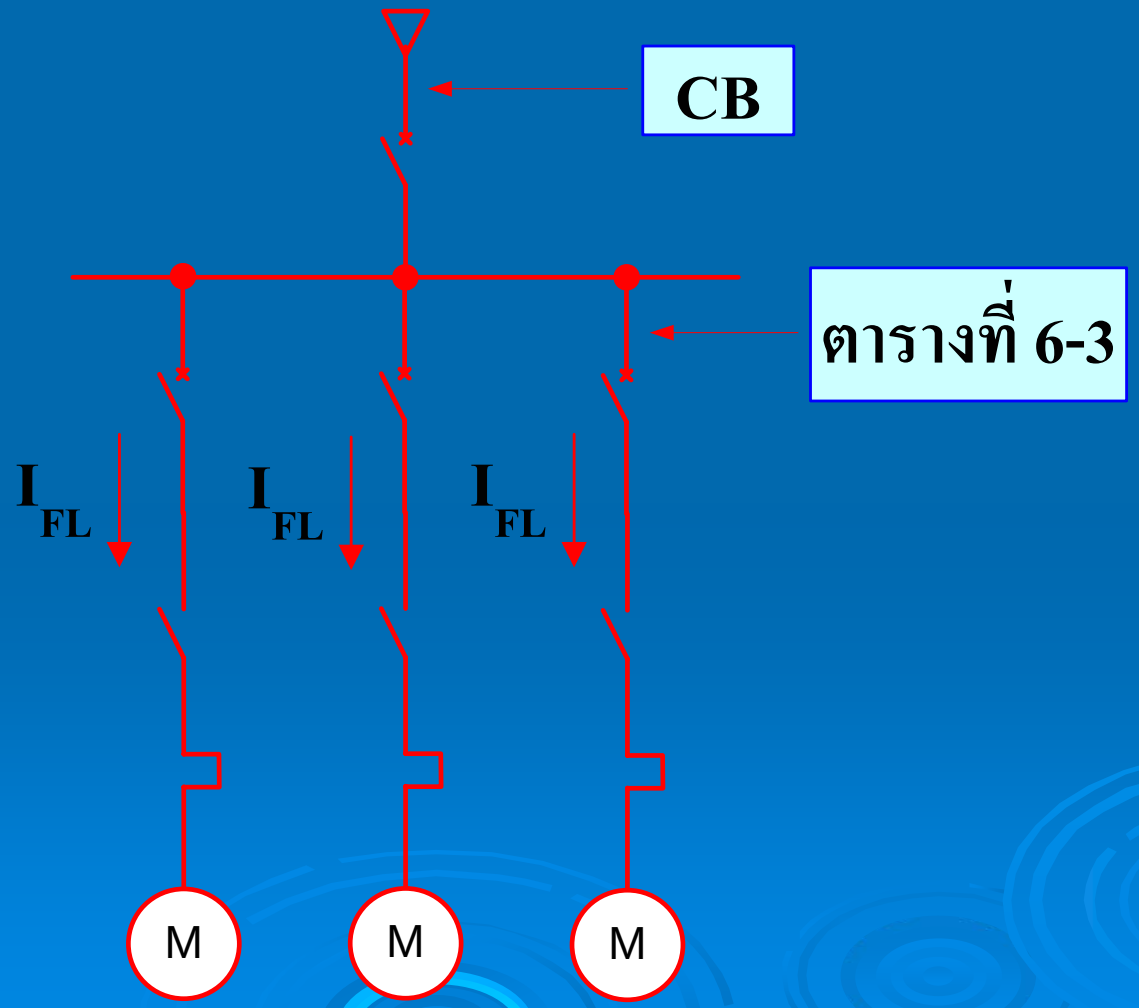
การต่อแยกเข้ามอเตอร์ตัวเดียว



- การต่อแยกเข้ามอเตอร์ ต้องมี CB ที่จุดต่อแยก ยกเว้น
  - ขนาดกระแสในวงจรต่อแยกไม่ต่ำกว่า 1/3 ของ กระแสวงจรย่อย
  - ระยะจากจุดต่อแยกถึง O/L ไม่เกิน 7.5 m.

การป้องกันกระแสลัดวงจรและป้องกันการรั่วลงดิน ของสายป้อนสำหรับมอเตอร์ต่อร่วมกับโหลดอื่น

I_{CB} = CB ตัวใหญ่สุด + I_{FL} มอเตอร์ที่เหลือ



ตัวอย่างที่ 6.8 การหา CB ของสายป้อน

- มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก เริ่มเดินผ่านรีแอกเตอร์ รายละเอียดดังนี้

M1 มอเตอร์ขนาด 10 HP ,380 V 17 A กระแสล๊อคโรเตอร์ 50 A ไม่ระบุรหัสอักษร

M2 มอเตอร์ขนาด 50 HP ,380 V 79 A รหัสอักษร A

M3 มอเตอร์ขนาด 40 HP ,380 V 63 A รหัสอักษร A

- จงหา ขนาดเครื่องป้องกันการลัดวงจรสำหรับมอเตอร์แต่ละตัว และขนาดเครื่องป้องกันของสายป้อน กำหนดใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบเวลาผกผัน
- หาขนาดกระแสของสายป้อน กำหนดใช้สาย มอก. 11-2531 ตารางที่ 4 เดินในท่อโลหะลอย

ตัวอย่างที่ 6.8 (ต่อ)

วิธีทำ

1. มอเตอร์ M1 หารหัสอักษรคือ kVA/HP

$$kVA = (\sqrt{3} \times 50 \times 380)/1{,}000 = 32.9\ kVA$$

$$kVA/HP = 32.9/10 = 3.29$$

เทียบจาก ตารางที่ 6-4 ได้รหัสอักษร B

หาขนาด CB จาก ตารางที่ 6-3 ได้ค่า K = 200 %

$$I_{CB,M1} = 2 \times 17 = 34\ A$$

เลือกใช้ CB ขนาด 40 A

ตัวอย่างที่ 6.8 (ต่อ)

วิธีทำ

2. มอเตอร์ M2 หาค่า K รหัสอักษร A ตารางที่ 6-3 ได้ค่า 150%

หาขนาด CB จาก ได้ค่า K = 150 %

$I_{CB,M2} = 1.5 \times 79 =$ **118.5 A**

เลือกใช้ CB ขนาด **125 A**

3. มอเตอร์ M3 หาค่า K รหัสอักษร A ตารางที่ 6-3 ได้ค่า 150%

หาขนาด CB จาก ได้ค่า K = 150 %

$I_{CB,M3} = 1.5 \times 63 =$ **94.5 A**

เลือกใช้ CB ขนาด **100 A**

ตัวอย่างที่ 6.8 (ต่อ)

วิธีทำ

4. หาเซอร์กิตเบรกเกอร์ของสายป้อน

$$I_{CB} = \text{CB ตัวใหญ่สุด} + I_{FL} \text{ มอเตอร์ที่เหลือ}$$

$$I_{CB} = 125 + 17 + 63 = \mathbf{205\ A}$$

เลือกใช้ CB ขนาด **200 A** หรือ **225 A**

4. หาขนาดกระแสของสายป้อน

$$I_F \geq (1.25 \times I_{M,MAX}) + (I_{M1} + \ldots I_{MN})$$

$$I_F = (1.25 \times 79) + (17+63) = \mathbf{178.75\ A}$$

จากตารางที่ 5-11 ใช้สายขนาด 3 x 95 $mm.^2$ (187 A)

วงจรควบคุมมอเตอร์

การป้องกันกระแสเกิน

วงจรควบคุมมอเตอร์ที่ต่อแยกจาก ด้านโหลดรวมทั้งหม้อแปลง สำหรับวงจรควบคุมต้องมีการป้องกระแสเกิน

ยกเว้น

วงจรควบคุมที่ประกอบสำเร็จ อยู่ภายในกล่องเครื่องควบคุมมอเตอร์

วงจรควบคุมมอเตอร์ (ต่อ)

การปลดวงจร

1) ต้องจัดวงจรควบคุมมอเตอร์ในลักษณะที่ เมื่อเครื่องปลดวงจรอยู่ในตำแหน่ง “ ปลด ” วงจรควบคุมจะถูกปลด ออกจากตัวนำจ่ายไฟฟ้า

2) ในกรณีที่มีหม้อแปลงเพื่อลดแรงดัน สำหรับใช้ในวงจรควบคุม และติดตั้งอยู่ภายในเครื่องควบคุมหม้อแปลง หรืออุปกรณ์ดังกล่าว ต้องต่อทางด้านโหลดของเครื่องปลดวงจรของวงจรควบคุมมอเตอร์

เครื่องควบคุมมอเตอร์

การออกแบบเครื่องควบคุมมอเตอร์

- ต้องสามารถเริ่มเดินหรือหยุดมอเตอร์ได้ และต้องตัดกระแสเมื่อมอเตอร์หมุนไม่ไหวได้ด้วย
- เครื่องเริ่มเดินแบบ Auto Transformer ต้องมีตำแหน่งหยุดเดิน และเริ่มเดิน

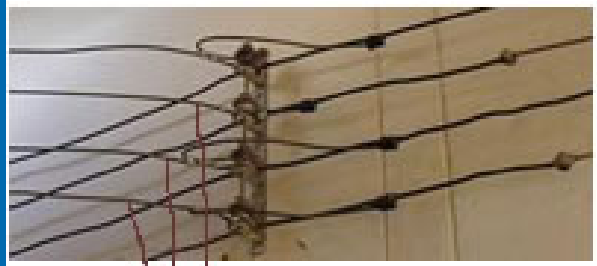
พิกัด

- เครื่องควบคุมต้องมีพิกัด (HP OR kW) ไม่น้อยกว่าของมอเตอร์

ยกเว้น

1) มอเตอร์พิกัดไม่เกิน 2 HP แรงดันไม่เกิน 416 V ให้ใช้สวิทซ์แบบใช้งานทั่วไปได้ แต่พิกัดไม่น้อยกว่า $2I_n$

2) เครื่องควบคุม (Torque Motor) กระแสพิกัดไม่น้อยกว่า I_n



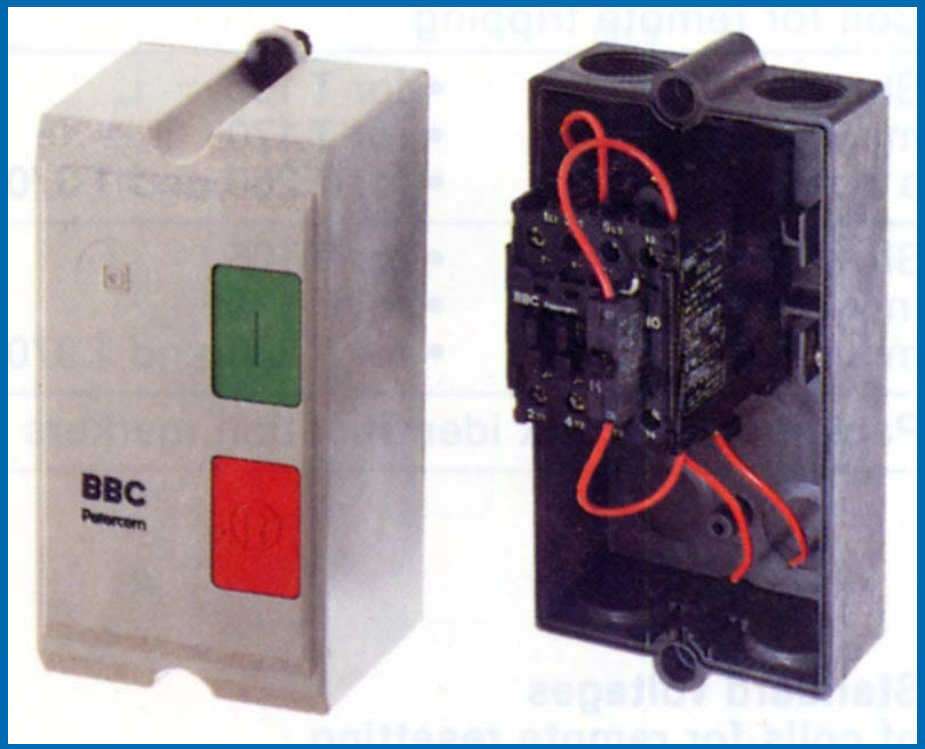
อุปกรณ์ปลดวงจร

อุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร

ชุดควบคุมมอเตอร์

อุปกรณ์ป้องกันไหลเกิน

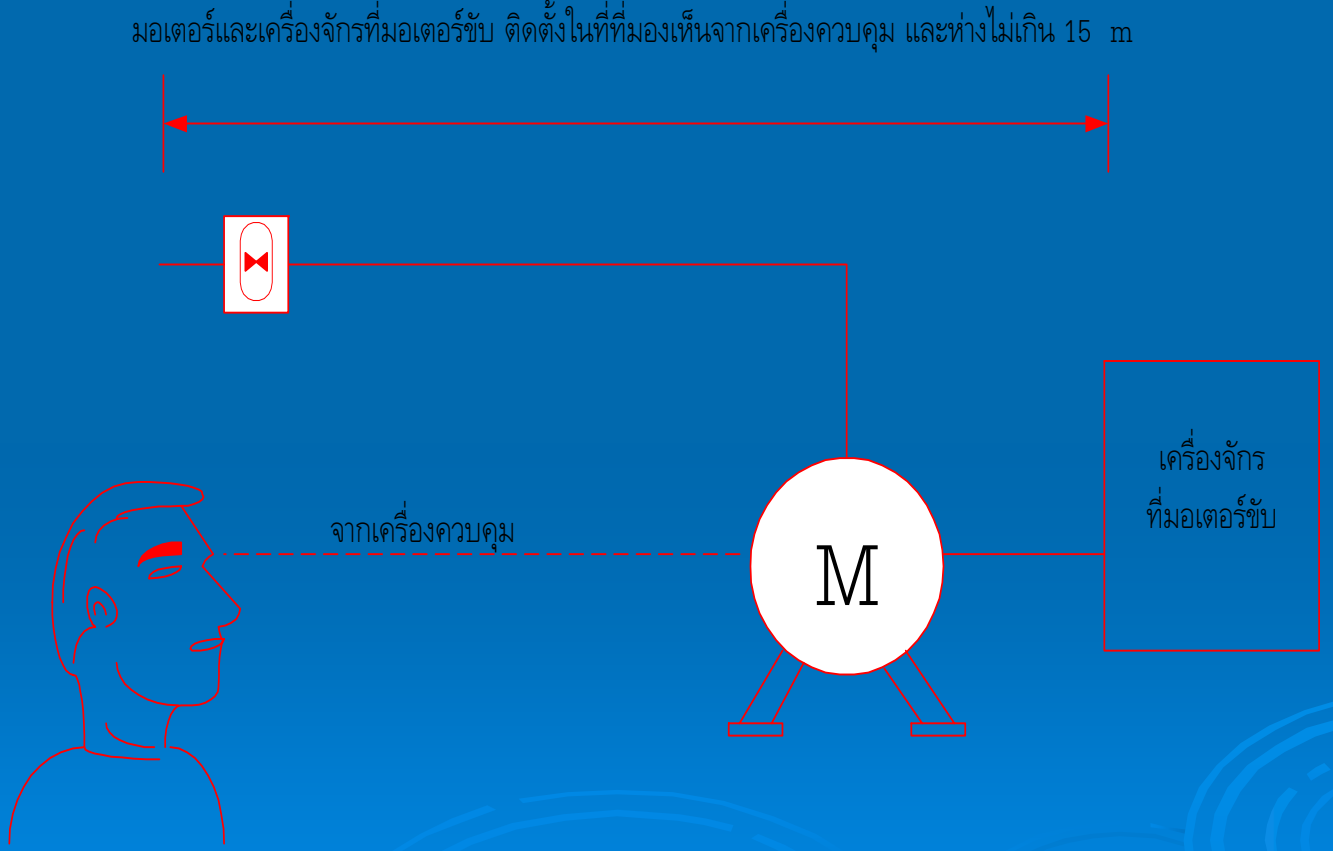
มอเตอร์



เครื่องควบคุมมอเตอร์ (ต่อ)

ที่ตั้ง - ในตำแหน่งที่มองเห็นได้

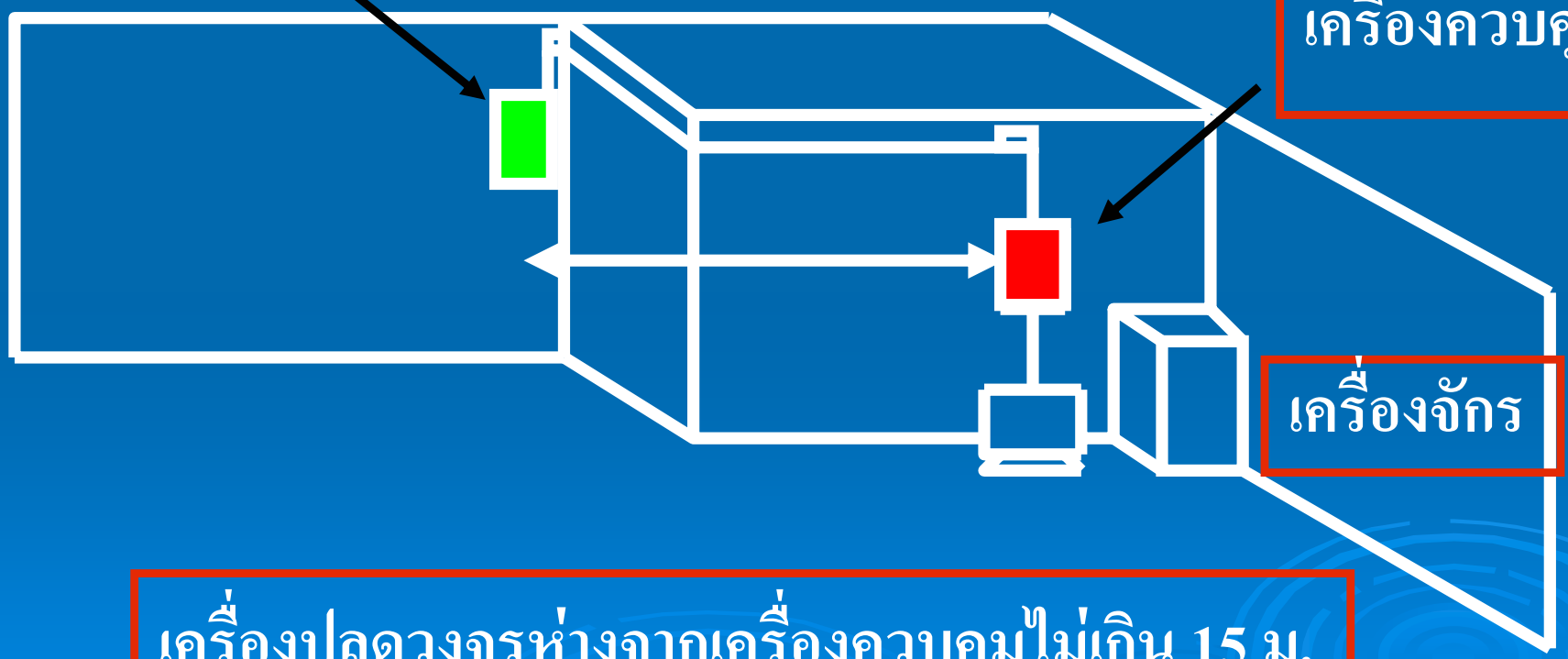
- ไม่เกิน 15 m



การติดตั้งเครื่องควบคุมมอเตอร์

ที่ตั้ง

เครื่องปลดวงจร
ต้องใส่กุญแจได้



เครื่องปลดวงจรห่างจากเครื่องควบคุมไม่เกิน 15 ม.

เครื่องควบคุมมอเตอร์ (ต่อ)

การใช้สวิทซ์และฟิวส์เป็นเครื่องควบคุม

- สวิทซ์และฟิวส์ ใช้เป็นเครื่องควบคุมวงจรมอเตอร์ได้ ถ้าเป็นไปตามข้อกำหนดในตอน ค. (วสท. หน้า 6-6) เรื่องการป้องกันการใช้งานเกินกำลังของมอเตอร์ แต่ถ้าเป็นฟิวส์ชนิดทำงานช้า อาจลดขนาดลงมาได้ตามความเหมาะสม

Magnetic Contactor

การเลือกใช้

- พิกัดแรงดัน
- พิกัดกำลังไฟฟ้า
- คุณสมบัติของโหลด
- ลักษณะการใช้งาน (Making & Breaking)

Making & Breaking Capacity

- **Making Capacity** คือ พิกัดหน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้าขณะที่เริ่มเดินมอเตอร์
- **Breaking Capacity** คือ พิกัดหน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้าขณะที่หยุดเดินมอเตอร์

การเลือกใช้ Contactors (IEC 947-4)

ภาคผนวก ฎ

AC-2	Slip-ring motors : starting ,switching off
	สำหรับมอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์ ซึ่งขณะปิด และเปิด จะมีกระแส 2-5 เท่า ของกระแสพิกัดของมอเตอร์
AC-3	Squirrel-cage motors : starting ,switching off motors during running
	สำหรับมอเตอร์แบบกรงกระรอก ซึ่งขณะเดินเครื่องจะมีกระแส 5-7 เท่า ของกระแสพิกัด ส่วนในขณะหยุดเครื่องจะมีกระแสเท่ากับกระแสพิกัดมอเตอร์
AC-4	Squirrel-cage motors : starting ,plugging ,inching
	สำหรับมอเตอร์ที่มีการใช้งานเป็นช่วงสั้นๆ ติดต่อกัน มีการเดิน และหยุดเครื่องบ่อยครั้ง

เครื่องปลดวงจร

- ต้องปลดมอเตอร์และเครื่องควบคุมพร้อมกันได้อย่างปลอดภัย
- ต้องปลดทุกสายได้พร้อมกัน
- มีเครื่องหมายอย่างชัดเจน ว่าอยู่ในตำแหน่งปลดหรือสับ
- มองเห็นได้จากตำแหน่งเครื่องจักร และห่างจากเครื่องควบคุมไม่เกิน 15 เมตร
- สำหรับมอเตอร์แรงสูง ห่างจากเครื่องควบคุมเกิน 15 เมตร ได้ถ้าที่เครื่องควบคุมติดป้ายเตือน และสามารถใส่กุญแจได้ในตำแหน่งปลด

พิกัดกระแสของเครื่องปลดวงจร

- เครื่องปลดวงจรของมอเตอร์ระบบแรงต่ำ ต้องมีพิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 115 % ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

$$I_{DS} \geq 1.15 \times I_M$$

โดยที่

I_{DS} = พิกัดกระแสของเครื่องปลดวงจร (A)

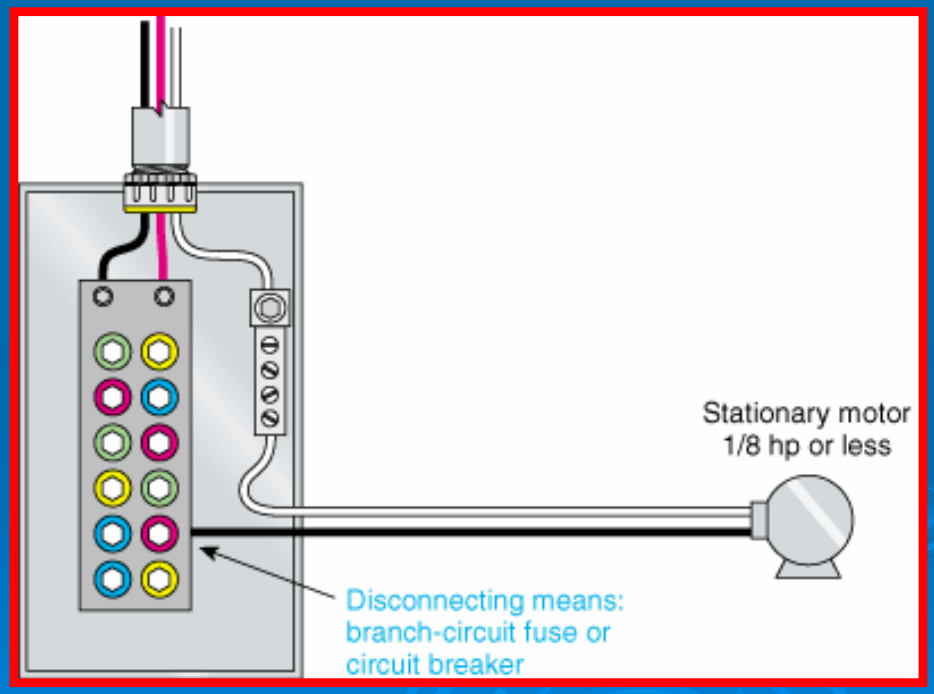
I_M = กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ (A)

ชนิดของเครื่องปลดวงจร

- เครื่องปลดวงจรของระบบแรงต่ำเป็น ต้องเป็นสวิทซ์ ที่ใช้กับ Inductive Load หรือเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์
- ข้อยกเว้น

ข้อยกเว้น 1

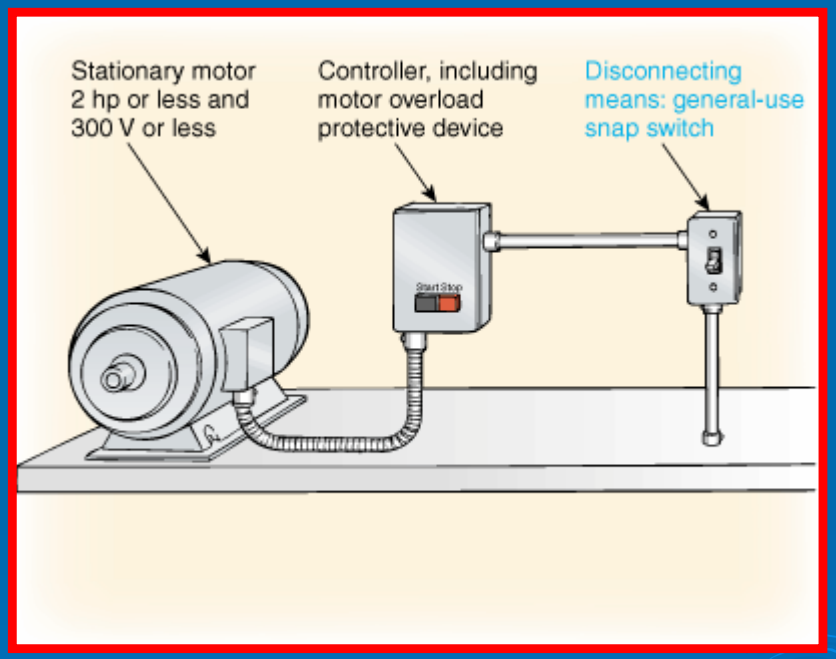
มอเตอร์ติดตั้งประจำที่ขนาดไม่เกิน 1/8 HP อนุญาตให้ใช้CB ของวงจรย่อยเป็นเครื่องปลดวงจรได้



ชนิดของเครื่องปลดวงจร (ต่อ)

ข้อยกเว้น 2

สำหรับมอเตอร์ติดตั้งประจำที่ขนาดไม่เกิน 2 HP แรงดันไม่เกิน 416 V อนุญาตให้ใช้สวิตช์ใช้งานทั่วไปที่มีพิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 2 เท่าของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์เป็นเครื่องปลดวงจรได้



$$I_S \geq 2 \times I_M$$

ชนิดของเครื่องปลดวงจร (ต่อ)

ข้อยกเว้น 3

มอเตอร์ขนาด 2-100 HP เครื่องปลดวงจรสำหรับมอเตอร์ ซึ่งใช้เครื่องควบคุมแบบหม้อแปลงออโต้ (Auto Transformer Type Controller) อนุญาตให้ใช้สวิตช์ใช้งานทั่วไป เป็นเครื่องปลดวงจรได้ ถ้ามีสภาพดัง ต่อไปนี้ทุกประการ

3.1) เป็นมอเตอร์ที่หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่มีเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังทางด้านโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.2) เครื่องควบคุมมอเตอร์สามารถตัดกระแสล็อคโรเตอร์ได้ มีเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังที่มีพิกัดหรือขนาดปรับตั้งไม่เกินร้อยละ 125 ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ และต้องเป็นชนิดที่ปลดวงจรออกเมื่อไม่มีไฟ (No-Voltage Release)

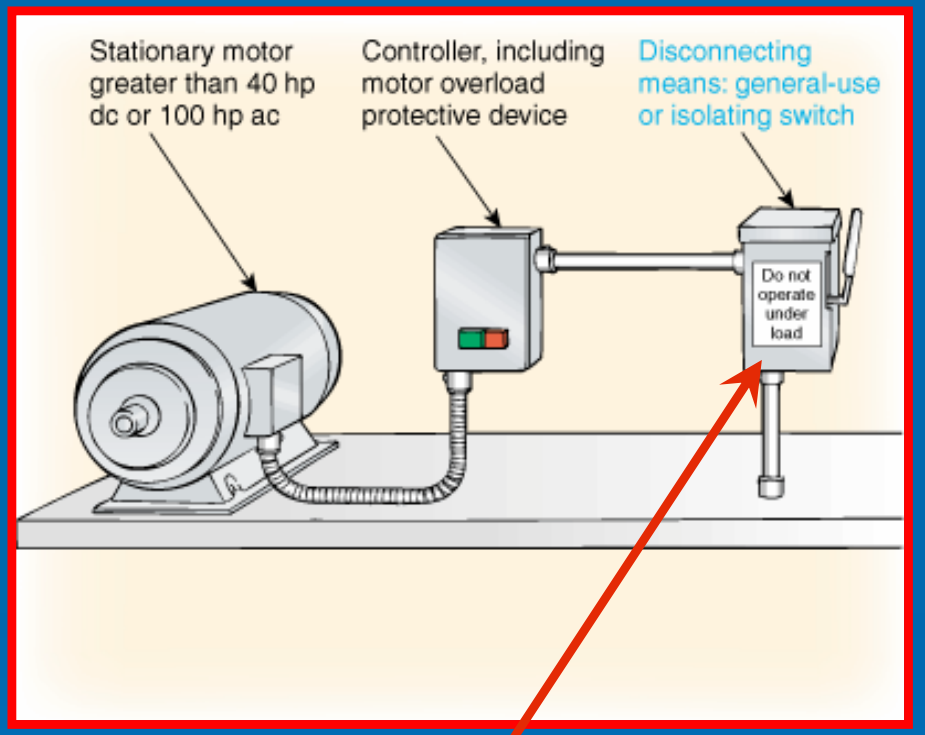
3.3) Fuse ที่แยกเป็นส่วนต่างหากหรือ CB แบบเวลาผกผันที่มีขนาดหรือการปรับตั้งไม่เกินร้อยละ 150 ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์เป็นเครื่องป้องกันวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของเครื่องปลดวงจร (ต่อ)

ข้อยกเว้น 4

มอเตอร์ D.C. ติดตั้งประจำที่ขนาดเกิน 40 HP หรือมอเตอร์ A.C.ติดตั้งประจำที่ขนาดเกิน 100 HP อนุญาตให้ใช้สวิตช์ใช้งานทั่วไปเป็นเครื่องปลดวงจรได้ ถ้ามีป้ายเตือนว่า

" **ห้ามสับ หรือปลดขณะมีโหลด** " และมีอุปกรณ์ป้องกันการปลดสับโดยพลั้งเผลอ เช่น กุญแจ

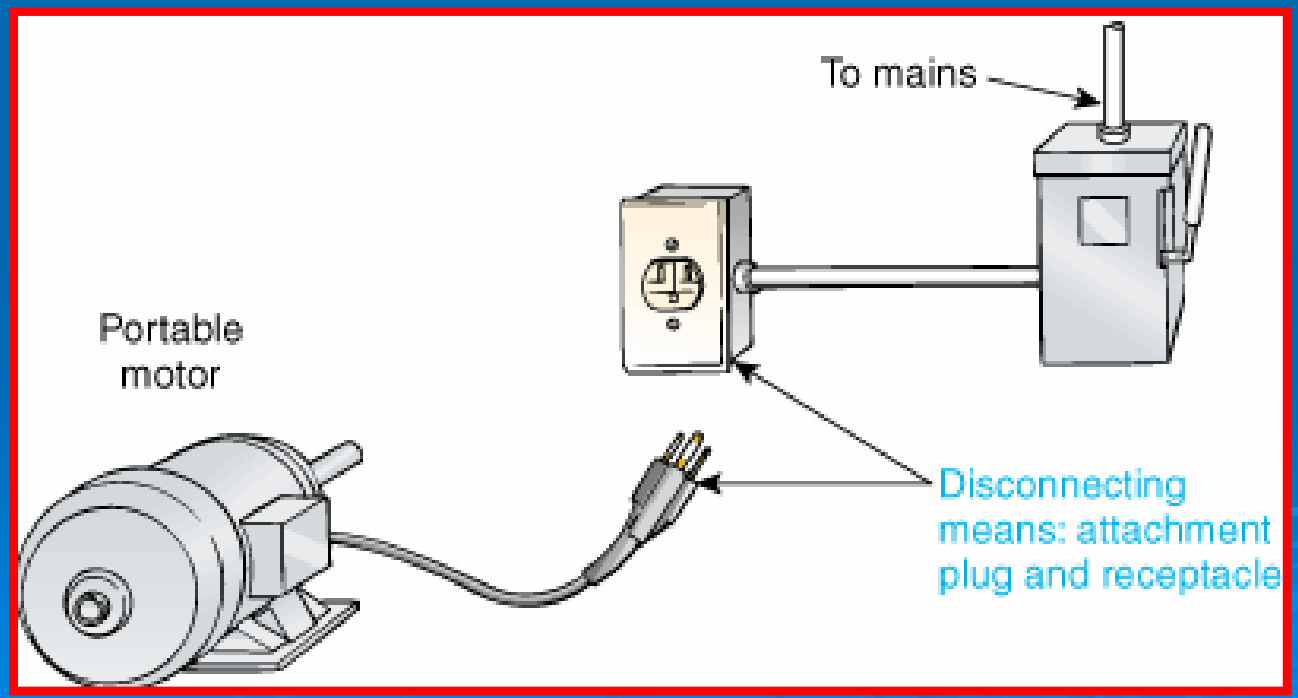


ห้ามสับหรือปลดขณะมีโหลด

ชนิดของเครื่องปลดวงจร (ต่อ)

ข้อยกเว้น 5

มอเตอร์แบบต่อด้วยสายและเต้าเสียบ อนุญาตให้ใช้เต้าเสียบเป็นเครื่องปลดวงจรได้



การใช้สวิทซ์ หรือ CB เป็นทั้งเครื่องควบคุมและเครื่องปลดวงจร

อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้า

1) ขนาดสอดคล้องกับขนาดมอเตอร์

2) สามารถปลดตัวนำเส้นไฟได้หมด

3) มีเครื่องป้องกันกระแสเกิน

ต้องเป็นชนิดใดชนิดหนึ่งดังนี้

1) เป็น Air-Break Switch ชนิดปลดสับด้วยมือที่ก้านโดยตรง

2) Inverse Time CB

3) Oil Switch ไม่เกิน 100 A

เครื่องปลดวงจรประจำแต่ละตัว

- **มอเตอร์แต่ละตัวต้องมีเครื่องปลดวงจรประจำตัว**

ยกเว้น

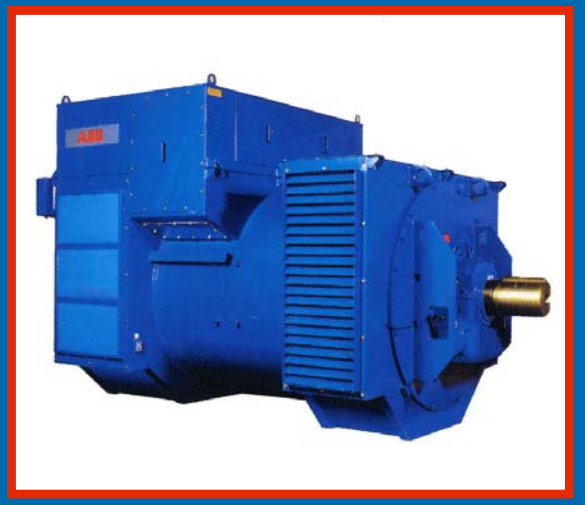
เครื่องปลดวงจร ชุดเดียวใช้กับกลุ่มมอเตอร์ได้ตาม

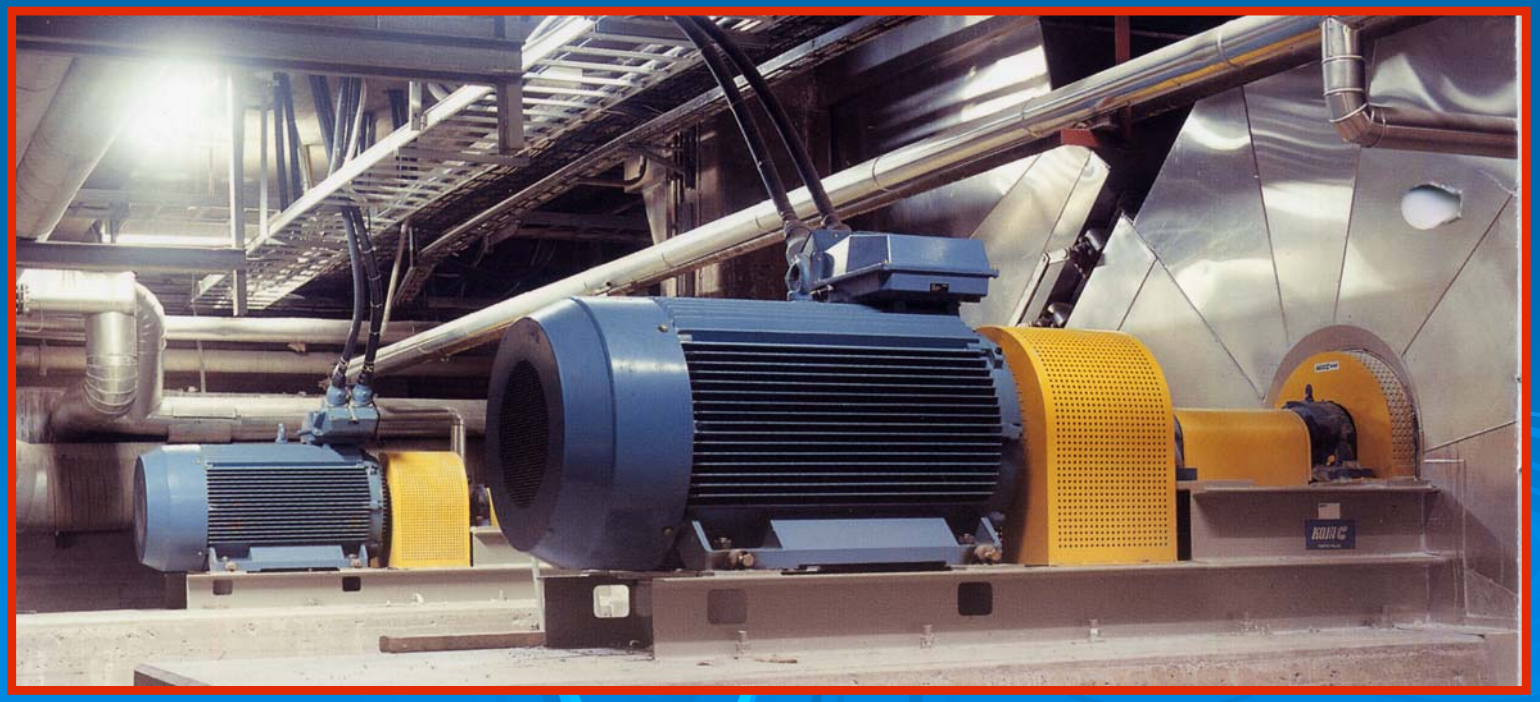
1) มอเตอร์เหล่านั้นอยู่ในเครื่องจักรเดียวกัน
2) มอเตอร์เหล่านั้นใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินเดียวกัน
3) มอเตอร์เหล่านั้นอยู่ในห้องเดียวกัน

และสามารถมองเห็นได้จากจุดที่ติดตั้ง

และห่างไม่เกิน 15 m จาก เครื่องควบคุม

มอเตอร์แรงสูง





มอเตอร์สำหรับระบบแรงสูง

เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับมอเตอร์แรงสูง

- ***การระบุเครื่องหมายของเครื่องควบคุม***

  - เครื่องควบคุมต้องระบุแรงดันไฟฟ้าสำหรับวงจรควบคุม

- ***ท่อร้อยสายเข้ามอเตอร์***

  - ท่อโลหะอ่อนต้องยาวไม่เกิน ***1.80 m***

- ***การป้องกันกระแสเกินของวงจรมอเตอร์***

  - ต้องมีการป้องกันการใช้งานเกินกำลังและมีการป้องกันการลัดวงจรของมอเตอร์และสายวงจร

มอเตอร์สำหรับระบบแรงสูง (ต่อ)

1) การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง

- ต้องมีการป้องกันความร้อนสูง
- วงจร Secondary ของ Wound Rotor ถือว่าได้รับการป้องกันจากทางด้าน Primary
- เครื่องป้องกันการใช้งานเกิน ต้องปลดทุกเส้นไฟได้พร้อมกัน
- เครื่องตรวจจับต้องไม่สามารถ Reset เองได้ ยกเว้นปรับให้ทำได้โดยอัตโนมัติ

มอเตอร์สำหรับระบบแรงสูง (ต่อ)

2) การป้องกันกระแสลัดวงจร

- ใช้ Fuse หรือ CB แบบที่เหมาะสม
- เครื่องตัดกระแสลัดวงจรต้อง
  ไม่สามารถต่อวงจรได้เองโดยอัตโนมัติ
- เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง
  และเครื่องป้องกันลัดวงจร
  อาจเป็นเครื่องเดียวกันได้

มอเตอร์สำหรับระบบแรงสูง (ต่อ)

พิกัดของเครื่องควบคุมมอเตอร์

- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่าค่ากระแสของเครื่องป้องกันใช้งานเกินกำลัง

เครื่องปลดวงจร

- ต้องสามารถใส่กุญแจในตำแหน่งปลดได้

การป้องกันส่วนที่มีไฟฟ้า

ข้อกำหนดนี้ ใช้ได้ทั้งระบบแรงต่ำและแรงสูง

ที่ซึ่งต้องมีการป้องกัน

ส่วนที่มีไฟฟ้าของมอเตอร์และเครื่องควบคุม

- ระบบแรงดันตั้งแต่ 50 V ขึ้นไป
- มีโอกาสสัมผัสได้

ต้องมีการป้องกันโดย

1) มีเครื่องห่อหุ้ม
2) ติดตั้งในสถานที่เหมาะสมดังนี้
   - อยู่ในห้องหรือที่ล้อม เข้าถึงได้เฉพาะคนที่เกี่ยวข้อง
   - ติดตั้งยกพื้น หรือโครงสร้างที่ยกสูง
   - สูงจากพื้น ไม่น้อยกว่า 2.50 m

การป้องกันส่วนที่มีไฟฟ้า (ต่อ)

การป้องกันสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้อง

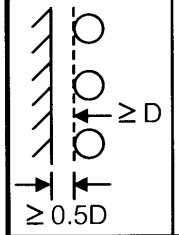
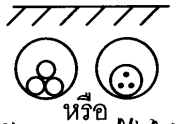
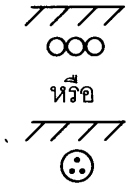
- ต้องปูพื้นด้วยฉนวน หรือยกพื้นเป็นฉนวนที่เหมาะสม
- ไม่อาจสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าโดยง่าย

การต่อลงดิน

- ***จุดประสงค์***
  - เพื่อไม่ให้แรงดันไฟฟ้าสูงกว่าดินเมื่อเกิดไฟรั่วลงที่โครงมอเตอร์
- โครงมอเตอร์ที่ใช้แรงดันเกิน 50 V ต้องต่อลงดิน

ยกเว้น ไม่ต้องต่อลงดิน เมื่อ

- ใช้แรงดันไม่เกิน 50 V
- รับไฟจากหม้อแปลงลดแรงดัน และเป็นหม้อแปลงนิรภัย
- เป็นมอเตอร์ชนิดมีฉนวนสองชั้น

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)						
	วิธีการเดินสาย (หมายเหตุ 2)						
							
	ก	ข	ค		ง		จ
			ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	
0.5	9	8	8	7	10	9	-
1	14	11	11	10	15	13	21
1.5	17	15	14	13	18	16	26
2.5	23	20	18	17	24	21	34
4	31	27	24	23	32	28	45
6	42	35	31	30	42	36	56
10	60	50	43	42	58	50	75
16	81	66	56	54	77	65	97
25	111	89	77	74	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	370	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	599	455	552
500	818	-	541	469	684	516	623

มอก. 11-2531 ตารางที่	ชนิดของสาย	ชื่อเรียก	แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด(โวลต์)	ลักษณะการติดตั้ง
4	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนแกนเดียว	THW	750	• เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน • เดินในช่องเดินสายในสถานที่แห้ง • ห้ามฝังดินโดยตรง • เดินร้อยท่อฝังดินได้แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าภายในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ
5	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกแกนเดียวและสายแบน 2 แกน	VVF VVF-S	750	**สายกลม** • เดินลอย • เดินเกาะผนัง • เดินซ่อน (Conceal) ในผนัง • เดินในช่องเดินสาย • เดินร้อยท่อฝังดินได้แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าภายในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ **สายแบน** • เดินเกาะผนัง • เดินซ่อน (Conceal) ในผนัง • ห้ามเดินในช่องเดินสาย ***ยกเว้น*** *รางเดินสาย* • ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
6	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกแกนเดียว	NYY	750	• ใช้งานทั่วไป • เดินร้อยท่อฝังดิน • ฝังดินโดยตรง

จบเรื่องมอเตอร์

ช่วงตอบคำถาม

บริภัณฑ์ไฟฟ้า

- โคมไฟฟ้า สวิทซ์ เต้ารับ และเต้าเสียบ
- มอเตอร์ วงจรมอเตอร์ และเครื่องควบคุม
- ***หม้อแปลง ห้องหม้อแปลง และลานหม้อแปลง***
- คาปาซิเตอร์

6.4 หม้อแปลง ห้องหม้อแปลง และลานหม้อแปลง

ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า

- ชนิดแห้ง (Dry Type Transformer)
- ชนิดฉนวนของเหลวติดไฟได้ (Flammable Liquid-Insulated Transformer)
- ชนิดฉนวนของเหลวติดไฟยาก (Less-Flammable Liquid-Insulated Transformer)
- ชนิดฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ (Nonflammable Liquid-Insulated Transformer)

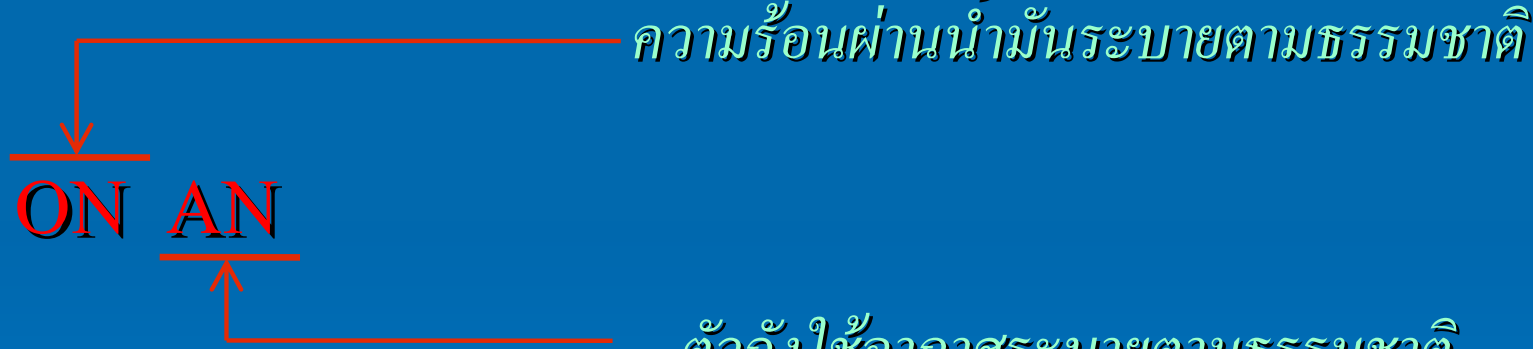
สัญลักษณ์แสดงการระบายความร้อน และลักษณะการระบายความร้อน

ตัวกลางระบายความร้อน	สัญลักษณ์
น้ำมัน	O
ก๊าซ	G
น้ำ	W
อากาศ	A

วิธีการหมุนเวียนของตัวระบายความร้อน	สัญลักษณ์
โดยวิธีธรรมชาติ (Natural)	N
โดยวิธีอัดหรือขับ (Forced)	F

การระบายความร้อน

- สัญลักษณ์แสดงการระบายความร้อนจะเขียนเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ 2 ตัว หรือ 4 ตัว



การกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า

$$kVA_{TR} = (1.732 \times V \times I_{LOAD}) / 1{,}000$$

โดย

kVA_{TR} = ขนาดหม้อแปลง เป็น เควีเอ

V = แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของหม้อแปลง เป็น โวลท์

I_{LOAD} = กระแสโหลดที่คำนวณได้เมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ เป็น แอมแปร์

การกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า (ต่อ)

- กรณีต้องการออกแบบให้หม้อแปลงจ่ายโหลด 80% จะได้

$$kVA_{TR} = (1.25 \times 1.732 \times V \times I_{LOAD}) / 1{,}000$$

โดย

kVA_{TR} = ขนาดหม้อแปลง เป็น เควีเอ

V = แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของหม้อแปลง เป็น โวลท์

I_{LOAD} = กระแสโหลดที่คำนวณได้เมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ เป็น แอมแปร์

การกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า (ต่อ)

- ค่า VA ของโหลด กับ ค่า VA ของหม้อแปลง มีความหมายต่างกัน

VA (Load) = คิดที่แรงดัน 380 V

VA (Trans) = คิดที่แรงดัน No Load ของหม้อแปลง

ตัวอย่างที่ 1

- โรงงานแห่งหนึ่งมีโหลดการใช้งาน 500 kVA 3 Ph 380 V
  - กระแสโหลด

    $I = (500 \times 1{,}000) / (1.732 \times 380) = \underline{760\ A}$

  - กระแสหม้อแปลง

    $I = (500 \times 1{,}000) / (1.732 \times 416) = \underline{694\ A}$

ตัวอย่างที่ 2

- หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1,000 kVA ด้าน Secondary เป็นระบบ 3 เฟส 4 สาย จงหาพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของหม้อแปลงดังนี้
  - ระบบแรงดันไฟฟ้า ของการไฟฟ้านครหลวง
    - กฟน. 416/240 Volt
  - ระบบแรงดันไฟฟ้า ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
    - กฟภ. 400/230 Volt

ตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

วิธีทำ

1. กระแสตามระดับแรงดัน การไฟฟ้านครหลวง (416/240 V)

$$\text{กระแส} = \frac{1{,}000 \times 1{,}000}{\sqrt{3} \times 416} = \mathbf{1{,}388\ A}$$

2. กระแสตามระดับแรงดัน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (400/230 V)

$$\text{กระแส} = \frac{1{,}000 \times 1{,}000}{\sqrt{3} \times 400} = \mathbf{1{,}443\ A}$$

ตัวอย่างที่ 3

- จงหาขนาดหม้อแปลงของโรงงานซึ่งมีโหลด ดังนี้
  - แสงสว่างรวม คิด D.F. แล้ว 50 kVA
  - เต้ารับ คิด D.F. แล้ว 40 kVA
  - เครื่องปรับอากาศ คิด D.F. แล้ว 90 kVA
  - เครื่องจักร คิด D.F. แล้ว 320 kVA

ตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

วิธีทำ

โหลดรวม = 50+40+90+320 = 500 kVA

กระแสโหลด = $\frac{500\times1{,}000}{\sqrt{3}\times380}=721.69\mathbf{A}$

ดังนั้น ขนาดหม้อแปลง = $(1.25 \times 1.732 \times V \times I_{LOAD})/1{,}000$

= $(1.25 \times 1.732 \times 380 \times 721.69)/1{,}000$

= 624 kVA

เลือกหม้อแปลงขนาด 630 kVA

ขนาดพิกัดมาตรฐานของหม้อแปลง

- ที่นิยมใช้ (Preferred Rating) ตาม IEC มีดังต่อไป นี้
  - 50 kVA 100 kVA 125 kVA 160 kVA
  - 200 kVA 250 kVA 315 kVA 400 kVA
  - 500 kVA 630 kVA 800 kVA 1000 kVA
  - 1250 kVA 1600 kVA 2000 kVA 2500 kVA
  - 3150 kVA

ที่ตั้ง

- **อยู่ในสถานที่** ซึ่งบุคคลที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง สามารถเข้าไปทำการตรวจและบำรุงรักษา ได้สะดวก
- **มีการระบายอากาศอย่างเพียงพอ**
- **การติดตั้งภายนอกอาคาร**
  - บนนั่งร้านหม้อแปลง
  - บนลานหม้อแปลง
  - ในเครื่องห่อหุ้ม (Pad Mounted)
- **การติดตั้งภายในอาคาร**
  - ในเครื่องห่อหุ้ม
  - ในห้องหม้อแปลง

การป้องกันกระแสเกิน

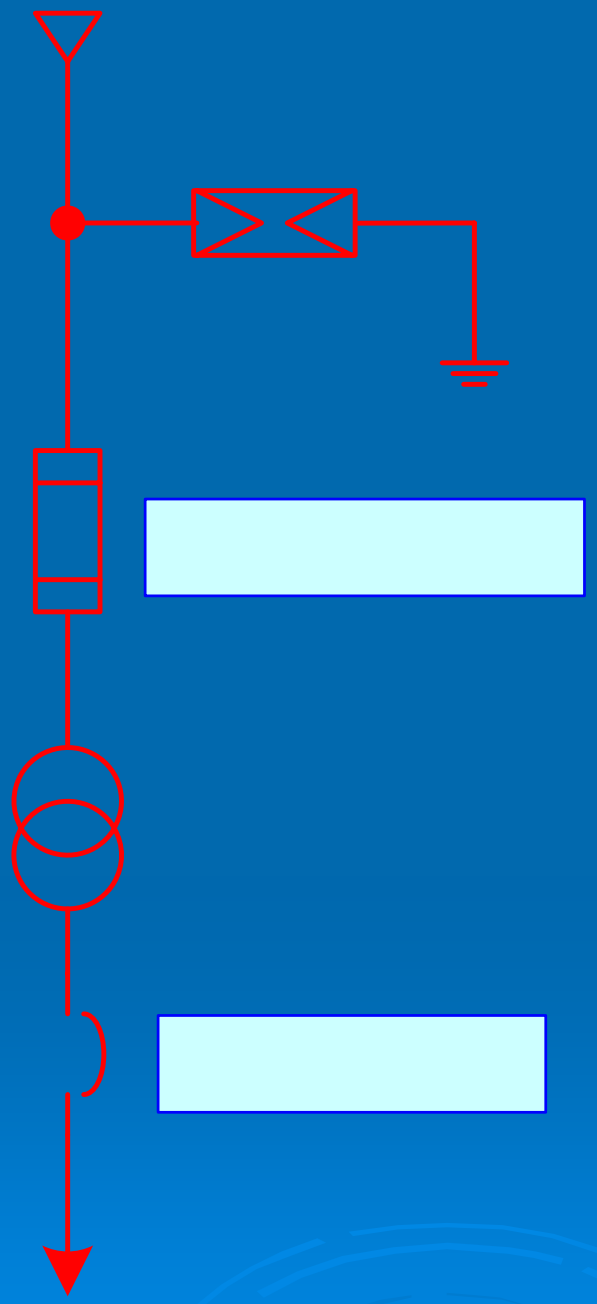
- ต้องมีการป้องกันกระแสเกินทั้งด้านไฟเข้า และไฟออก ขนาดปรับตั้งไม่เกินค่าตาม ตารางที่ 6-5 (วสท. หน้า 6-27)
- ถ้าขนาดไม่ตรงตามมาตรฐานของผู้ผลิต ให้ใช้ขนาดสูงถัดไปได้
- หม้อแปลงแรงดัน (Potential Transfoemer) ที่ติดตั้งในอาคาร ต้องอยู่ในเครื่องห่อหุ้ม และมีการป้องกันกระแสเกินด้านไฟเข้า
- หากเครื่องปลดวงจรไม่ใช่สวิทซ์สำหรับตัดโหลด ติดตั้งอยู่ด้านไฟเข้าของหม้อแปลง ต้องมีป้ายเตือน

" ปลดสวิทซ์แรงต่ำก่อน ปลดวงจรด้านไฟเข้า "

ตารางที่ 6-5

ขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลงระบบแรงสูง

ขนาดอิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง	ด้านไฟเข้า		ด้านไฟออก		
	แรงดันมากกว่า 750 V		แรงดันมากกว่า 750 V		แรงดันไม่เกิน 750 V
	เซอร์กิตเบรกเกอร์	ฟิวส์	เซอร์กิตเบรกเกอร์	ฟิวส์	เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือฟิวส์
ไม่เกิน 6%	600%	300%	300%	250%	125%
มากกว่า 6% แต่ไม่เกิน 10%	400%	300%	250%	225%	125%



Transformer

Zk = 6%

ตารางที่ 6-5

ตัวอย่างที่ 4

- หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1,600 kVA 24 kV/(416/240) V , Zk = 6%

จงคำนวณหา

Fuses ทางด้าน HV

CB ทางด้าน LV

วิธีทำ

กระแสทางด้าน HV $= \dfrac{1600}{\sqrt{3}\times 24} =$ **38.50 A**

กระแสทางด้าน LV $= \dfrac{1600\times 1000}{\sqrt{3}\times 416} =$ **2221 A**

ตัวอย่างที่ 4 (ต่อ)

- **Fuses ทางด้าน HV**

$$Fuse \leq 3 \times 38.50 = 115.50\ A$$

พิกัด Fuse ตามมาตรฐาน IEC คือ

40 ,50 ,63 ,80 ,100 ,125 ,160 A

เลือกใช้พิกัด Fuse = 100 A

- **CB ทางด้าน LV**

$$I_{CB} \leq 1.25 \times 2221 = 2776.25\ A$$

เลือกใช้ CB ขนาด 3000AT / 3000 AF

ปรับตั้งค่า AT = 2700 A

หรือ ปรับค่า AT = 90% AF

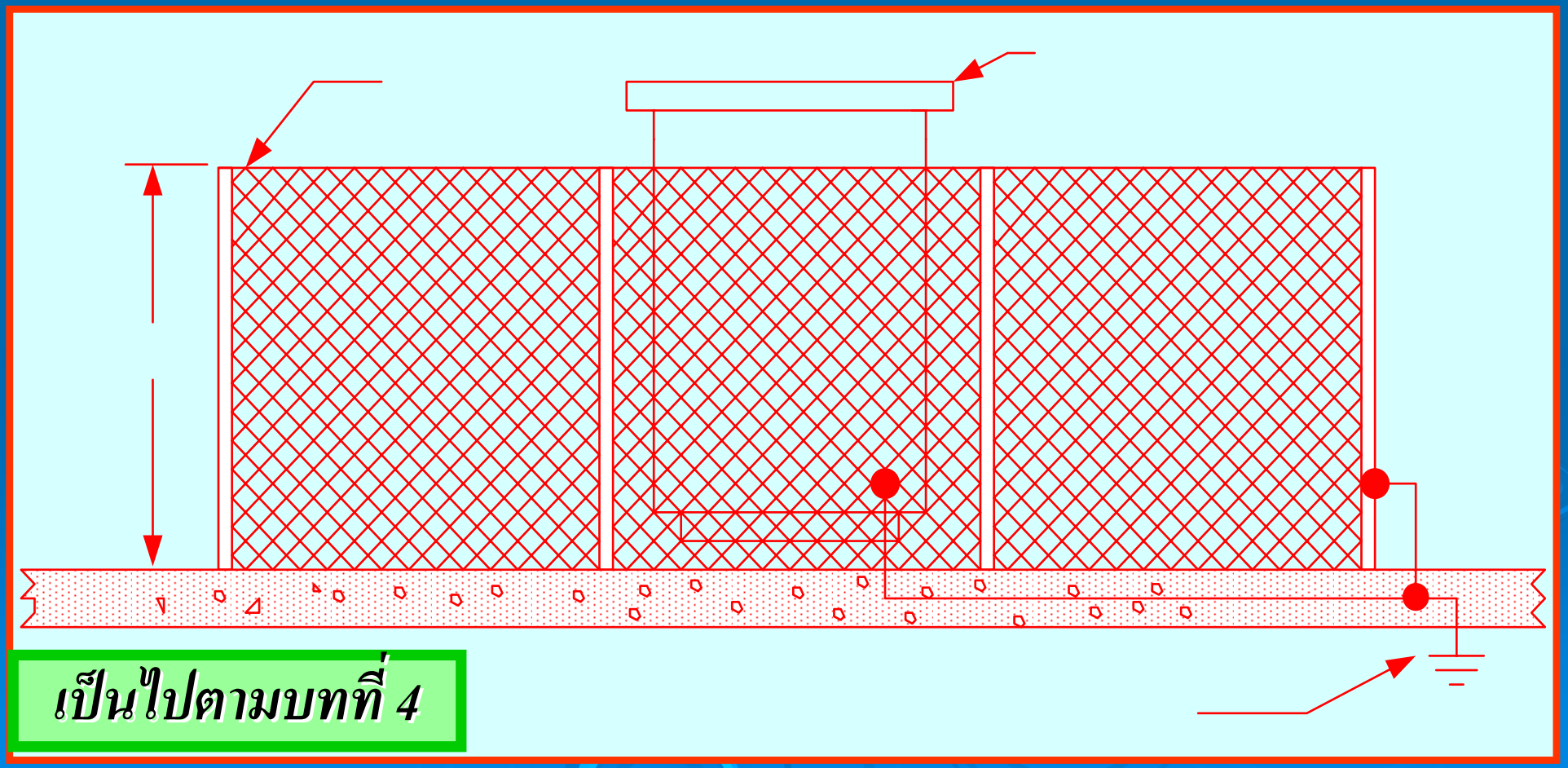
การต่อขนานหม้อแปลง

- ต้องมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเหมือนกัน
- แต่ละลูกต้องมีการป้องกันกระแสเกินทั้งแรงสูงและแรงต่ำ
- ทุกลูกต้องมีสวิทซ์ที่สามารถ สับ-ปลดหม้อแปลงได้พร้อมกัน

การต่อลงดิน

- ตัวถังหม้อแปลง ,เครื่องห่อหุ้ม ,รั้ว ,ที่กั้น ต้องต่อลงดิน ตามบทที่ 4

การต่อลงดิน



เป็นไปตามบทที่ 4

ข้อกำหนดจำเพาะของหม้อแปลงชนิดต่างๆ

❑ หม้อแปลงชนิดแห้งติดตั้งภายในอาคาร (Indoor)

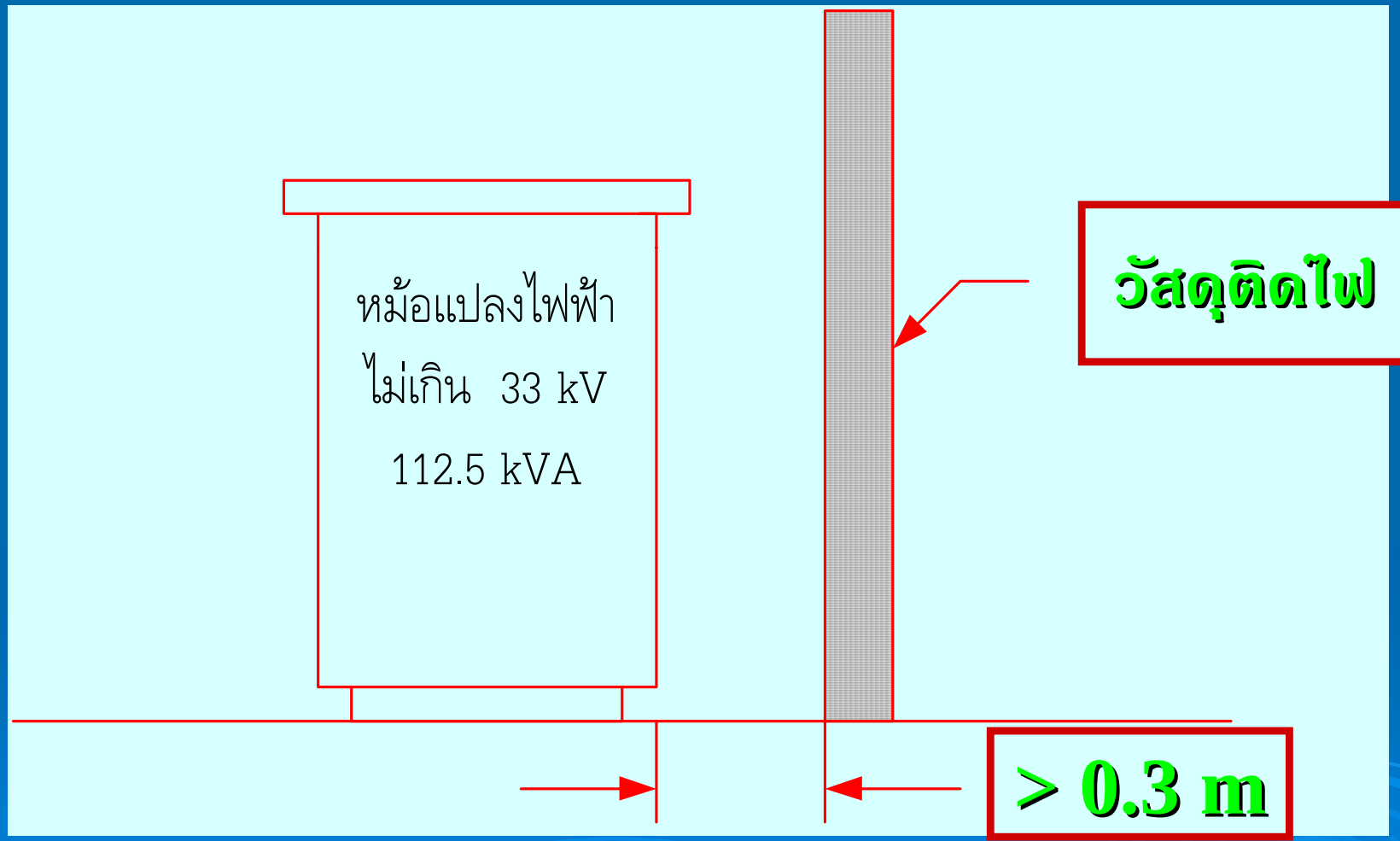
- แรงดันไม่เกิน 33 kV
- ขนาด **ไม่เกิน** 112.5 kVA

ต้องติดตั้งห่างจากวัสดุติดไฟ **ไม่น้อยกว่า 0.30 เมตร**

ยกเว้น

- มีการกั้นด้วยแผ่นกั้นความร้อน
- ส่วนที่มีไฟฟ้า อยู่ในเครื่องห่อหุ้มมิดชิด

ระยะห่างระหว่างหม้อแปลง กับวัสดุติดไฟ



ข้อกำหนดจำเพาะของหม้อแปลงชนิดต่างๆ (ต่อ)

❑ หม้อแปลงชนิดแห้งติดตั้งภายในอาคาร (Indoor)

- ขนาด **เกิน** 112.5 kVA

ต้องติดตั้งในห้องหม้อแปลง

ยกเว้น

- มีระบบอุณหภูมิฉนวนไม่ต่ำกว่า 150 ^{O}C และกั้นด้วยแผ่นกั้นความร้อน
- ห่างจากวัสดุติดไฟ ในแนวระดับ **1.80 เมตร** ,ในแนวดิ่ง **3.60 เมตร**
- ส่วนที่มีไฟฟ้า อยู่ในเครื่องห่อหุ้มมิดชิด

ข้อกำหนดจำเพาะของหม้อแปลงชนิดต่างๆ (ต่อ)

- **หม้อแปลงชนิดแห้งติดตั้งภายนอกอาคาร (Outdoor)**
  - ต้องมี เครื่องห่อหุ้มที่ทนต่อสภาพอากาศ
  - ขนาดเกิน *112.5 kVA* ต้องติดตั้งห่างจากวัสดุติดไฟ ไม่น้อยกว่า *0.30 เมตร*

ข้อกำหนดจำเพาะของหม้อแปลงชนิดต่างๆ (ต่อ)

- **หม้อแปลงฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ**

  (Nonflammable Fluid-Insulated Transformer)

  - ติดตั้งได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร
  - ถ้าติดตั้งภายในอาคารต้องติดตั้งในห้องหม้อแปลง

ข้อกำหนดจำเพาะของหม้อแปลงชนิดต่างๆ (ต่อ)

- **หม้อแปลงฉนวนของเหลวติดไฟได้**
  - ติดตั้งได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร
  - กรณีติดตั้ง **ภายในอาคาร** ต้องติดตั้งในห้องหม้อแปลง

ยกเว้น

หม้อแปลงสำหรับเตาหลอมขนาดไม่เกิน 75 kVA

หากไม่อยู่ในห้องหม้อแปลง ต้องมีรั้วล้อมรอบ

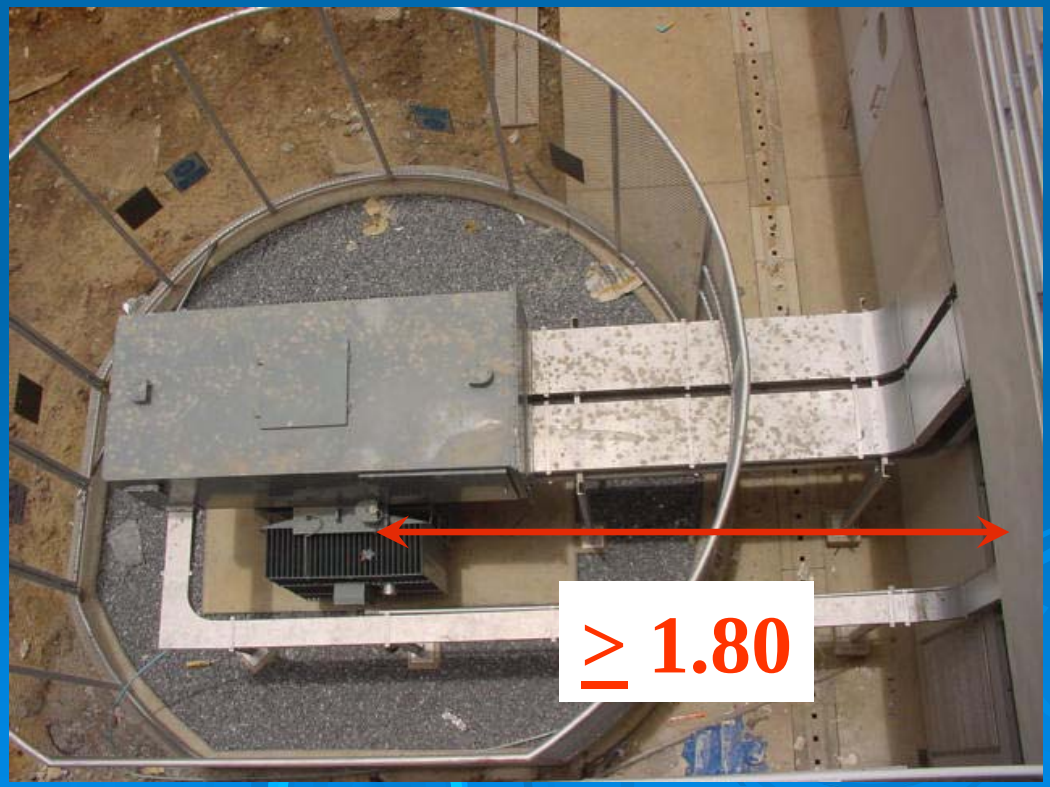
ระยะห่างจากหม้อแปลงถึงรั้วไม่น้อยกว่า **1.00 เมตร**

ข้อกำหนดจำเพาะของหม้อแปลงชนิดต่างๆ (ต่อ)

- **หม้อแปลงฉนวนของเหลวติดไฟได้ กรณีติดตั้ง ภายนอกอาคาร**
  - ต้องมีการปิดกั้นเพื่อป้องกันไฟที่เกิดจากของเหลวจากหม้อแปลง ลุกลามไปติดอาคาร เมื่อ.....
    - อยู่ใกล้อาคาร หรือวัสดุที่ติดไฟได้
    - อยู่ใกล้ทางหนีไฟ ประตู หรือหน้าต่าง

ข้อกำหนดจำเพาะของหม้อแปลงชนิดต่างๆ (ต่อ)

- **หม้อแปลงฉนวนของเหลวติดไฟได้ กรณีติดตั้งภายนอกอาคาร**
  - ส่วนที่มีไฟฟ้าด้านแรงสูงต้องอยู่ห่างจากโครงสร้างไม่น้อยกว่า **1.80 เมตร**



ข้อกำหนดจำเพาะของหม้อแปลงชนิดต่างๆ (ต่อ)

- **หม้อแปลงฉนวนของเหลวติดไฟยาก**

  (Less-flammable Liquid-Insulated Transformer)

  - ติดตั้งได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร
  - บรรจุด้วยฉนวนของเหลวที่มี จุดติดไฟ (fire point) ไม่ต่ำกว่า 300 ^{o}C
  - ฉนวนของเหลว ต้องไม่เป็นพิษต่อคนและสิ่งแวดล้อม (Non-toxic)

หม้อแปลงฉนวนของเหลวติดไฟยาก...ติดตั้งภายในอาคาร...

- **ในบริเวณพื้นที่ติดไฟได้**
  - ต้องติดตั้งในห้องหม้อแปลง..หรือ..
  - มีระบบดับเพลิงอัตโนมัติ และมีที่กั้นเก็บของเหลว
- **ในบริเวณพื้นที่ไม่ติดไฟ ตาม NFPA 220-1985**
  - ต้องติดตั้งในห้องหม้อแปลง..หรือ..
  - มีระบบดับเพลิงอัตโนมัติ และต้องมีที่กั้นเก็บของเหลว..หรือ..
  - ไม่ต้องมีระบบดับเพลิงอัตโนมัติ แต่ต้องมีที่กั้นเก็บของเหลว ถ้าหม้อแปลงเป็นไปตาม UL หรือ FM (Factory Manual)

ห้องหม้อแปลง

- สำหรับ ฉนวนของเหลวติดไฟได้ และติดไฟยาก
- สำหรับ ฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ
- สำหรับ ชนิดแห้ง

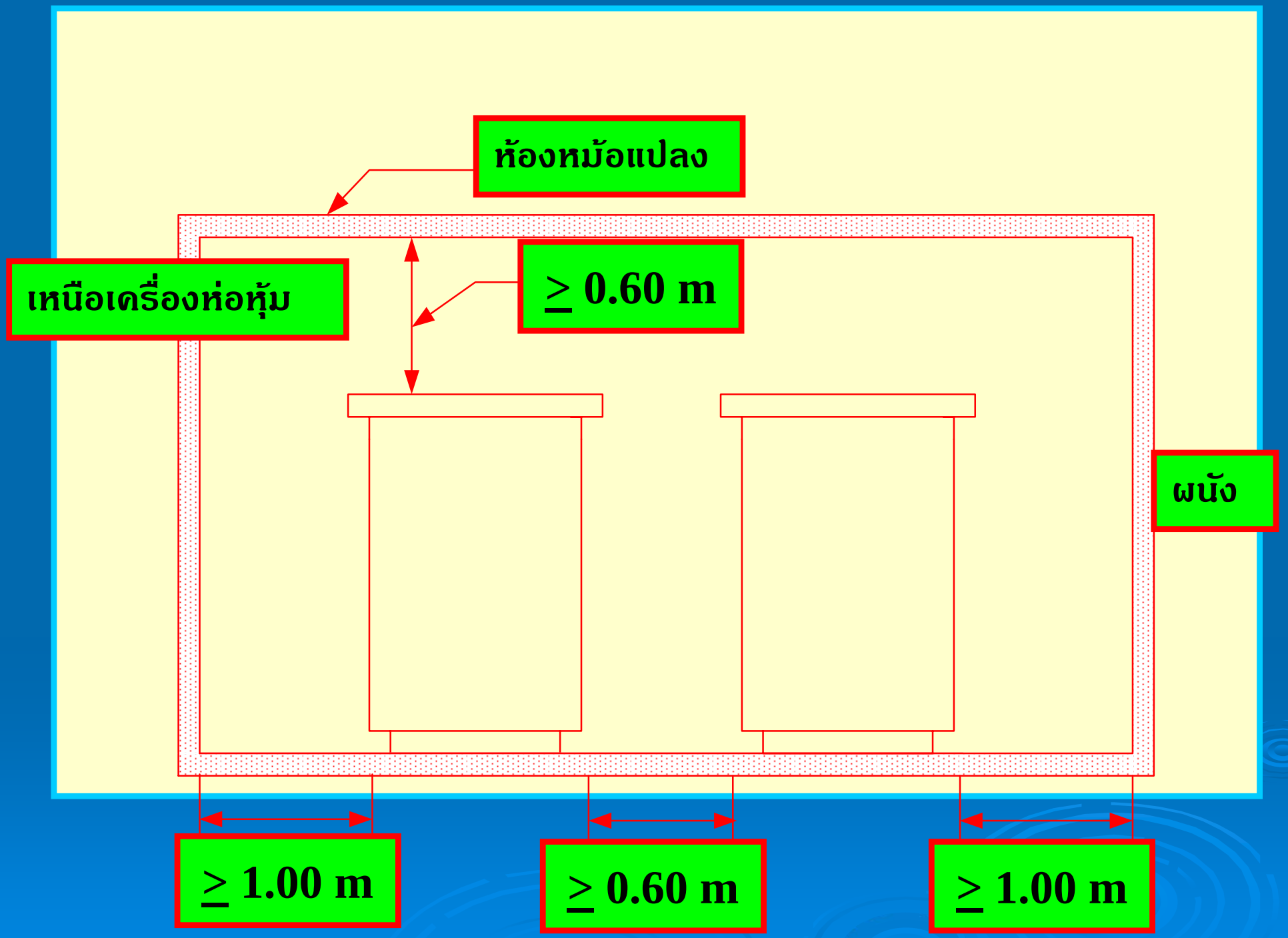
ห้องหม้อแปลง (ต่อ)

- **ฉนวนของเหลวติดไฟได้ และติดไฟยาก**
  - ต้องอยู่ในสถานที่ ที่สามารถขนย้ายหม้อแปลงเข้า-ออก ได้ทั้งลูก
  - สามารถระบายอากาศสู่อากาศภายนอกได้
  - หากใช้ท่อลม ต้องเป็นชนิดทนไฟ
  - ต้องเข้าตรวจสอบ และบำรุงรักษาได้สะดวก

ห้องหม้อแปลง (ต่อ)

- **ฉนวนของเหลวติดไฟได้ และติดไฟยาก (ระยะห่าง)**

  - ระหว่าง หม้อแปลง ถึง ผนัง 1.00 เมตร
  - ระหว่าง หม้อแปลง ถึง หม้อแปลง 0.60 เมตร
  - ที่ว่างเหนือ หม้อแปลง 0.60 เมตร


ห้องหม้อแปลง
เหนือเครื่องห่อหุ้ม
≥ 0.60 m
ผนัง
≥ 1.00 m
≥ 0.60 m
≥ 1.00 m

ห้องหม้อแปลง (ต่อ)

การระบายอากาศ

- ช่องระบายอากาศ ควร...
  - ห่างจากประตู หน้าต่าง ทางหนีไฟ และวัสดุติดไฟมากที่สุดเท่าที่จะทำได้
  - อุณหภูมิในห้อง ต้องไม่เกิน 40 ^{o}C

การระบายอากาศ

- **ใช้ระบบหมุนเวียนอากาศตามธรรมชาติ**
  - มีช่องระบายอากาศ ทั้งด้านเข้าและด้านออก
  - พื้นที่ของช่องระบายอากาศ แต่ละด้านต้อง

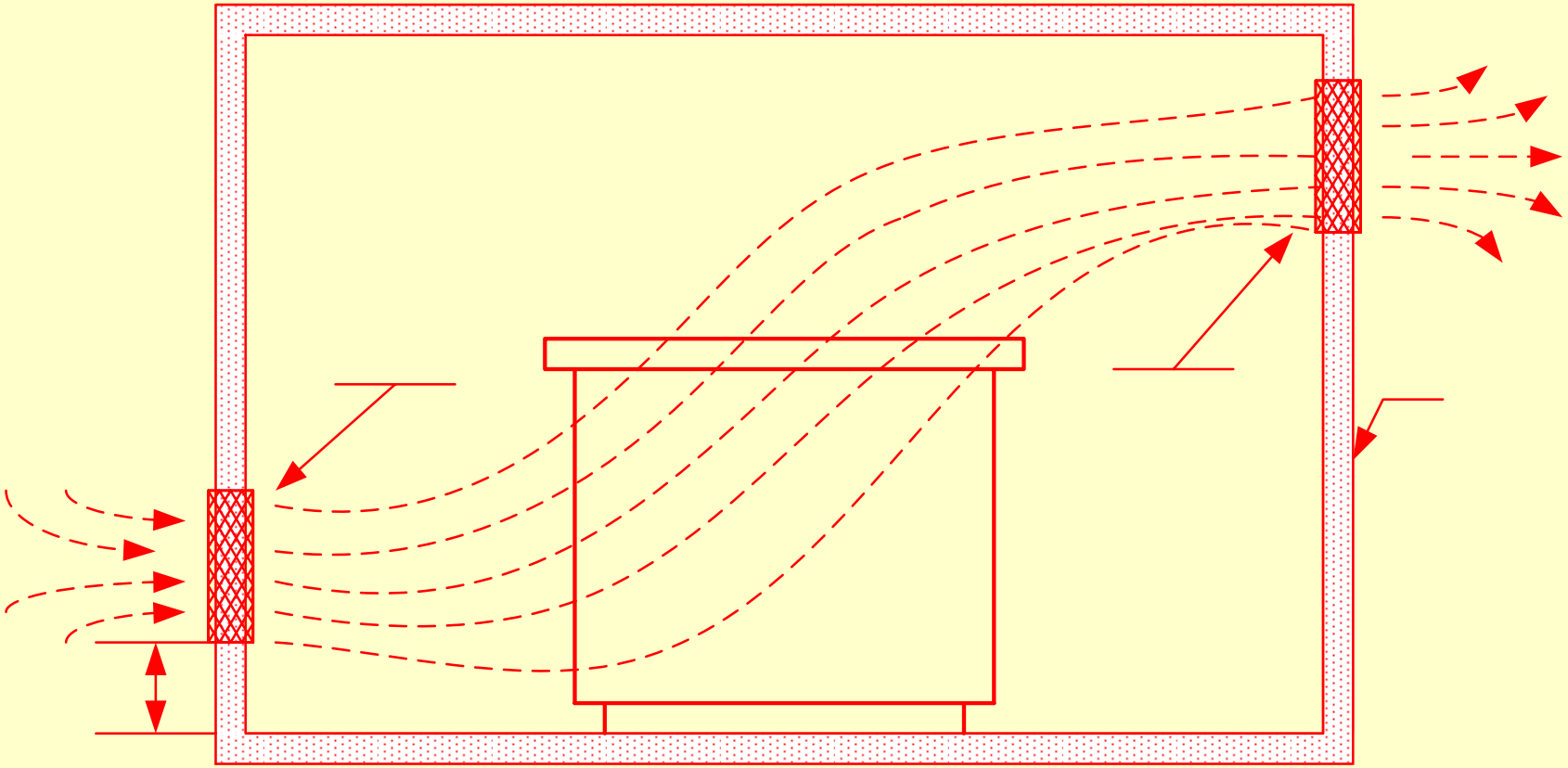
ไม่น้อยกว่า 1 $m.^2$ / 1,000 kVA

$$C_{VENT} \geq 0.001 \times kVA_{TRANF}$$ (ตร.ม)

การระบายอากาศ

❑ ใช้ระบบหมุนเวียนอากาศตามธรรมชาติ (ต่อ)

- ช่องระบายอากาศด้านเข้า ต้องอยู่ใกล้พื้นห้อง แต่ต้องสูงไม่น้อยกว่า 100 มม.
- ช่องระบายอากาศ ด้านออกต้องอยู่ใกล้เพดาน หรือหลังคา
- ช่องระบายอากาศ ทั้งด้านเข้าและด้านออก ห้ามอยู่ผนังเดียวกัน
- ช่องระบายอากาศ ต้องปิดด้วยลวด หรือตาข่าย



การระบายอากาศ

❑ ระบายความร้อนด้วยพัดลม

- ช่องระบายอากาศด้านเข้า เหมือนกับระบายด้วยอากาศธรรมชาติ
- ช่องระบายอากาศ ด้านออกต้องติดตั้งพัดลมดูดอากาศ...ขนาด

ไม่น้อยกว่า $8.40\ m.^3 / min / kW_{LOSS}$

$$C_{FAN} \geq 8.40 \times kW_{LOSS}$$

(ลบ.ม ต่อนาที)

- kW_{LOSS} = No Load Loss + Load Loss

การระบายอากาศ

❑ ระบายความร้อนด้วยเครื่องปรับอากาศ

- เครื่องปรับอากาศต้องมี...ขนาด

ไม่น้อยกว่า 3,412 BTU / hr / kW_{LOSS}

$$C_{AIR} \geq 3{,}412 \times kW_{LOSS}$$

(บีทียูต่อชั่วโมง)

โครงสร้างของห้องหม้อแปลง

- **ผนังและหลังคา**
  - คอนกรีตเสริมเหล็ก หนาไม่น้อยกว่า 125 มม.
  - อิฐ คอนกรีต คอนกรีตบล๊อก หนาไม่น้อยกว่า 200 มม.
- **พื้น**
  - คอนกรีตเสริมเหล็ก หนาไม่น้อยกว่า 125 มม.
  - มีความลาดเอียง เพื่อให้ฉนวนของเหลวลงบ่อพัก
- **ประตูห้องหม้อแปลง**
  - ทำด้วยเหล็กแผ่นหนา อย่างน้อย **1.6 มม.**
  - ประตูแบบ **เปิดออกภายนอก**

โครงสร้างของห้องหม้อแปลง (ต่อ)

บ่อพัก (Sump)

- ขนาดบรรจุได้ 3 เท่า ของปริมาตรน้ำมันหม้อแปลงลูกใหญ่ที่สุด
- ใส่หินเบอร์ 2 จนเต็มบ่อ
- ถ้าบ่อพักอยู่ภายนอกห้อง ต้องมีท่อขนาด ϕ 50 มม.เพื่อระบายของเหลวไปลงบ่อพัก

$$C_{SUMP} \geq 3 \times V_{FLUID}$$ (ลิตร)

ตัวอย่างที่ 5

- หม้อแปลงน้ำมัน 1,000 kVA บรรจุน้ำมัน 760 ลิตร มีกำลังสูญเสียดังนี้

  No Load Loss 1,600 W , Load Loss 13,500 W

ต้องการระบายความร้อนโดยใช้

1 พัดลมระบายอากาศ

2 เครื่องปรับอากาศ

จงคำนวนหา ขนาด

1 ช่องระบายอากาศ

2 บ่อพัก (Sump)

3 พัดลมระบายอากาศ

4 เครื่องปรับอากาศ

ตัวอย่างที่ 5 (ต่อ)

- วิธีทำ

1) หา Loss ทั้งหมด = No Load Loss + Load Loss

= 1,600 + 13,500 = ***15,100 W***

2) ช่องระบายอากาศ = 1 ตร.ม / 1,000 kVA (10 ตร.ซม./kVA)

= 0.001 x 1,000 = ***1 ตร.ม***

3) ขนาด Sump = $3 \times V_{FLUID}$

= 3 x 760 = ***2,280 ลิตร***

ตัวอย่างที่ 5 (ต่อ)

- วิธีทำ (ต่อ)

4) พัดลมระบายอากาศ = 8.4 x kW_{LOSS}

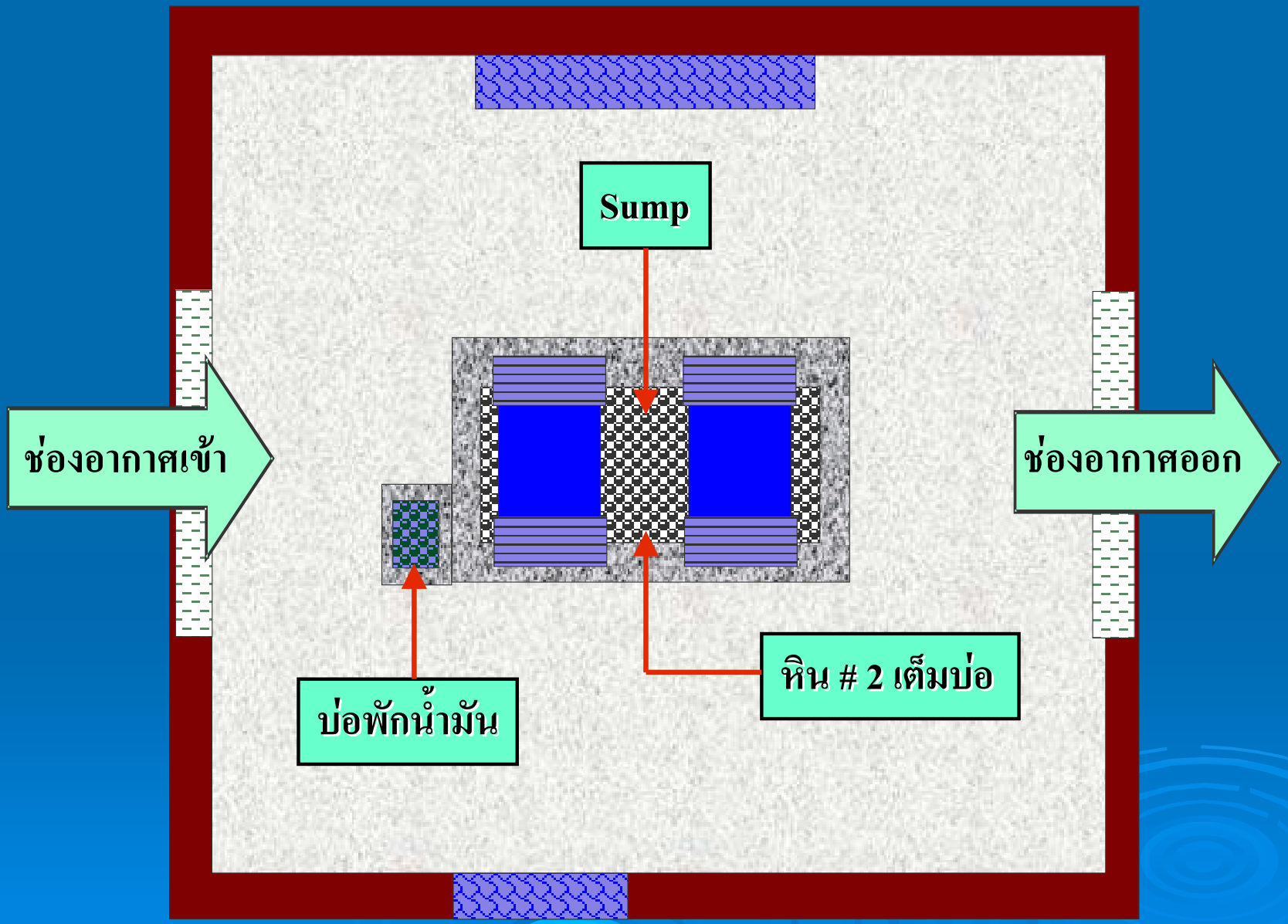
= 8.4 x 15.1 = ***126.84 m3/min***

5) เครื่องปรับอากาศ = 3,412 x kW_{LOSS}

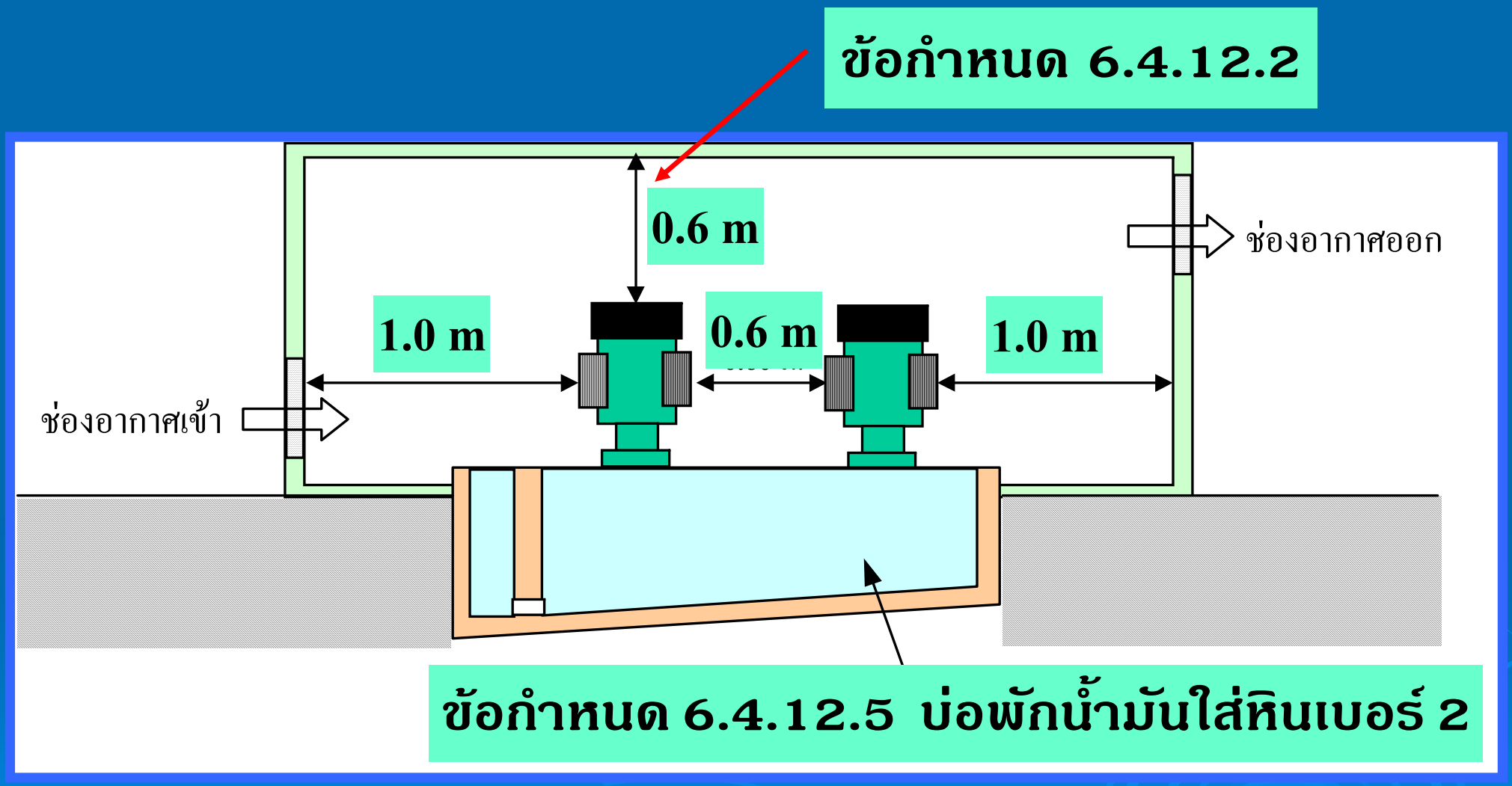
= 3,412 x 15.1 = ***51,521.2 BTU/hr***

= 51521.2 / 12000 = ***4.59 ตันความเย็น***

ตัวอย่างห้องหม้อแปลง

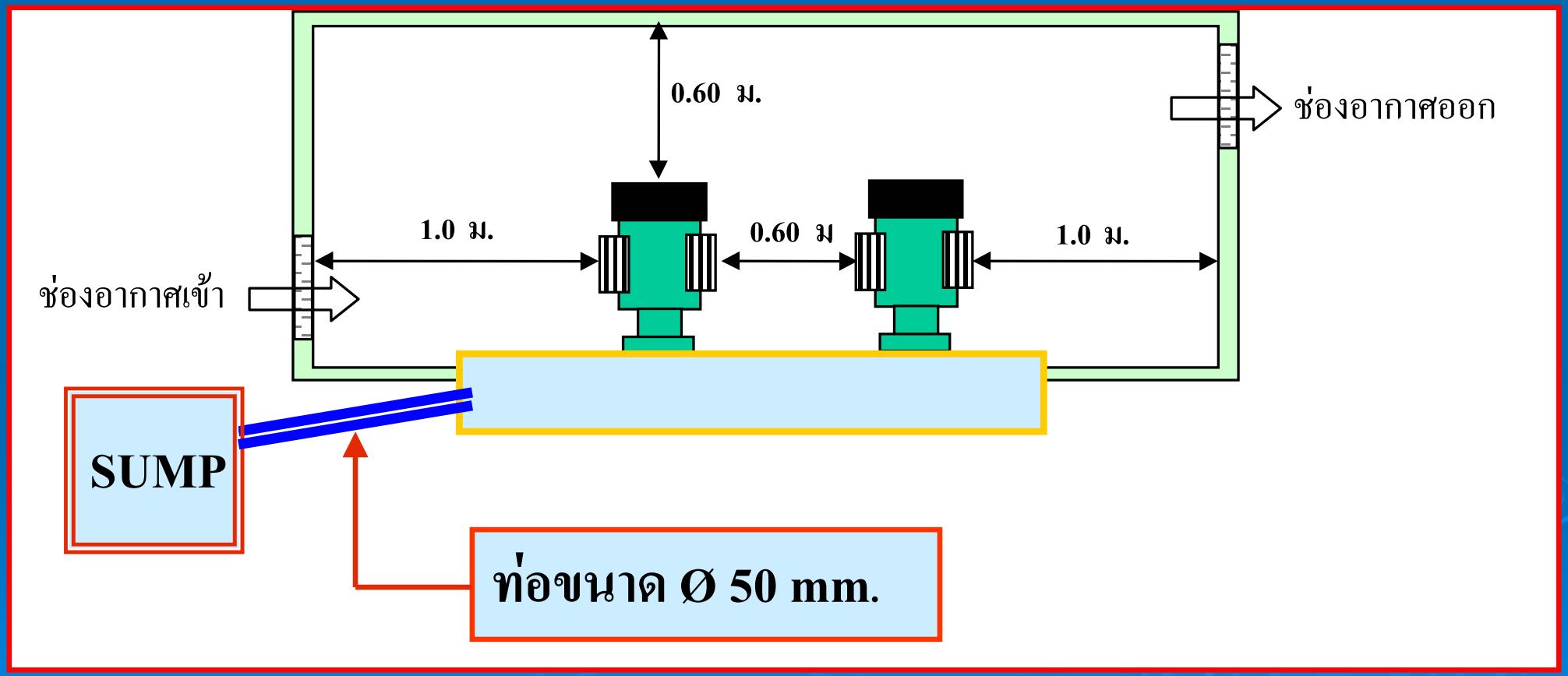


ตัวอย่างห้องหม้อแปลง



ตัวอย่างห้องหม้อแปลง

กรณีบ่อพักอยู่ภายนอก



ห้องหม้อแปลง (ต่อ)

- เครื่องปลดวงจร ในห้องหม้อแปลง ต้องเป็นชนิดสำหรับตัดโหลด (Load Break) เท่านั้น
- **ตัวนำต่อหลักดิน ต้องเป็นทองแดง ขนาดไม่เล็กกว่า 35 $mm.^2$**
- มีแสงสว่างเพียงพอ
  - หลอดฟลูออเรสเซนต์ ไม่น้อยกว่า **8 $W/m.^2$**
  - หลอดไส้ ไม่น้อยกว่า 30 $W/m.^2$
- มีคู่มือการปฐมพยาบาล โดยวิธีผายปอด แบบเป่าปาก

ห้องหม้อแปลง (ต่อ)

- ห้ามระบบท่ออื่นที่ไม่เกี่ยวกับระบบไฟฟ้า เดินผ่านห้องหม้อแปลง
  - ยกเว้น ท่อดับเพลิง หรือระบบระบายความร้อนของหม้อแปลง
- ห้ามเก็บวัสดุที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานทางไฟฟ้า และวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิง
- ต้องมีเครื่องดับเพลิง สำหรับไฟที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า (Class C)
  - ขนาดบรรจุไม่น้อยกว่า 6.5 ก.ก.
  - ติดไว้ด้านนอกห้อง สูงไม่เกิน 1.50 เมตร
- มีป้ายเตือน **“อันตรายไฟฟ้าแรงสูง”** และ **“เฉพาะเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น”**

ห้องหม้อแปลง (ต่อ)

- **สำหรับฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ**
  - เหมือนห้องหม้อแปลงทั่วไป

ยกเว้น...

- ไม่ต้องมี บ่อพักน้ำมัน แต่ต้องระบายของเหลวออกนอกห้องได้
- ความหนาของผนัง ลดลงได้...
  - คอนกรีตเสริมเหล็ก หนาไม่น้อยกว่า 65 มม.
  - อิฐทนไฟ คอนกรีต บล๊อก หนาไม่น้อยกว่า 65 มม.

ลานหม้อแปลง (Transformer Yard)

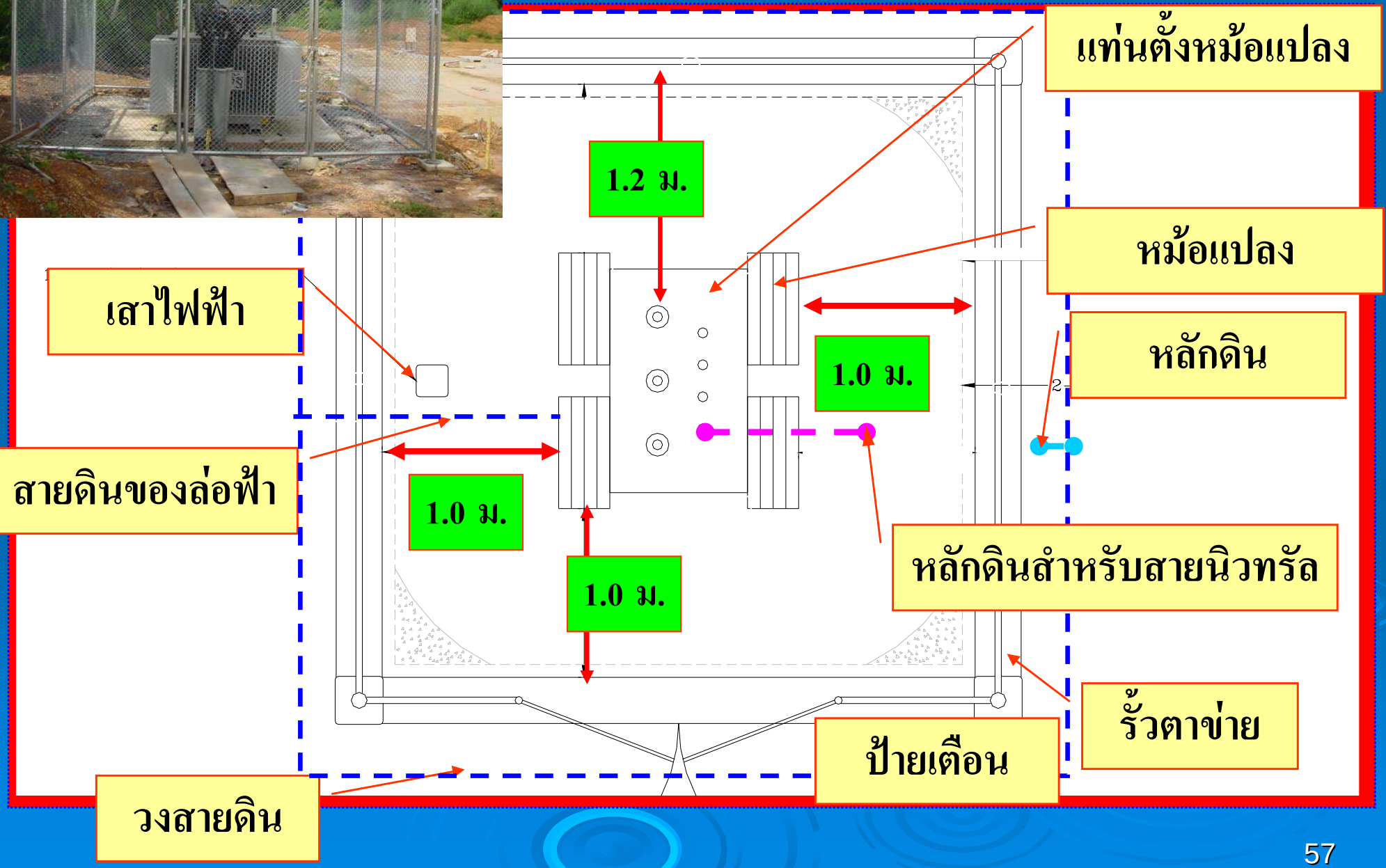
❑ ลานหม้อแปลงอยู่ภายนอกอาคาร (Outdoor Yard)

- ต้องอยู่ในที่ล้อม อาจเป็นกำแพงหรือรั้วที่ใส่กุญแจได้
- ส่วนที่มีไฟฟ้าแรงสูง ต้องอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 2.75 เมตร

ระยะห่าง

- ระหว่างรั้ว กับ หม้อแปลง ไม่น้อยกว่า **1.00** เมตร
- ระหว่างรั้ว กับ ส่วนที่มีไฟ ไม่น้อยกว่า **1.20** เมตร
- ระหว่างหม้อแปลง กับ หม้อแปลง **0.60** เมตร
- ความสูงของรั้ว ไม่น้อยกว่า **2.00** เมตร

ลานหม้อแปลง


แท่นตั้งหม้อแปลง
หม้อแปลง
หลักดิน
หลักดินสำหรับสายนิวทรัล
รั้วตาข่าย
ป้ายเตือน
เสาไฟฟ้า
สายดินของล่อฟ้า
วงสายดิน
1.2 ม.
1.0 ม.
1.0 ม.
1.0 ม.

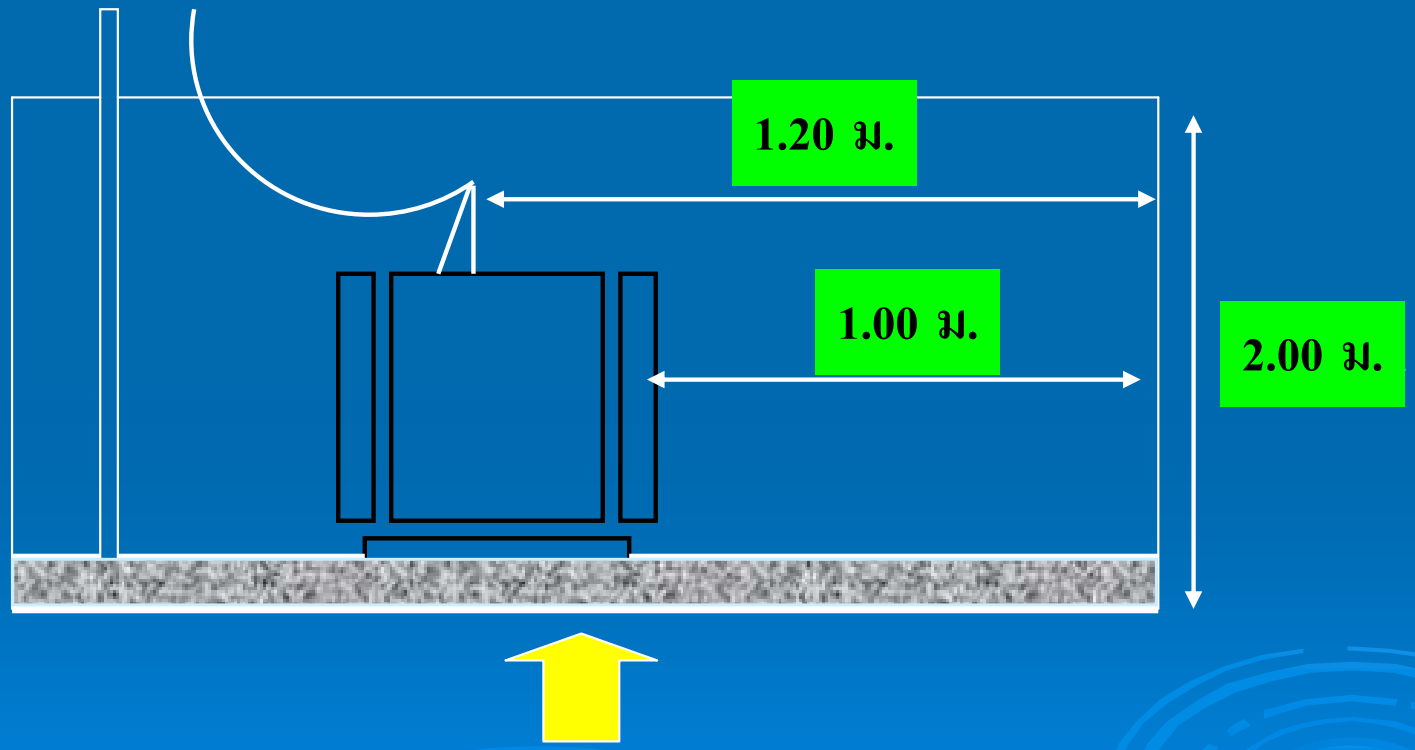
ป้ายเตือน

“อันตรายไฟฟ้าแรงสูง”

“เฉพาะเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น”

พื้นลานหม้อแปลง

- ใส่หินเบอร์สอง **หนา 100 มม.**



ลานหม้อแปลง (Transformer Yard)

❑ ลานหม้อแปลงอยู่บนดาดฟ้า

- มีข้อกำหนดเหมือนกับ หม้อแปลงวางอยู่บนพื้นดิน

เพิ่มเติม

- พื้นดาดฟ้าและโครงสร้างอาคาร ต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ
- มีระบบป้องกันฟ้าผ่า โดยใช้
  - สายดินอากาศ (Over Head Ground Wire)
  - ใช้วิธีมุมป้องกัน ไม่เกิน 45 องศา วัดจากแนวดิ่ง
- หม้อแปลงฉนวนของเหลวติดไฟ ต้องมีบ่อพักเพื่อระบายของเหลว

ลานหม้อแปลงบนดานฟ้าอาคาร

พื้นดานฟ้าและตัวอาคารต้องรับน้ำหนักหม้อแปลงได้

มีสายล่อฟ้า มุม
ป้องกัน
45 องศา

บ่อดักน้ำมัน

จบเรื่องหม้อแปลง
ช่วงตอบคำถาม

บริภัณฑ์ไฟฟ้า

- โคมไฟฟ้า สวิทซ์ เต้ารับ และเต้าเสียบ
- มอเตอร์ วงจรมอเตอร์ และเครื่องควบคุม
- หม้อแปลง ห้องหม้อแปลง และลานหม้อแปลง
- **คาปาซิเตอร์**

คาปาซิเตอร์

- ขนาดของคาปาซิเตอร์
  - ในวงจร 1 เฟส

$$\text{Kvar } 1\,\text{Ø} = 2\,\P\,f\,CV^2 \times 10^{-9}$$

  - ในวงจร 3 เฟส

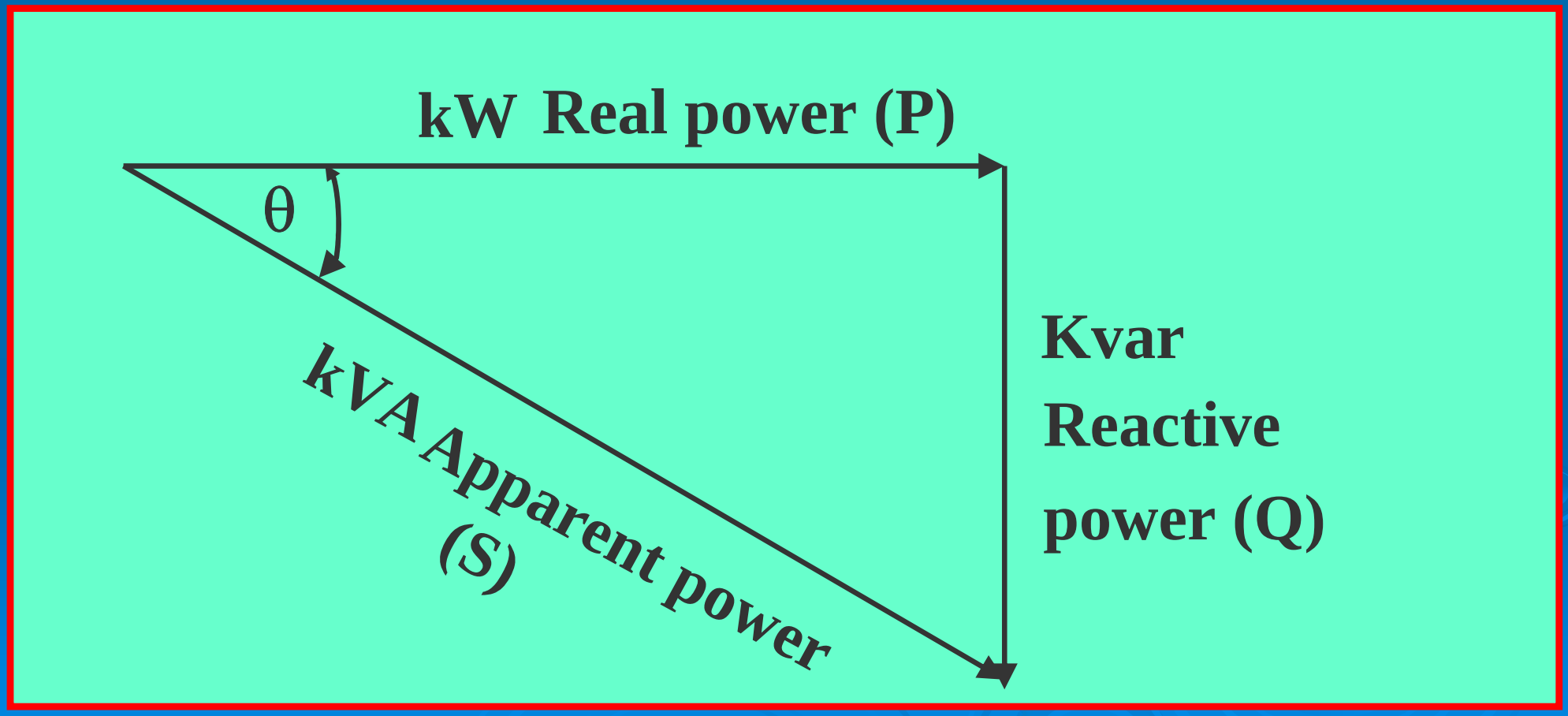
$$\text{Kvar } 3\,\text{Ø} = 6\,\P\,f\,CV^2 \times 10^{-9}$$

เขียนในรูปเวกเตอร์

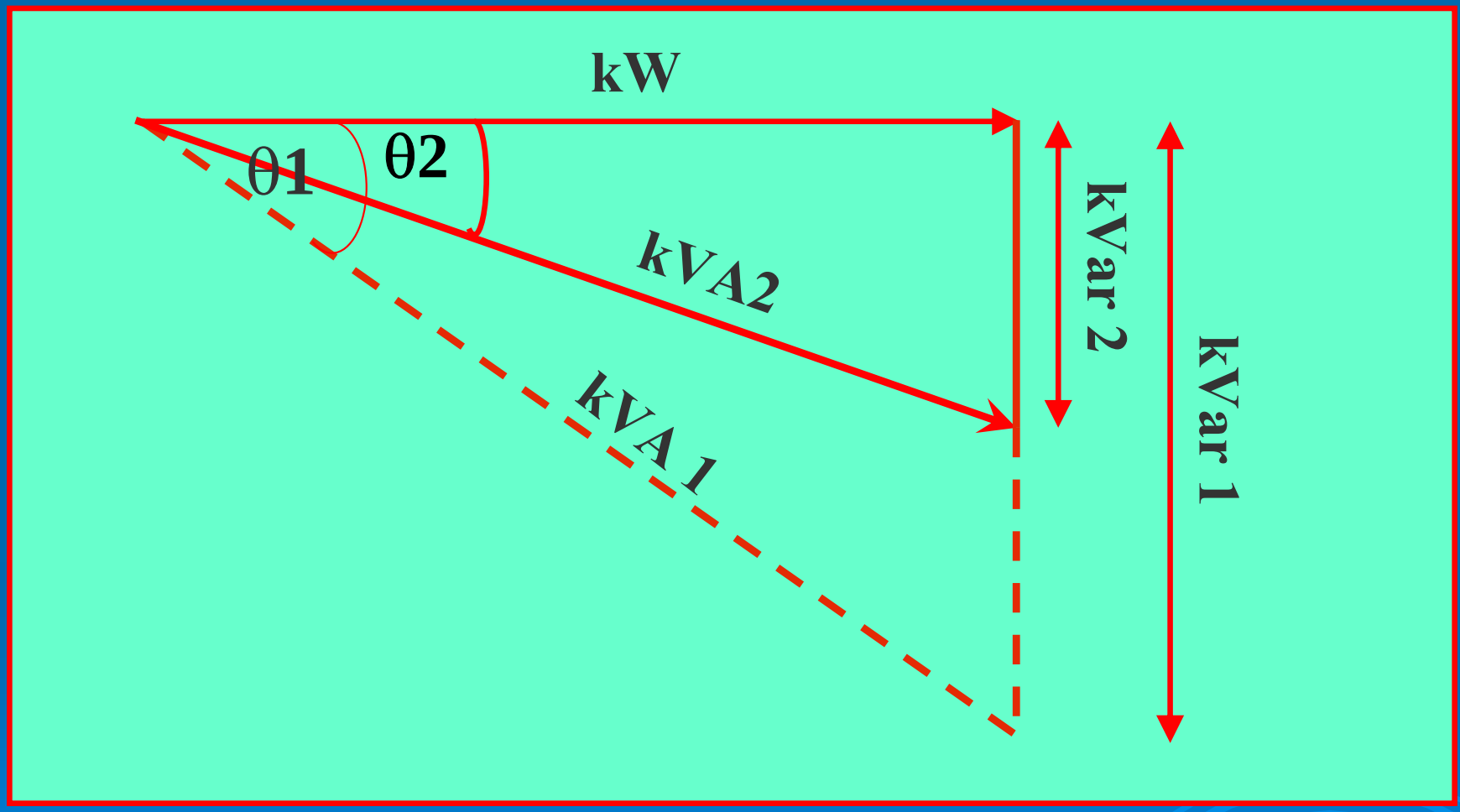
$P = S \times \cos \theta$

$Q = S \times \sin \theta$

$PF = kW / kVA$



เขียนในรูปเวกเตอร์



$$CKvar = kW (\tan \theta 1 - \tan \theta 2)$$

เครื่องห่อหุ้มและการกั้น

- ***คาปาซิเตอร์ที่บรรจุด้วยของเหลวติดไฟ***

  มีปริมาณรวมกันมากกว่า 11 ลิตร ต้องติดตั้งในห้องเฉพาะ หรือ..

  ภายนอกอาคาร ต้องมีรั้วล้อมรอบหรือติดตั้งบนเสา

- ***ส่วนที่มีไฟฟ้า***

  ต้องมีการป้องกันบุคคลมาสัมผัสโดยบังเอิญ

คาปาซิเตอร์แรงดัน***ไม่เกิน*** 1,000 โวลต์

❑ *การคายประจุ*

- ช่วงเวลาคายประจุ
  - ต้องคายประจุให้แรงดันลดลงเหลือไม่เกิน 75 โวลต์ ภายในเวลา 3 นาที
- มาตรการในการคายประจุ เมื่อมีการปลด C ออกจากแหล่งจ่าย
  - มีวงจรคายประจุต่ออย่างถาวร หรือ...
  - มีอุปกรณ์ต่อเข้ากับขั้ว C โดยอัตโนมัติ
- ห้าม คายประจุด้วยวงจรที่ทำงานด้วยมือ

คาปาซิเตอร์แรงดัน**ไม่เกิน** 1,000 โวลต์

❑ *ขนาดกระแสตัวนำ*

- ขนาดกระแสของสายต้องไม่ต่ำกว่า

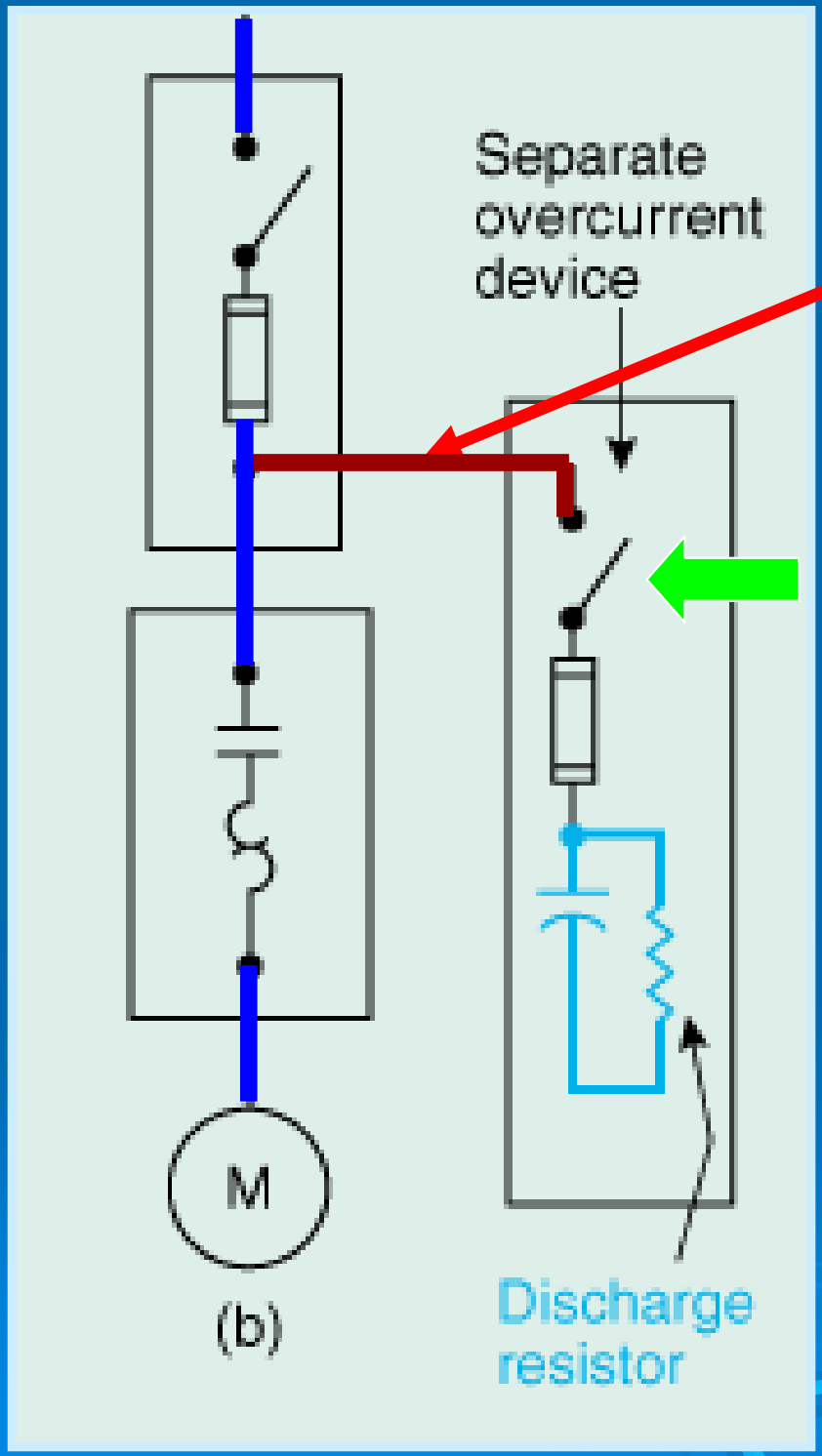
$$I_C = 1.35 \times I_{n,cap}$$

โดยที่

I_C = ขนาดกระแสของสายตัวนำ (A)

$I_{n,cap}$ = พิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ (A)

- เมื่อต่อกับวงจรมอเตอร์ ขนาดกระแสของสาย C ต้องไม่ต่ำกว่า 1/3 ของขนาดกระแสสายมอเตอร์



พิกัดกระแสสายตัวนำ

Cap. $\geq$ 1/3 เท่าของ

พิกัดตัวนำวงจรมอเตอร์

และ

$$I_{cable\ ,cap} = 1.35 I_{n\ ,cap}$$

ตัวอย่างที่ 1

- จงหาขนาดกระแสของสายตัวนำของคาปาซิเตอร์ 50 kVar ,400V ,3 เฟส

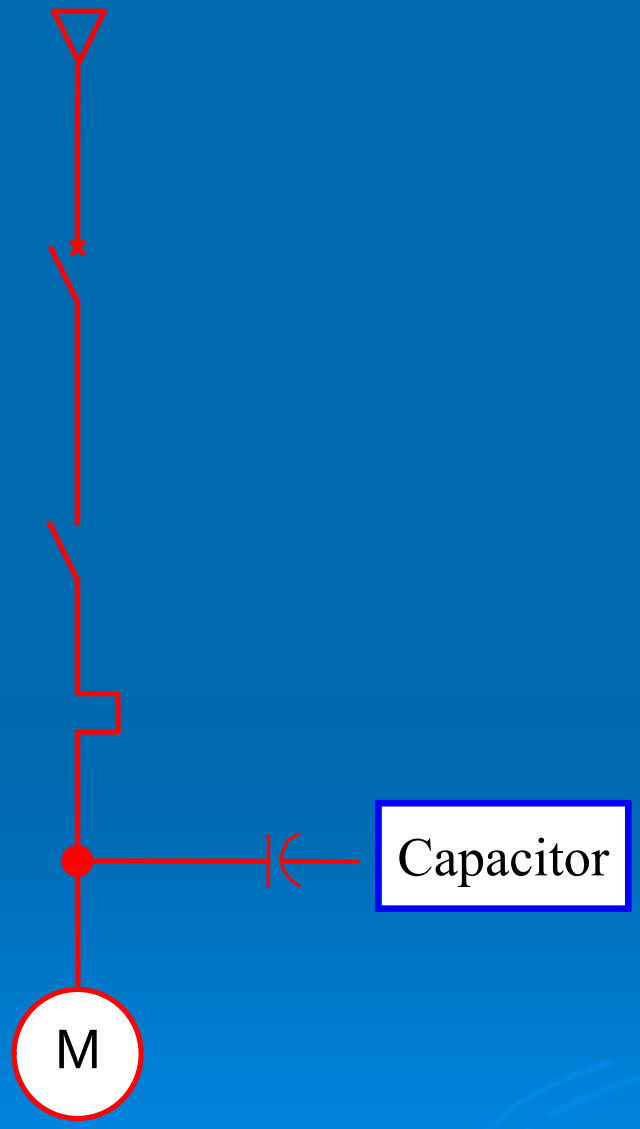
วิธีทำ

$$I_C = 1.35 \times In,cap$$

$$In = \frac{50 \times 1,000}{\sqrt{3} \times 400} = 72.2 \text{ A}$$

$$I_C = 1.35 \times 72.2 = \underline{97.5 \text{ A}}$$

คาปาซิเตอร์แรงดัน*ไม่เกิน* 1,000 โวลต์



❑ *การป้องกันกระแสเกิน*

- คาปาซิเตอร์ทุกชุด ต้องมีการป้องกันกระแสเกินทุกสายเส้นไฟ

ยกเว้น

- เมื่อต่อกับด้านโหลด ของเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังของวงจรมอเตอร์ (หลัง Overload)
- พิกัดปรับตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกิน ต้องให้ต่ำที่สุด

คาปาซิเตอร์แรงดัน*ไม่เกิน* 1,000 โวลต์

ขนาดปรับตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกิน

- เป็นขนาดที่แนะนำ ไม่ได้ระบุในมาตรฐาน

  ต้องปรับให้ต่ำที่สุด แต่คาปาซิเตอร์ยังต้องต่อใช้งานได้

- HRCFuse

  $I_{FUSE} = 1.65 \times In,cap$

- Circuit Breaker

  $I_{CB} = 1.50 \times In,cap$

คาปาซิเตอร์แรงดัน***ไม่เกิน*** 1,000 โวลต์

❑ *เครื่องปลดวงจร*

- คาปาซิเตอร์แต่ละชุดต้องมีเครื่องปลดวงจร ทุกสายเส้นไฟ

ยกเว้น ต่อด้านหลัง Overload ของมอเตอร์

- ในสภาพการใช้งานปกติ ต้องปลดวงจรได้โดยไม่เสียหาย และต้องปลดทุกเส้นได้พร้อมกัน
- พิกัดกระแส ต้องไม่น้อยกว่า

$$I_{DISC} = 1.35 \times In,cap$$

ตัวอย่างที่ 2

- คาปาซิเตอร์ชุดละ 25 kVar จงคำนวณหาขนาด CB ,เครื่องปลดวงจรและสายไฟ

วิธีทำ $$In,cap = \frac{25 \times 1,000}{\sqrt{3} \times 380} = 40\ A$$

I_{CB} = 1.5 x In,cap = 1.5 x 40 = *60 A*

I_{DISC} = 1.35 x In,cap = 1.35 x 40 = *54 A*

I_C = 1.35 x In,cap = 1.35 x 40 = *54 A*

คาปาซิเตอร์เมื่อใช้ในวงจรมอเตอร์

- ***เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังของมอเตอร์ (Overload Relay)***
  - พิกัดขนาดปรับตั้งและการกำหนดขนาดตัวนำ ให้คำนวณจากกระแสที่ปรับค่าตัวประกอบกำลังแล้ว
- ***หน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Contactors)***
  - การกำหนดขนาด ต้องดู Utilization Categories (ภาคผนวก ฎ)
  - คาปาซิเตอร์ ควรใช้ *AC-6b*

คาปาซิเตอร์สำหรับวงจรมอเตอร์ (ต่อ)

- เนื่องจาก P.F. ของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงตามโหลด การกำหนดขนาดคาปาซิเตอร์ จึงนิยมกำหนดให้มีกระแสประมาณ 80%-90% ของกระแสเมื่อไม่มีโหลด (Np Load Current)

$$CkVar = \frac{0.90 \times 1.732 \times I_N}{1{,}000}$$

CkVar = ขนาดของคาปาซิเตอร์ (kVar)

V = ค่าแรงดันระหว่างสายไฟฟ้า (V)

I_N = กระแสมอเตอร์เมื่อไม่มีโหลด (A)

การหาค่าขนาด kVar

$$\frac{kVar_{NEW}}{kVar_{OLD}} = \frac{V^2_{NEW}}{V^2_{OLD}}$$

คาปาซิเตอร์เมื่อใช้ในวงจรมอเตอร์ (ต่อ)

- **การปรับค่า (Overload Relay)**

$$OL_{NEW} = \frac{OL_{OLD} \times P.F._{OLD}}{P.F._{NEW}}$$

OL_{NEW} = พิกัดปรับตั้ง Overload หลังจากใส่คาปาซิเตอร์

OL_{OLD} = ค่าปรับ Overload ก่อนที่จะใส่คาปาซิเตอร์

P.F. = ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor)

ตัวอย่างที่ 3

- คาปาซิเตอร์ขนาด 50 kVar 3 เฟส 416 V 50 Hz ถ้าใช้กับแรงดัน 380 V จะมีค่าขนาดกี่ กิโลวาร์

วิธีทำ $kVar\ 3\ เฟส = 6 \times \P \times f \times C \times V^2 \times 10^{-9}$

หาค่า C ที่ 416 V $C = (50 \times 10^9) / (6 \times 3.1416 \times 50 \times 416^2)$

$C = 306.56\ \mu F$

หาค่า kVar ที่ 380 V $kVar = (6 \times 3.1416 \times 306.56 \times 380^2) / (10^9)$

จะได้ขนาดคาปาซิเตอร์ = 41.7 kVar

ตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

- คาปาซิเตอร์ขนาด 50 kVar 3 เฟส 416 V 50 Hz ถ้าใช้กับแรงดัน 380 V จะมีค่าขนาดกี่ กิโลวาร์ (โจทย์เดิม)

วิธีทำ

$$\frac{kVar_{NEW}}{kVar_{OLD}} = \frac{V^2_{NEW}}{V^2_{OLD}}$$

ขนาด kVar $= (380/416)^2 \times 50$

$= 41.72\ kVar$

คาปาซิเตอร์แรงดัน ***เกิน*** 1,000 โวลต์

❑ *การคายประจุ*

- ช่วงเวลาคายประจุ
  - ต้องคายประจุให้แรงดันลดลงเหลือไม่เกิน 75 โวลต์ ภายในเวลา 10 นาที
- มาตรการในการคายประจุ เมื่อมีการปลด C ออกจากแหล่งจ่าย
  - มีวงจรคายประจุต่ออย่างถาวร หรือ...
  - มีอุปกรณ์ต่อเข้ากับขั้ว C โดยอัตโนมัติ
- คายประจุผ่านอุปกรณ์ก็ได้ เช่น มอเตอร์ ,หม้อแปลง

ตัวอย่างที่ 4

- โรงงานแห่งหนึ่ง มีโหลดรวม 400 kVA $\cos \phi = 0.70$ ต้องการปรับปรุงค่า P.F. ให้เป็น $\cos \phi = 0.85$ จะต้องใช้คาปาซิเตอร์ขนาดเท่าใด

วิธีทำ

$$kW = kVA \cos \phi$$

$$kW = 400 \times 0.70 = \underline{280\ kW}$$

$$\phi 1 = \cos^{-1} 0.70 = 45.573 \text{ , } \tan \phi 1 = 1.02$$

$$\phi 2 = \cos^{-1} 0.85 = 31.788 \text{ , } \tan \phi 2 = 0.62$$

ตัวอย่างที่ 4 (ต่อ)

วิธีทำ (ต่อ)

ขนาด C $kVar = kW \times (\tan \phi 1 - \tan \phi 2)$

$= 280 \times (1.02 - 0.62)$

จะต้องใส่คาปาซิเตอร์ = ***112 kVar***

คาปาซิเตอร์แรงดัน ***เกิน*** 1,000 โวลต์

การป้องกันกระแสเกิน

- คาปาซิเตอร์แต่ละตัว หรือกลุ่ม ต้องมีการตรวจจับและตัดกระแสลัดวงจรที่ทำให้เกิดแรงดันภายในตัวถังเกิน
- เครื่องป้องกันเป็นชนิด 1 เฟส ได้
- พิกัดปรับตั้งต่ำสุดเท่าที่คาปาซิเตอร์ ยังสามารถทำงานโดยไม่เสียหาย

คาปาซิเตอร์แรงดัน *เกิน* 1,000 โวลต์

❑ *การสับและปลด (Switching)*

- ใช้สวิทซ์ที่ทำงานพร้อมกันทุกเฟส (Group-Operated Switch)
- เป็นชนิดตัดกระแสโหลดได้
- สามารถทน Inrust Current และกระแสลัดวงจรได้
- พิกัดกระแส ไม่น้อยกว่า

$$I_{DISC} = 1.35 \times In,cap$$

คาปาซิเตอร์แรงดัน ***เกิน*** 1,000 โวลต์

การแยกวงจร

- ต้องมีสวิทซ์แยกวงจร
- ถ้าใช้สวิทซ์ที่ไม่สามารถตัดโหลดได้ ต้องมี Interlock กับเครื่องปลดโหลด (Load-Interrupting Device)
- หรือ...ทำเครื่องหมาย ,ป้ายเตือน ให้สับหรือปลดโหลดก่อน

จบการนำเสนอ
เรื่อง คาปาซิเตอร์