

บทที่ 2

มาตรฐานสายไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้า

โดย

สุธี ปิ่นไพสิฐ

วิศวกรไฟฟ้าเชี่ยวชาญ กรมโยธาธิการและผังเมือง

มาตรฐานต่างๆ ที่สำคัญ ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุอุปกรณ์และ

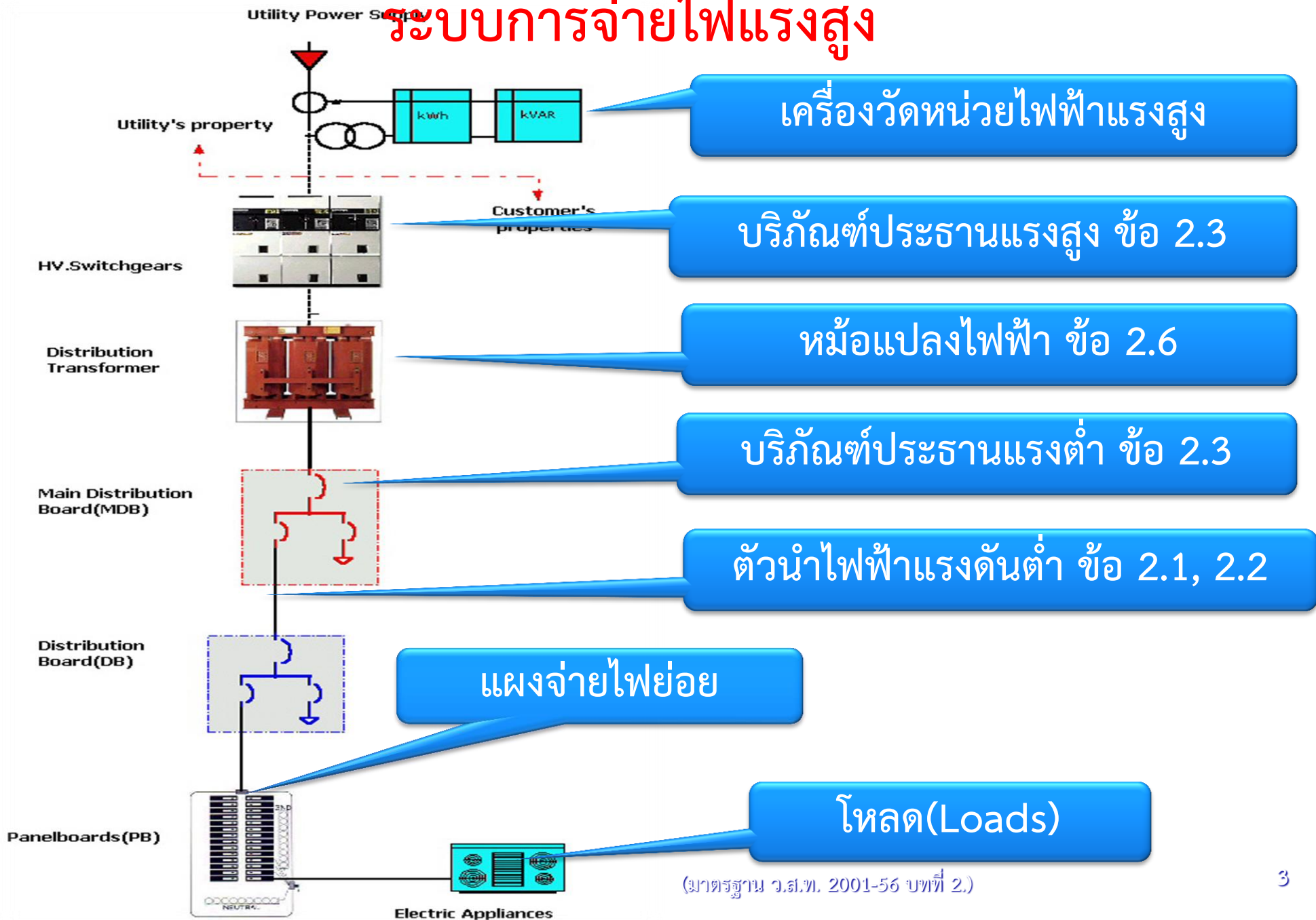
✚ การเดินสายและติดตั้งบริภัณฑ์ไฟฟ้า

- มาตรฐาน ว.ส.ท. (EIT Standard 2001-56)
- National Electrical Code (NEC)
- British Standard (BS)
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA)
- American National Standard Institute (ANSI)
- IEC
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า

- มาตรฐาน มอก.
- มาตรฐานระหว่างประเทศ
- ถ้าไม่มีทั้ง มอก.และ IEC ก็เลือกตามมาตรฐาน ประจำชาติ

ระบบการจ่ายไฟแรงสูง



(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-56 บทที่ 2.)

2.1 มาตรฐานสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าในระบบสายอากาศระบบไฟฟ้าแรงสูง

➤ สายเปลือย(Bare Conductor)

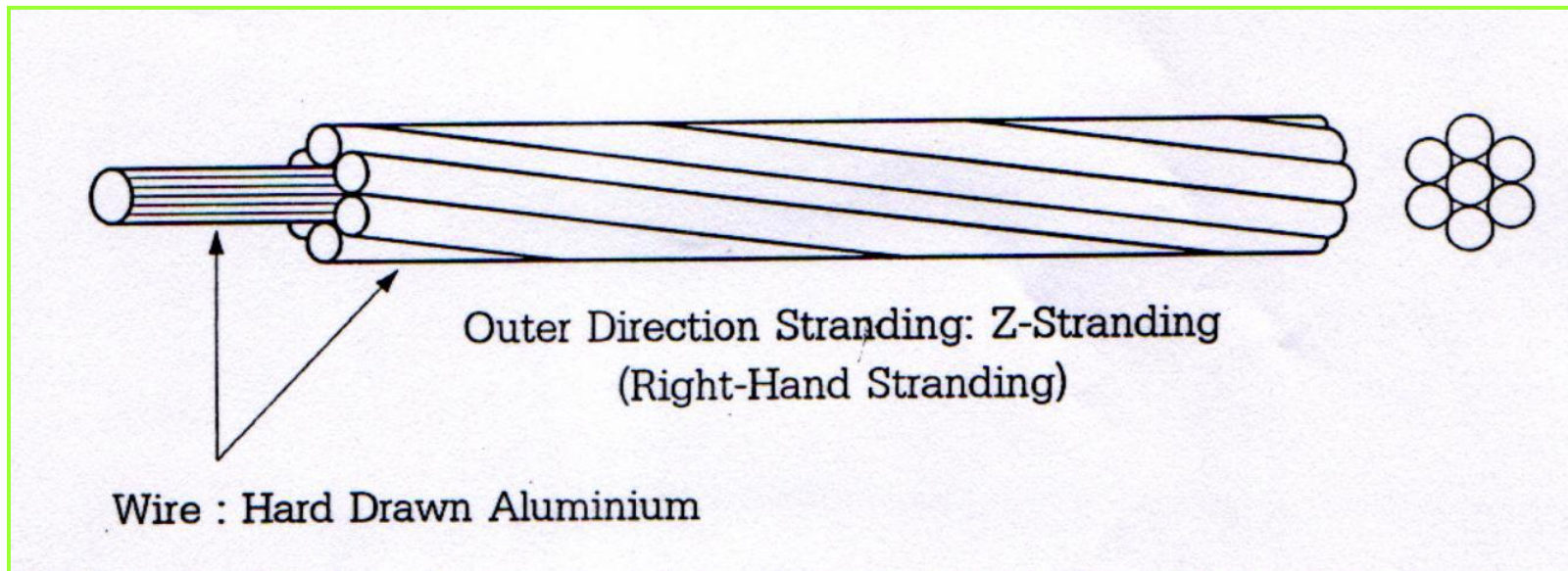
- ACC (All Copper Conductor) TIS 64-2517
- AAC(All Aluminum Conductor); TIS 85-2548
- ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced); TIS 85-2528

➤ สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน(Insulated Conductor)

- APC or PIC (Partially Insulated Cable) = สายหุ้มฉนวนแรงสูงไม่เต็มพิกัด
- ASC or SAC (Space Aerial Cable) = สายหุ้มฉนวน 2 ชั้นไม่เต็มพิกัด
- FIC or AFC (Fully InsulateedCable)= สายหุ้มฉนวนแรงสูงเต็มพิกัดตีเกลียว

- สายอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย(All Aluminium Conductor ; AAC)

เป็นตัวนำอลูมิเนียมพันตีเกลียวเป็นชั้นๆ รับแรงดึงได้ดี
ระยะห่างช่วงเสาไม่เกิน 50 เมตร มาตรฐานสายชนิดนี้
คือ มอก. 85- 2548

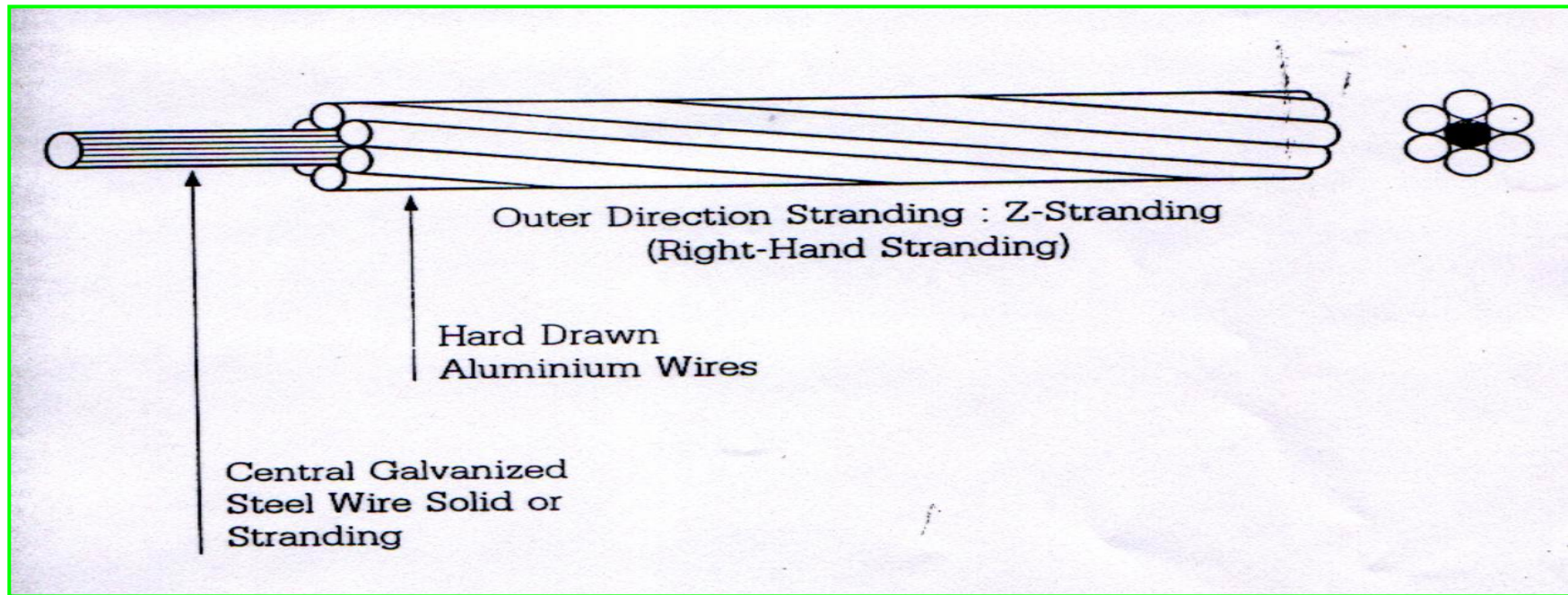


สาย AAC

(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-56 บทที่ 2 ข้อ 2.1.2.หน้า 2-1)

- สายอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือยแกนเหล็ก(Aluminium
- Conductor Steel Reinforced ; ACSR)

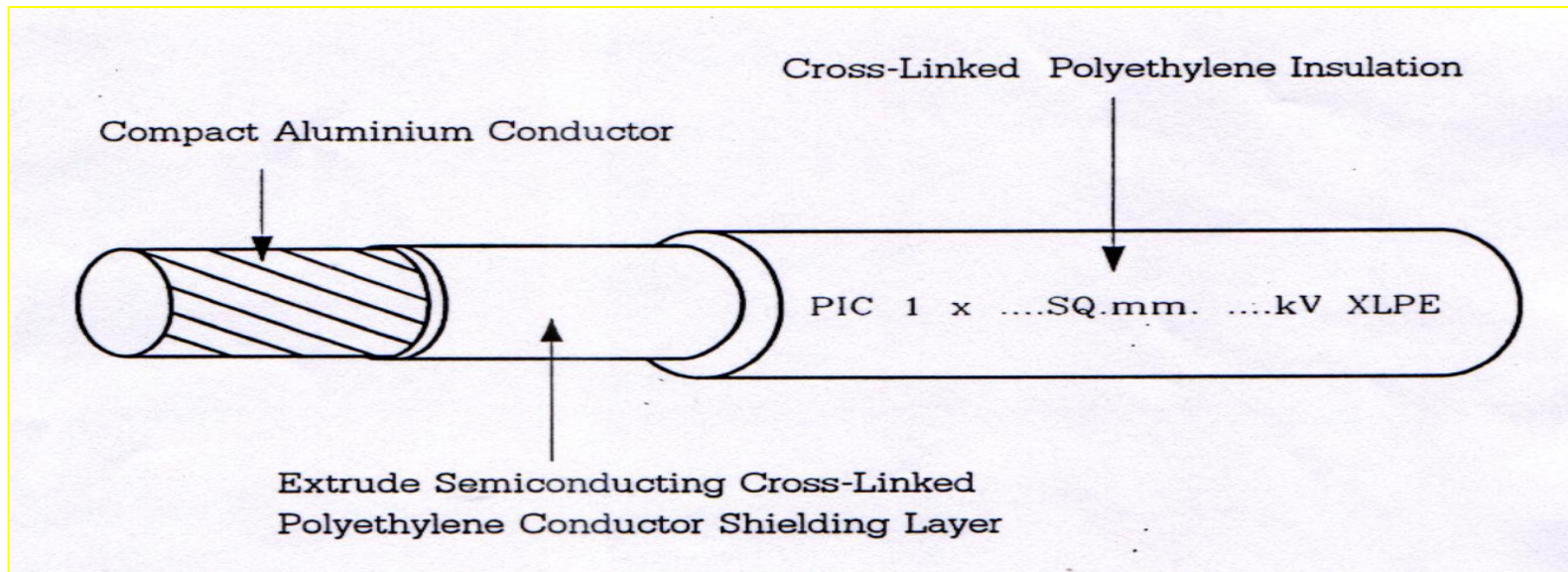
เป็นสายอลูมิเนียมตีเกลียวและมีสายเหล็กอยู่ตรงกลาง
เพื่อให้รับแรงดึงได้สูง มาตรฐานของสายนี้คือ มอก. 85-2528



สาย ACSR

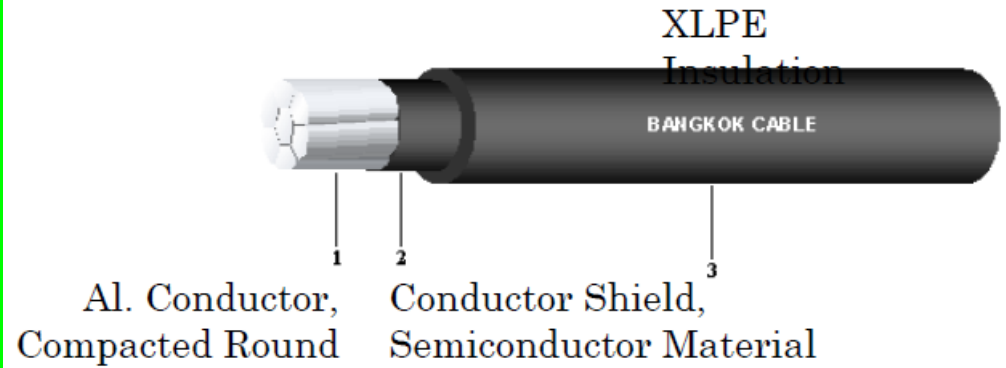
- สาย Partial Insulated Cable (PIC or APC)

สาย PIC ประกอบด้วย ตัวนำอลูมิเนียมเหนียวหุ้มด้วยฉนวน XLPE 1 ชั้นใช้แทนสายเปลือยเพื่อช่วยลดการลัดวงจรของสายเปลือยไม่สามารถแตะต้องโดยตรงได้



สาย PIC or APC

(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-56 บทที่ 2 ข้อ 2.1.1.3 หน้า 2-1)



สาย PIC or APC

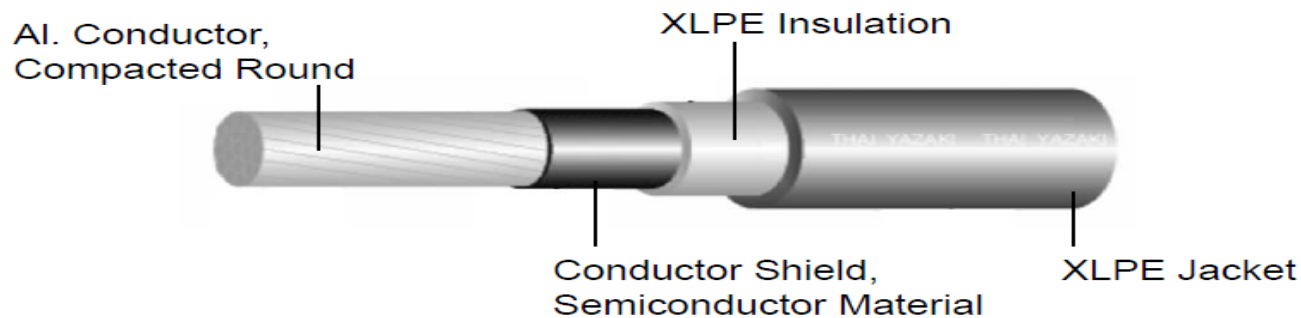


- สาย Space Aerial Cable (SAC or ASC)

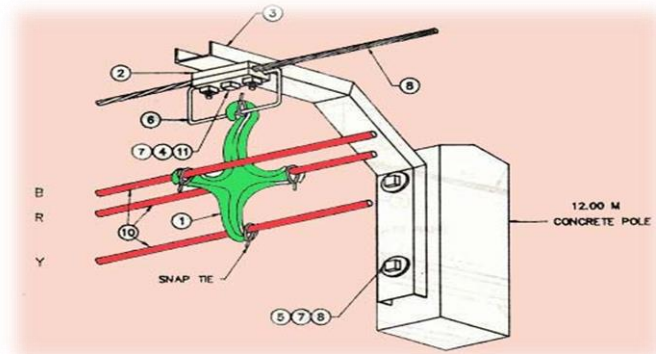
เป็นตัวนำอลูมิเนียมเคลือบทีเกลียว มีฉนวน XLPE หุ้ม และมีเปลือก(Sheath) ที่ทำจาก XLPE หุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง แต่ไม่สามารถสัมผัสโดยตรง การเดินสายต้องใช้ Spacer เพื่อจำกัดระยะห่างสาย ต้องใช้ Messenger Wire ช่วยดึงสายและเป็น Over Head Ground Wire

12/24 kV CONDUCTOR

o Spaced Aerial Cable (ASC)



Conductor Size (mm ²)	Copper Equivalent (mm ²)	Stranding Number	Overall Diameter (mm)	Rated Ultimate Strength (N)
35	21	7	19.91-21.48	5,720
70	42	7	23.00-25.00	10,530
185	107	30	28.93-31.08	29,600



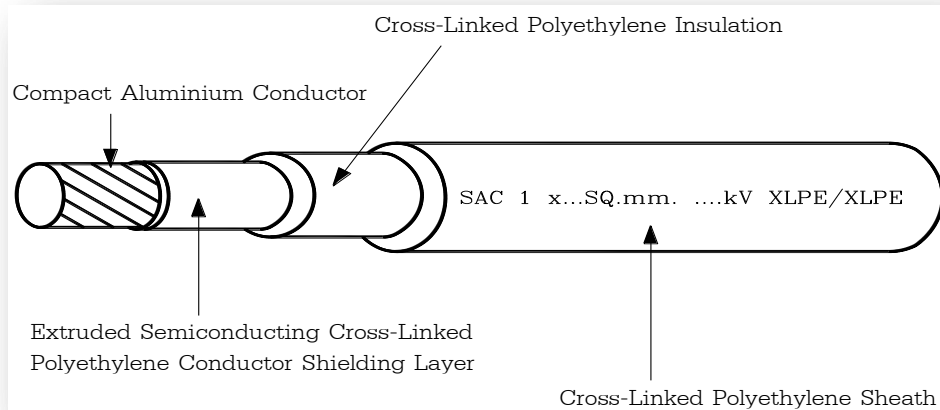
สาย SAC or ASC

ขนาด (ตร.มม.)	ขนาดกระแส(A)
35	170
120	365
185	470

(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-56 บทที่ 2 ข้อ 2.1.1.3 หน้า 2-1)

สายหุ้มฉนวนแรงสูงเต็มพิกัดดีเกลือว(XLPE ALUMINIUM PREASSEMBLY AERIAL CABLE : FIC หรือ PAC หรือ AFC

ระบบแรงดัน 11-33kV



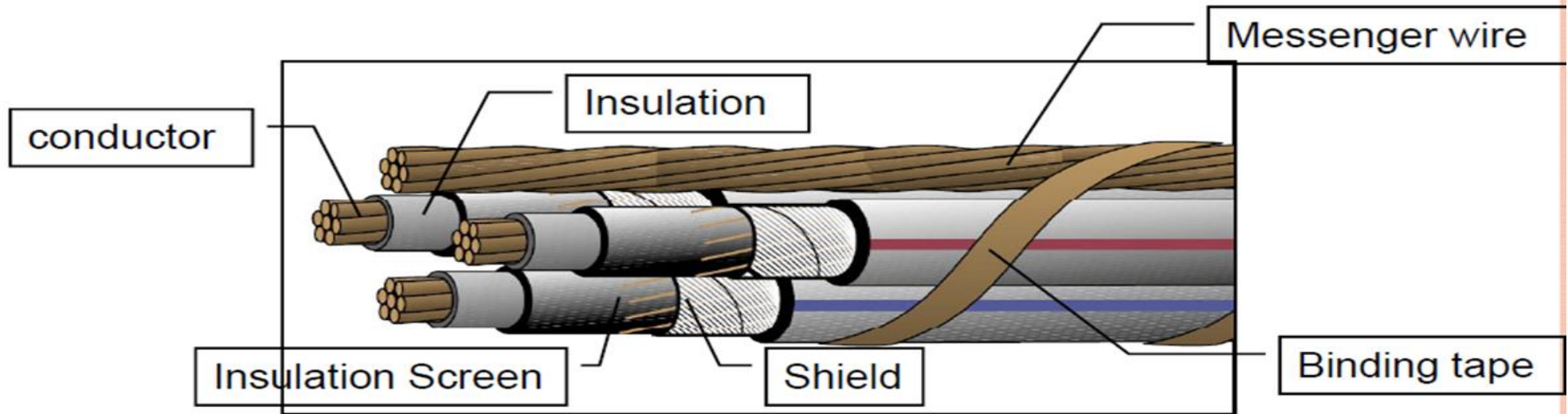
➤ ถือว่าเป็นสายอลูมิเนียม ชนิด Fully Insulated มีโครงสร้างเหมือนกับสายใต้ดิน สามารถสัมผัสโดยตรงขณะจ่ายไฟฟ้าใช้กับบริเวณที่ต้องการลดระยะห่างทางไฟฟ้าหรือบริเวณที่คนสามารถสัมผัสถึง

(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-56 บทที่ 2 ข้อ 2.1.13 .หน้า 2-1)

Preassembly Aerial Cable (FIC or PAC or AFC)

12/24 kV CONDUCTOR

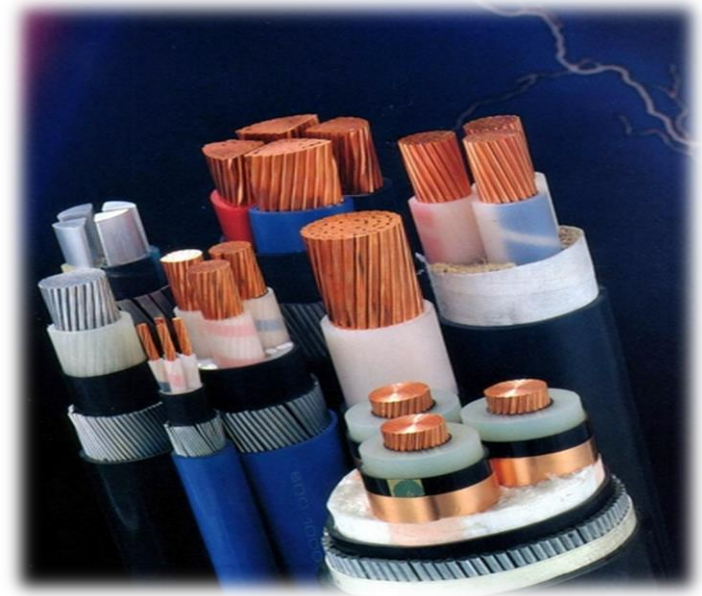
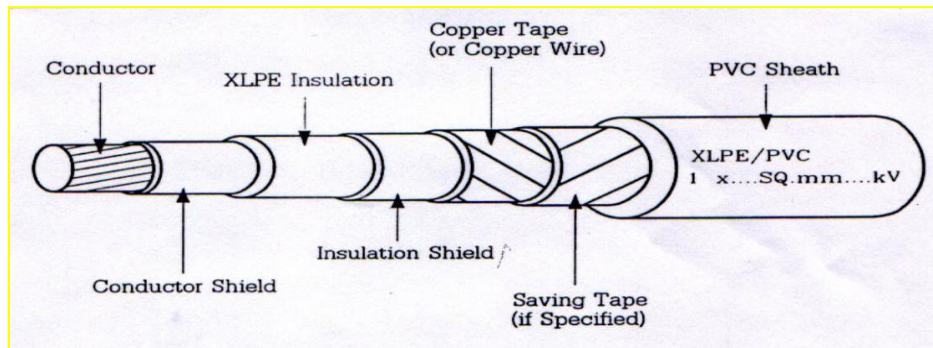
Preassembly Aerial Cable (AFC)



Conductor Size (mm ²)	Copper Equivalent (mm ²)	Stranding Number	Overall Diameter (mm)	Rated Ultimate Strength (N)
70	12	7	19.91-21.48	5,720
240	34	7	23.00-25.00	10,530

- สาย Cross-linked Polyethylene(XLPE)

สาย XLPE เป็นสาย Fully Insulated โครงสร้างประกอบด้วย สายทองแดงตีเกลียว มีชีลด์ของตัวนำ ฉนวน ชีลด์ของฉนวน และเปลือกนอก สายชนิดนี้สามารถเดินลอยในอากาศหรือฝังดิน ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน XLPE เป็นไปตามมาตรฐาน IEC 60502



XLPE = Cross-linked polyethylene insulated, copper wire screen and polyethylene jacketed



พระราชกฤษฎีกา

กำหนดให้ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์
แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน ๔๕๐/๗๕๐ โวลต์
ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน
พ.ศ. ๒๕๕๕

ภูมิพลอดุลยเดช ป.ร.

ให้ไว้ ณ วันที่ ๒๔ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๕
เป็นปีที่ ๖๗ ในรัชกาลปัจจุบัน



เครื่องหมายมาตรฐานบังคับ

มีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 31กรกฎาคม 2556 เป็นต้นไป

สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ แรงดันไฟฟ้าที่ กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์

1. มอก. 11 เล่ม 1-2553 ข้อกำหนดทั่วไป
2. มอก. 11 เล่ม 2-2553 วิธีทดสอบ
3. มอก. 11 เล่ม 3-2553 สายไฟฟ้าไม่มีเปลือกสำหรับงานติดตั้งยึดกับที่
4. มอก. 11 เล่ม 4-2553 สายไฟฟ้ามีเปลือกสำหรับงานติดตั้งยึดกับที่
5. มอก. 11 เล่ม 5-2553 สายอ่อน
6. มอก. 11 เล่ม 101-2553 สายไฟฟ้ามีเปลือกสำหรับงานทั่วไป

มอก. 11-2553 เล่ม 1 ข้อกำหนดทั่วไป (IEC 60227-1) (ต่อ)

การระบุแกนของสายไฟฟ้า

L1 = สีน้ำตาล , L2 = สีดำ, L3 = สีเทา
N = สีฟ้า, G = สีเขียวแถบเหลือง

การแสดงด้วยสี จำนวนแกนไม่เกิน 5 แกน (หลีกเลี่ยงการใช้สีแดงและสีขาว) กำหนดรูปแบบของสีจนวนดังนี้

- สายแกนเดียว: ไม่กำหนด
- สาย 2 แกน : สีฟ้าและน้ำตาล
- สาย 3 แกน : สีเขียวแถบเหลือง สีฟ้า สีน้ำตาล หรือ สีน้ำตาล สีดำ สีเทา
- สาย 4 แกน : สีเขียวแถบเหลือง สีน้ำตาล สีดำ สีเทา
หรือ สีฟ้า สีน้ำตาล สีดำ สีเทา
- สาย 5 แกน : สีเขียวแถบเหลือง สีฟ้า สีน้ำตาล สีดำ สีเทา
หรือ สีฟ้า สีน้ำตาล สีดำ สีเทา สีดำ

N+L

G+N+L

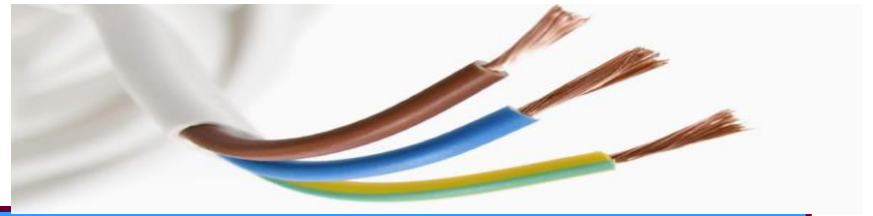
L1+L2+L3

N+L1+L2+L3

G+L1+L2+L3

G+N+L1+L2+L3

ไม่มีใช้



	มอก.11-2531		มอก.11-2553	
N นิวทรัล	เทาอ่อน	ขาว	ฟ้า	
เฟส A	ดำ		น้ำตาล	
เฟส B	แดง		ดำ	
เฟส C	น้ำเงิน		เทา	
G สายดิน	เขียวแถบเหลือง	เขียว	เขียวแถบเหลือง	

เปรียบเทียบสีของสายไฟฟ้า

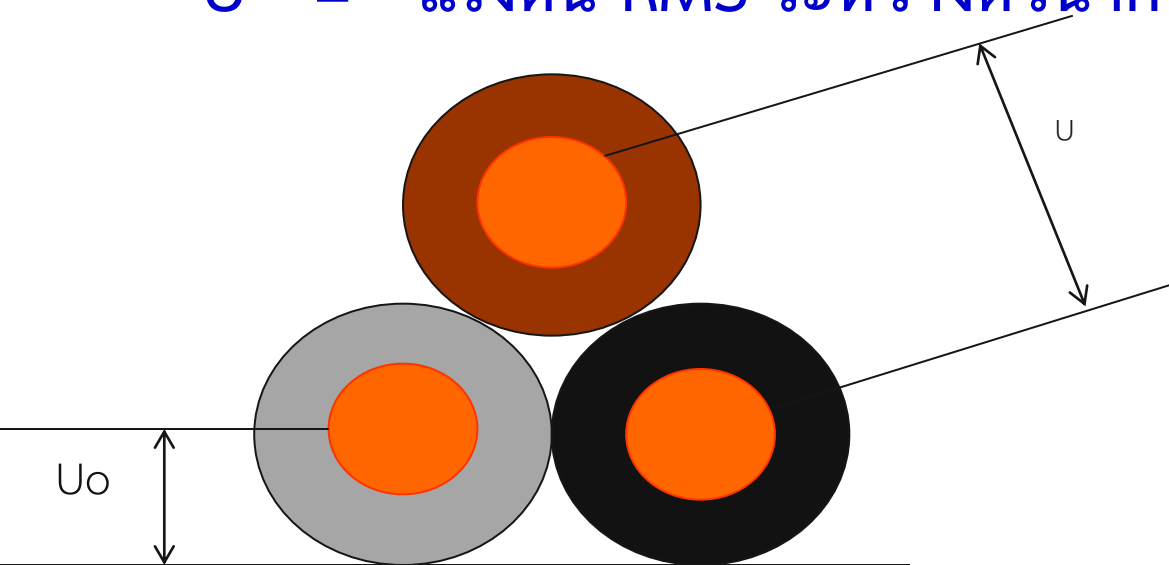
มอก. 11-2553 เล่ม 1 ข้อกำหนดทั่วไป (IEC 60227-1) (ต่อ)

แรงดันไฟฟ้า

กำหนดให้ เป็น U_0 / U

U_0 = แรงดัน RMS ระหว่าง ตัวนำ กับ ดิน

U = แรงดัน RMS ระหว่างตัวนำกับตัวนำ



สายPVC

ตามมอก. 11-2553

แรงดัน 450/750 V

แรงดัน 300/500 V

แรงดัน 600/1000 V

XLPE ตาม IEC

สาย มอก.11-2553, 60227 IEC 01

- ↳ โครงสร้างเหมือนสาย THW
- ↳ เป็นสายชนิดแกนเดี่ยว กลม
- ↳ แรงดันใช้งาน 450/750 โวลต์
- ↳ ขนาด 1.5 ถึง 400 ตร.มม.



การใช้งาน

- ↳ ใช้งานทั่วไป
- ↳ เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย
- ↳ ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง



สาย มอก.11-2553,

60227 IEC 10

↳ โครงสร้างเหมือนสาย NYY

↳ เป็นสายชนิดหลายแกน
(2-5แกน) มี/ไม่มีสายดิน

↳ แรงดันใช้งาน 300/500
โวลต์ ฉนวนบางกว่า NYY

↳ ขนาด 1.5 ถึง 35 ตร.มม.



การใช้งาน

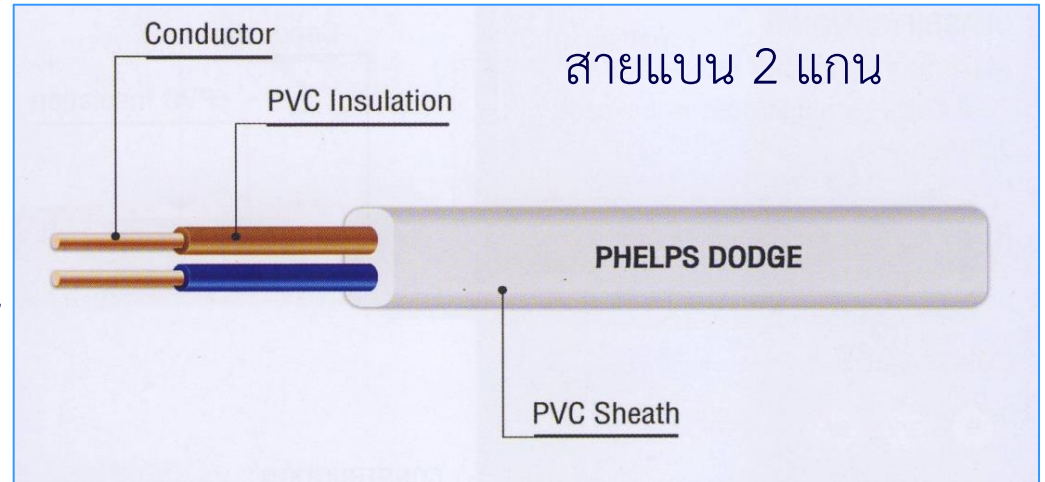
- ใช้งานทั่วไป
- เดินในช่องเดินสายและต้อง
ป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย
- วางบนรางเคเบิล
- ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดิน
โดยตรง

มอก. 11-2553 เล่ม 101 สายไฟฟ้ามีเปลือกสำหรับงานทั่วไป

ชื่อ	รหัส	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	จำนวนแกน	ขนาด (ตร.มม.)
1. สายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวน และเปลือก สายแบน 2 แกน และสายแบน 2 แกนมี สายดิน	VAF, VAF-G, VAF/G	300/500	2 2 และมีสาย ดิน	1 - 16 1 - 16
2. สายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวน เปลือกใน และ เปลือก	NYV, NYV-G, NYV/G	450/750	1 2 - 4 2 - 4 และมี สายดิน	1 - 500 50 - 300 25 - 300
3. สายอ่อนหุ้มด้วยฉนวนและเปลือก	VCT, VCT-G, VCT/G	450/750	1 - 4 2 - 4 มีสาย ดิน	4 - 35 4 - 35 21

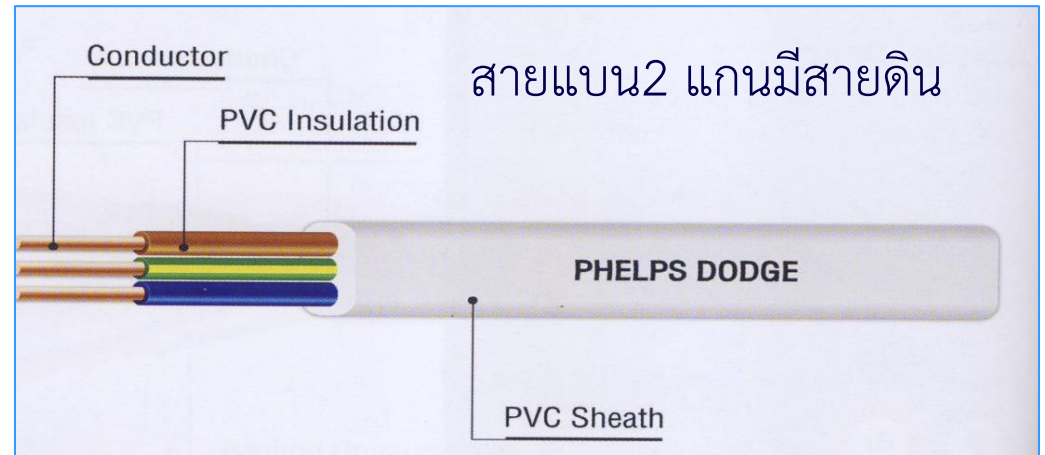
สาย มอก.11-2553, VAF

- เป็นสายแบบ 2 แกน
- และ 2 แกนมีสายดิน
- แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์
- ขนาด 1.5 ถึง 16 ตร.มม.

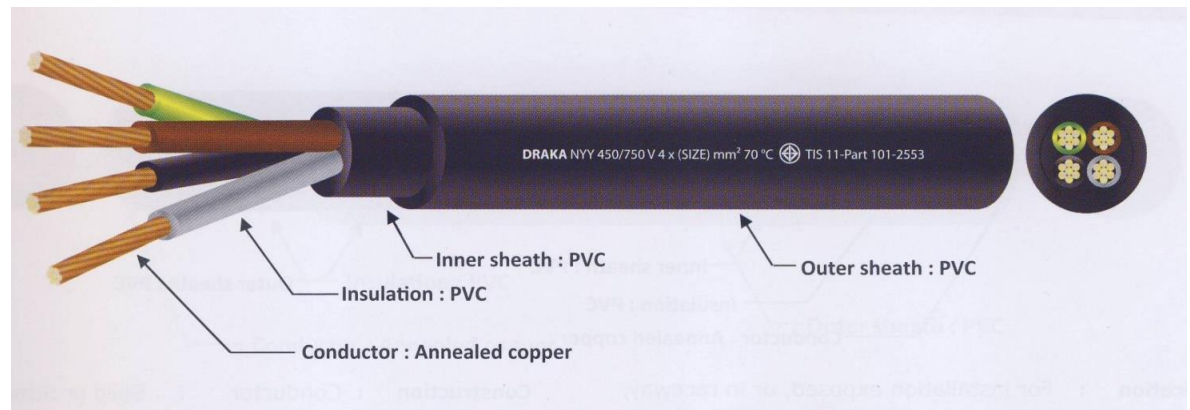


การใช้งาน

- เดินเกาะผนัง
- เดินในช่องเดินสาย
- ห้ามร้อยท่อ
- ห้ามฝังดิน



สาย มอก.11-2553, NYY



- เป็นสายชนิดแกนเดี่ยวและหลายแกน
- แรงดันใช้งาน 450/750 โวลต์
- แกนเดี่ยว ขนาด 1.0 ถึง 500 ตร.มม.
- หลายแกน ขนาด 50 ถึง 300 ตร.มม.
- หลายแกนมีสายดิน ขนาด 25 ถึง 300 ตร.มม.

- ใช้งาน
- ใช้งานทั่วไป
- วางบนรางเคเบิล
- ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

สาย มอก.11-2553, VCT



- ↳ ลักษณะเป็นสายฝอย
- ↳ เป็นสายชนิดแกนเดี่ยว หลายแกน และหลายแกนมีสายดิน
- ↳ แรงดันใช้งาน 450/750 โวลต์
- ↳ ขนาด 4 ถึง 35 ตร.มม.

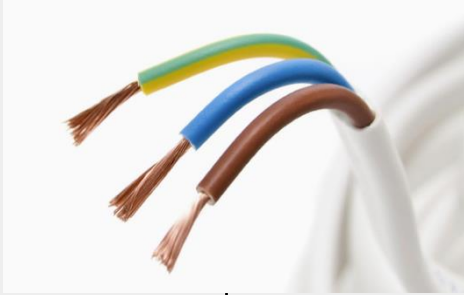
การใช้งาน

- ใช้งานทั่วไป
- ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้า
- วางบนรางเคเบิล

● ขนาดพื้นที่หน้าตัดสายดินในสายหลายแกนที่เปลี่ยนแปลงตาม

● มอก.11-2553 ใหม่

ขนาดพื้นที่หน้าตัดสายไฟ (ตร.มม.)	ขนาดพื้นที่หน้าตัดสายดิน (ตร.มม.)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S / 2$



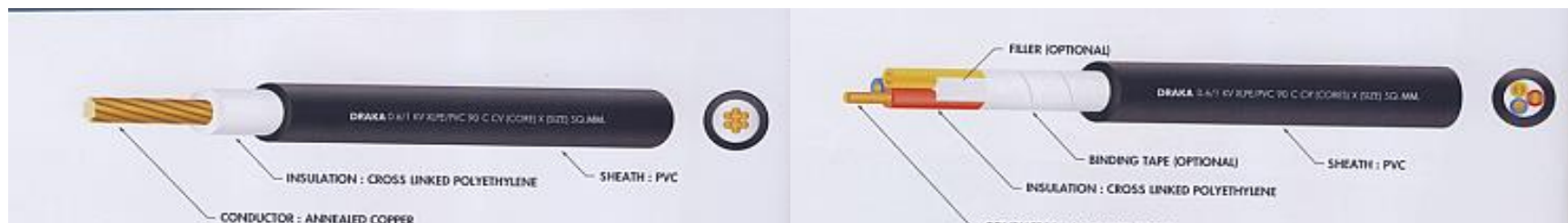
สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน XLPE

สายไฟฟ้าชนิดนี้ ทำตามมาตรฐาน IEC 60502-1

- ฉนวน XLPE 90°C และมีเปลือก
- แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 600/1000V (0.6/1kV)
- มีขนาด 1,2,3,4 แกน
- นำกระแสได้สูง เนื่องจากฉนวนเป็น XLPE 90°C
- การใช้งาน ใช้งานทั่วไป เดินบน Cable tray ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
- การติดตั้งในอาคารต้องเดินในที่ปิดมิดชิด

ยกเว้น เปลือกนอกของสายมีคุณสมบัติต้านทานการลุกไหม้

(Flame retardant) IEC 60332-3 category c

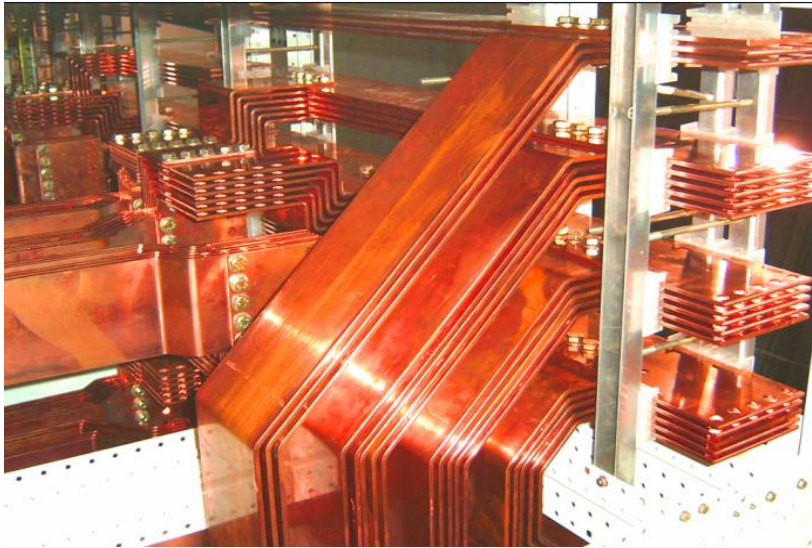


2.2 มาตรฐานตัวนำไฟฟ้า

- 1) บัสบาร์ทองแดง (Copper Bus Bar)
ต้องมีความ บริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 98 %
- 2) บัสบาร์อลูมิเนียม (Aluminum Bus Bar)
ต้องมีความ บริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 98 %
- 3) บัสเวย์ (Busway) หรือบัสดัก(Bus Duct)
ต้องเป็นชนิดที่ประกอบสำเร็จรูปจากบริษัทผู้ผลิต
และได้มีการทดสอบแล้วตามมาตรฐานข้างต้น

บัสบาร์ (Busbar)

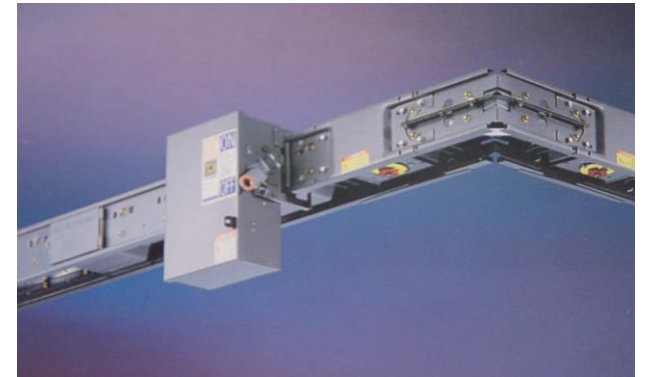
มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง : IEC 60468 ,BS EN 2626, BS EN 13601, มอก.308, มอก.408



(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-56 บทที่ 2 ข้อ 2.2.หน้า 2-1)

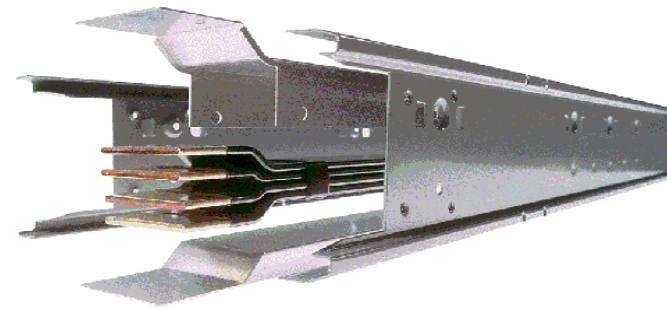
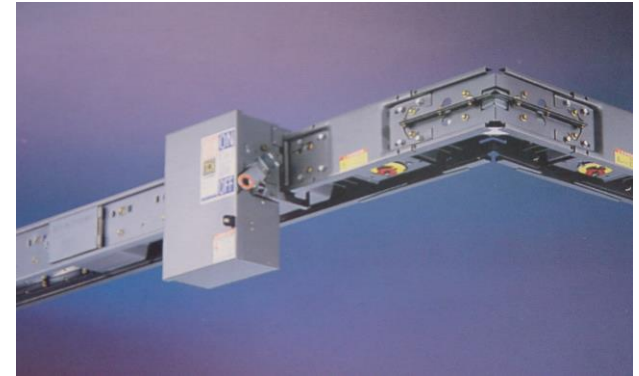
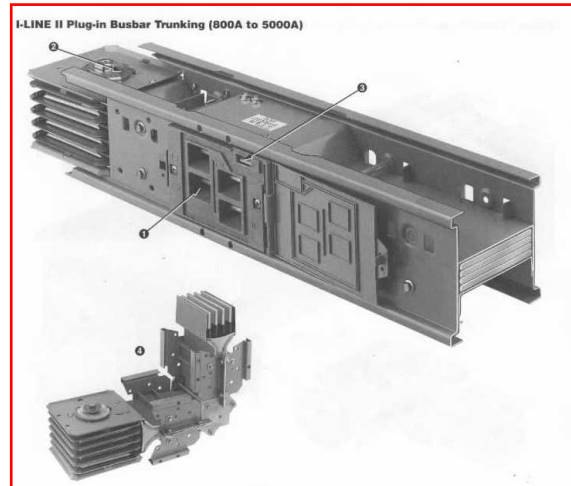
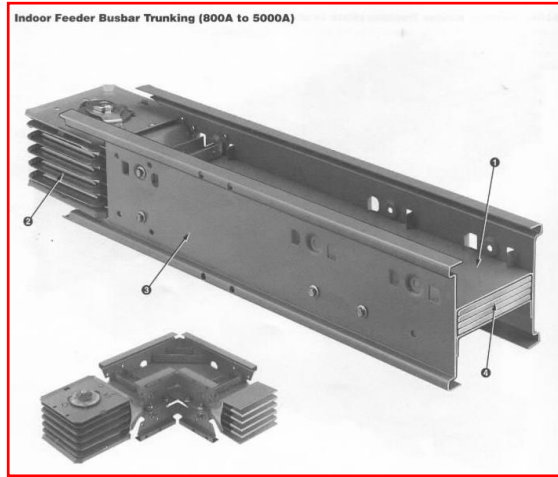
Busway or Bus Duct

- ใช้แทนสายไฟฟ้า
- เหมาะสำหรับอาคารสูงที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากๆ
- มีทั้งแบบทองแดงและอลูมิเนียม
- ติดตั้งง่ายใช้พื้นที่น้อย



Busway or Busduct standard : IEC 61439-6 : UL857

Busway or Bus Duct



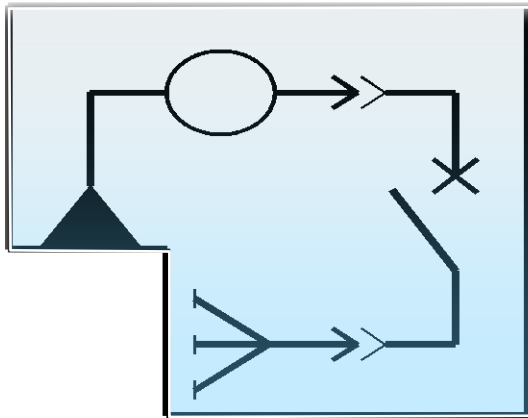
2.3 มาตรฐานเครื่องป้องกันกระแสเกิน

“ Switchgear in Metal Enclosure ”

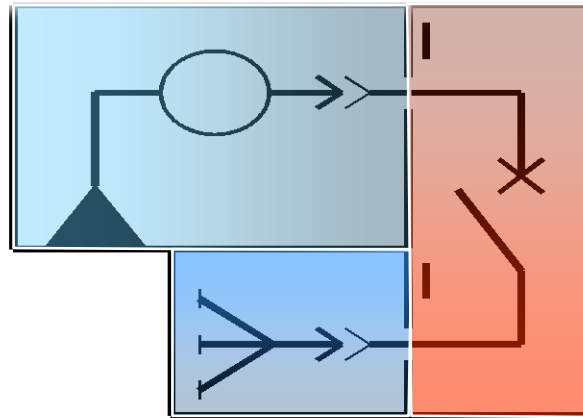
ตามมาตรฐาน IEC 60298 ได้แบ่งตู้สวิตช์ออกเป็น 3 แบบ

1. Cubicle Switchgear
2. Compartmented Switchgear
3. Metal - Clad Switchgear

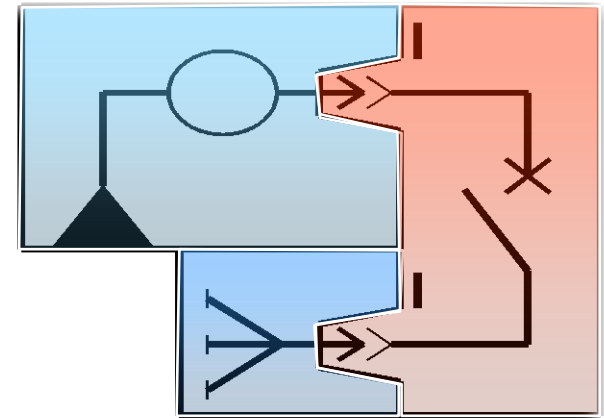
NEW IEC Standard
= IEC 62271-200
published on 2003-11



Cubicle Switchgear



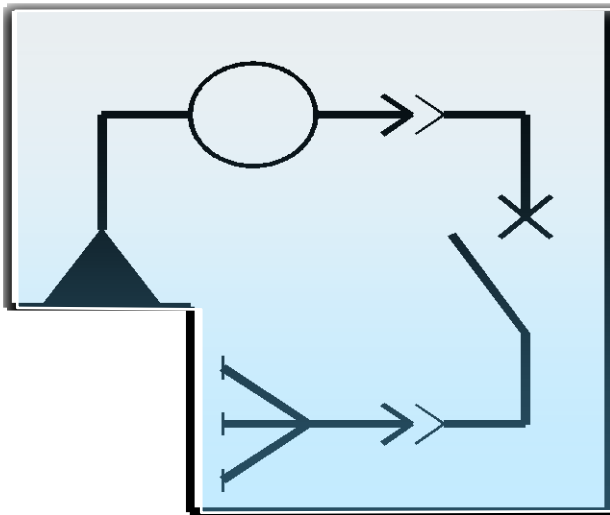
Compartmented Switchgear



Metal-Clad Switchgear

“ Switchgear in Metal Enclosure ”

Cubicle Switchgear

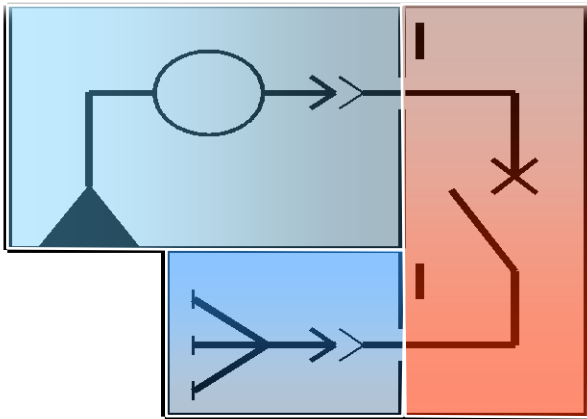


Cubicle Switchgear

1. มีน้อยกว่า 3 Compartments
2. ถ้ามี Partition อาจเป็นโลหะ (Metallic)หรือฉนวน (Insulated)
3. Switching Device อาจเป็นแบบติดถาวร (Fixed)หรือถอดออกได้ (Withdrawable)

“ Switchgear in Metal Enclosure ”

Compartmented Switchgear



1. มี 3 Compartment สำหรับ Switching Device , Busbar , Connectors และ CTS

2. Partition และ Shutters ระหว่าง Compartment โดยทั่วไปจะ Insulated

3. ไม่มี Insulated Bushing สำหรับผ่านจาก

Compartment หนึ่งไปยังอีก Compartment หนึ่ง

Compartmented Switchgear

“ Switchgear in Metal Enclosure ”

Metal - Clad Switchgear

1. มีอย่างน้อย 3 Compartments สำหรับ

Switching Device , Busbar ,

Connectors และ CTS

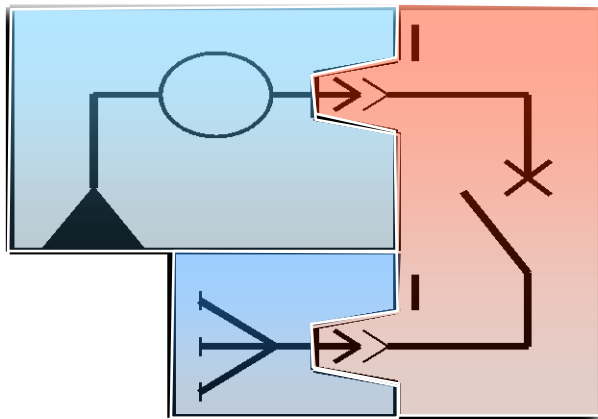
2. Partition ระหว่าง Compartment

จะต้องเป็นโลหะ

3. ช่องผ่านจาก Compartment หนึ่ง ไปยังอีก

Compartment หนึ่ง จะต้อง มี Insulated

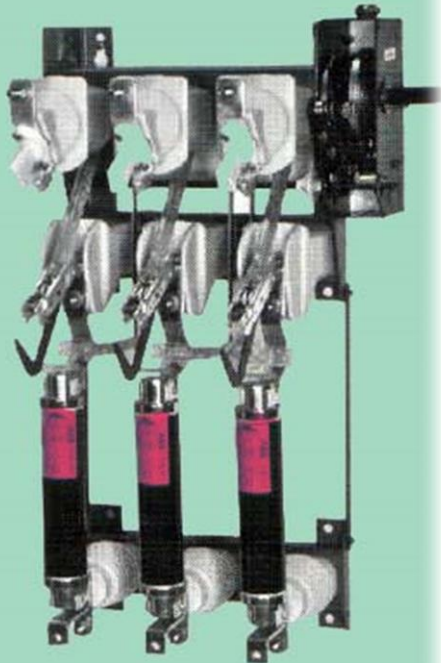
Bushing



Metal-Clad Switchgear

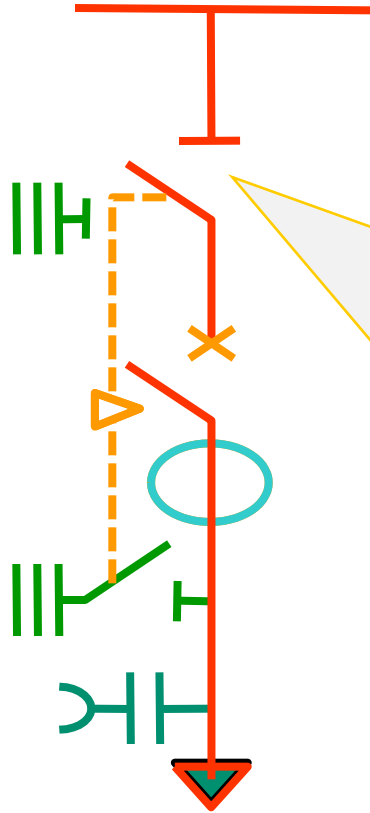
การใช้ฟิวส์ทำงานร่วมกับสวิตช์ตัดโหลด (Load-break Switch with Fuses)

- ↘ การใช้ HRC ร่วมกับสวิตช์ตัดโหลด เมื่อฟิวส์เส้นใดเส้นหนึ่งขาด จะต้องทำให้สวิตช์ปลดวงจรทั้ง 3 เฟส พร้อมกัน
- ↘ พิกัดกระแสขณะตัดวงจร (Breaking Current) ของสวิตช์ตัดโหลดต้องไม่ต่ำกว่า 7 เท่าของฟิวส์ (ตาม IEC 60420)



สวิตช์แยกวงจร

(Isolators or Disconnecting Switches : DS)

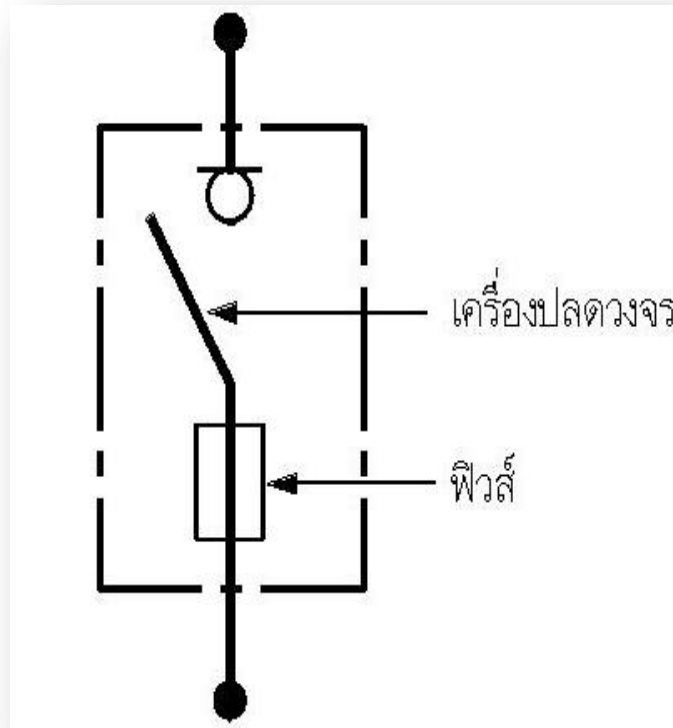
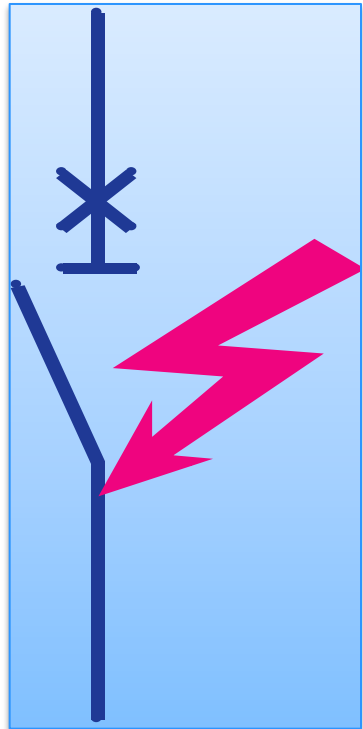


- ใช้ให้ความปลอดภัยบุคคลและการบำรุงรักษา
- ทางด้านไหลดของสวิตช์แยกวงจร จะต้องมีสวิตช์ต่อลงดิน
- จะต้องทำ Interlock กับเซอร์กิตเบรกเกอร์
- ใช้ปิด-เปิดวงจรไฟฟ้าแรงสูง ขณะที่ไม่มีไหลด
- สามารถสับ-ปลด เมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์อยู่ในตำแหน่งปลดเท่านั้น

Circuit breaker unit

มาตรฐานเครื่องป้องกันกระแสเกิน(แรงต่ำ)

Overcurrent protective devices



- อุปกรณ์ที่ใช้คือ ฟิวส์ หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์
- ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ที่การไฟฟ้าฯ ยอมรับ เช่น IEC, UL, BS, DIN และ JIS เป็นต้น

การป้องกันกระแสเกิน(แรงต่ำ)



สาเหตุ
ของ
กระแส
เกิน

- โหลดเกิน (Overload)
- ลัดวงจร (Short-circuit)
- รั่วหรือลัดวงจรลงดิน

หลักการเบื้องต้น
การป้องกันกระแสเกิน
ของสายไฟฟ้าคือ

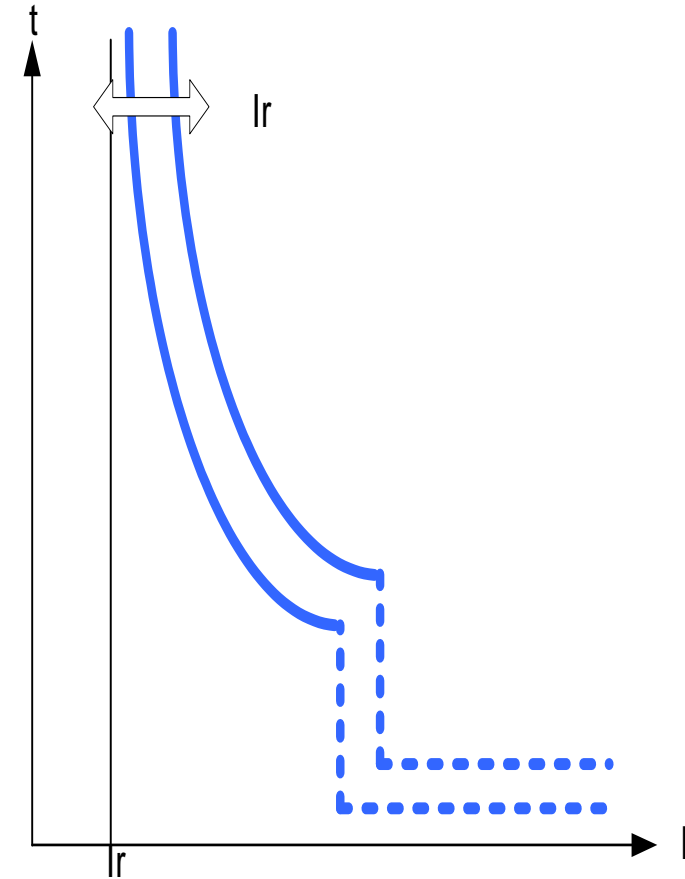
- เครื่องตัดวงจร ต้องตัดก่อนที่
ตัวนำ / ฉนวนสาย จะชำรุด

เทคโนโลยีเครื่องป้องกันกระแสเกิน

Overload protective devices Technologies

Thermal Technologies

- Fuses (I_r ปรับค่าไม่ได้)
- Bimetal
 - MCB (I_r ปรับค่าไม่ได้): IEC 60898
 - MCCB and ACB (I_r ปรับค่าได้)
 - โดยทั่วไป $0,7 I_n \leq I_r \leq I_n$



2.3.6 Circuit Breaker

IEC

- **Breaker** สำหรับบ้านอยู่อาศัย / อาคาร (IEC 60898)
- **Breaker** สำหรับงานอุตสาหกรรม (IEC 60947-2)

IEC 60898 & IEC 60947-2

	IEC 60898	IEC 60947-2
กลุ่มผู้ใช้งาน	บ้านอยู่อาศัย อาคารทั่วไป	โรงงานอุตสาหกรรม (ผู้มีความรู้ในการปรับค่า setting)
พิกัดแรงดัน (Ue) (phase to phase)	$\leq 440 \text{ Vac}$	$< 1000 \text{ Vac}$
พิกัดกระแสใช้งาน (In)	6,8,10,13,16,20,25,32, 40,50,63,80,100,125A	กำหนดโดยผู้ผลิต (มีค่าสูงสุดถึงหลายพันแอมป์)

IEC 60898 & IEC 60947-2

การปรับตั้งค่า IEC 60898
ปรับตั้งค่าไม่ได้

ตัวอย่างการเรียกประเภทและพิกัดกระแส
ใช้งาน

C16

หมายถึง เซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภท C
ขนาดพิกัดกระแสใช้งาน 16A

IEC 60947-2

ประเภท A

- ปรับตั้งค่าหน่วงเวลาไม่ได้
- ไม่มี Icw



ประเภท B

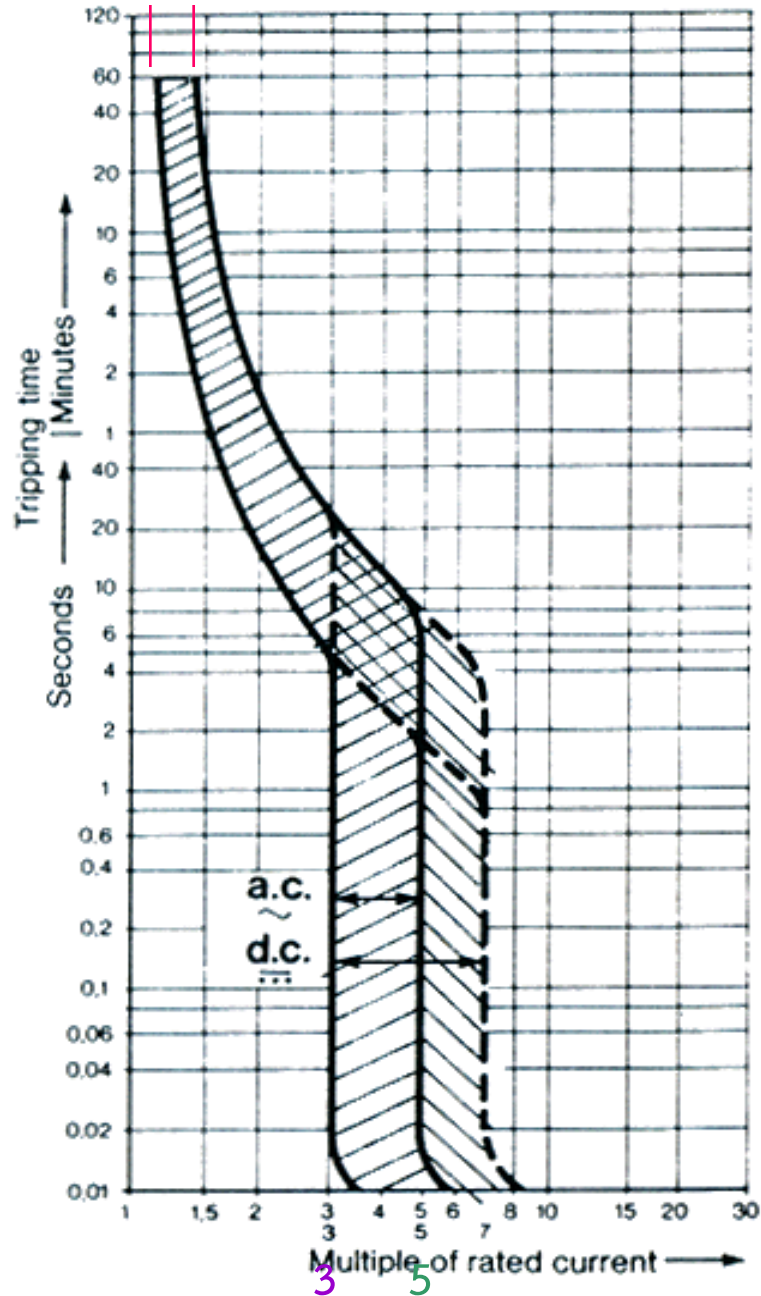
- ปรับตั้งค่าหน่วงเวลาให้
ทำงานร่วมกับอุปกรณ์
ป้องกันอื่นได้
- มี Icw

IEC 60898 & IEC 60947-2

	IEC 60898	IEC 60947-2
Thermal Trip	1.13 ถึง 1.45 In	1.05 ถึง 1.30 In
Magnetic Trip	Curve B, C, D	กำหนดโดยผู้ผลิต
	B : ตัดทันทีที่ $\geq 3-5 I_n$	
	C : ตัดทันทีที่ $\geq 5-10 I_n$	
	D : ตัดทันทีที่ $\geq 10-50 I_n$	

(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-56 บทที่ 2.) ข้อ 2.3.6 ภาคผนวก ง และ จ.

1.13 1.45



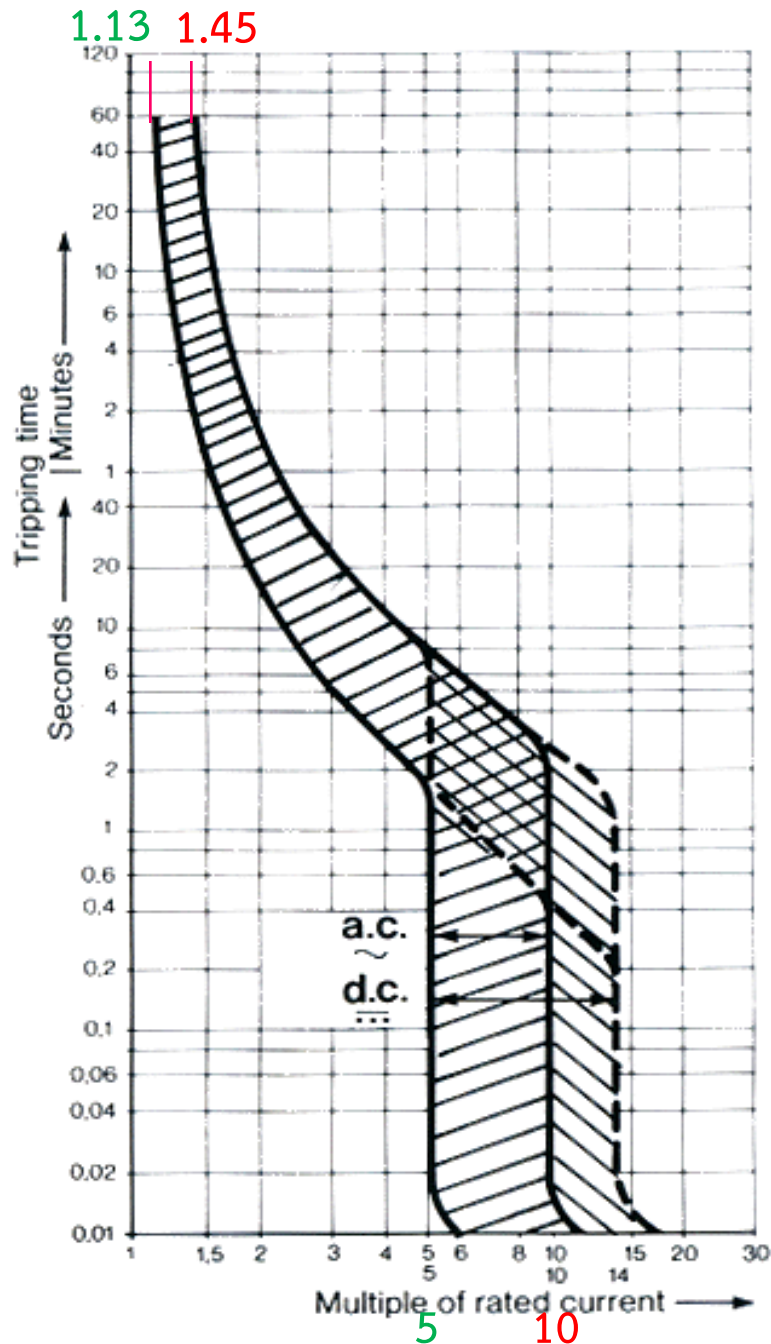
IEC 60898

B : ตัดทันทีที่ $\geq 3-5 I_n$

ใช้กับ Load ที่ไม่มีไฟกระชอก (Inrush current) หรือ Switching Surge เช่น พวงเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ไป

I_n = พิกัดกระแสใช้งานปกติ

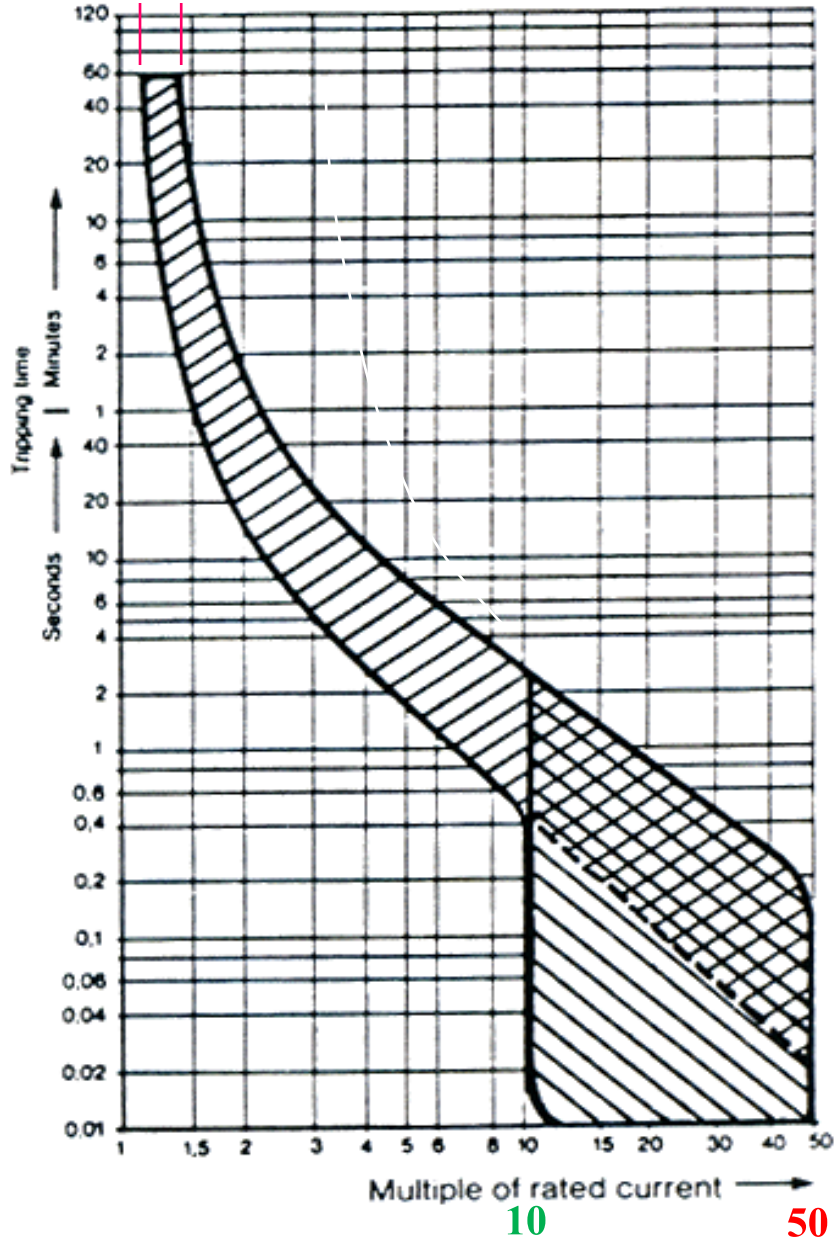
IEC 60898



C : ตัดทันทีที่ $\geq 5-10 I_n$

ใช้กับ Load ที่มีไฟกระชอก เช่น
Fluorescent Lighting, มอเตอร์
เล็กๆ, เครื่องปรับอากาศ

1.13 1.45



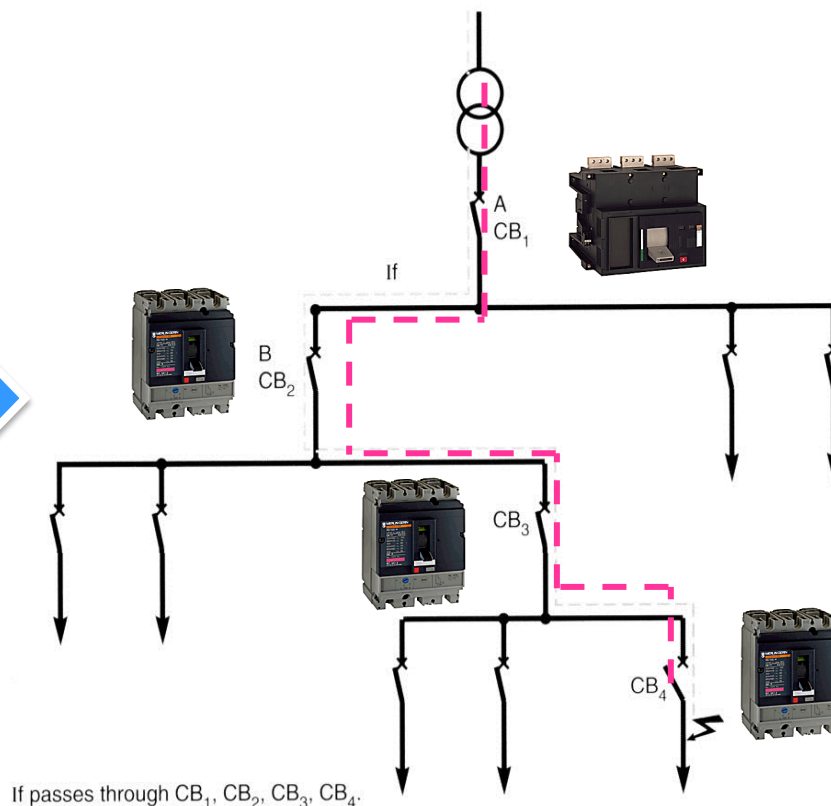
IEC 60898

D : ตัดทันทีที่ $\geq 10-50 I_n$

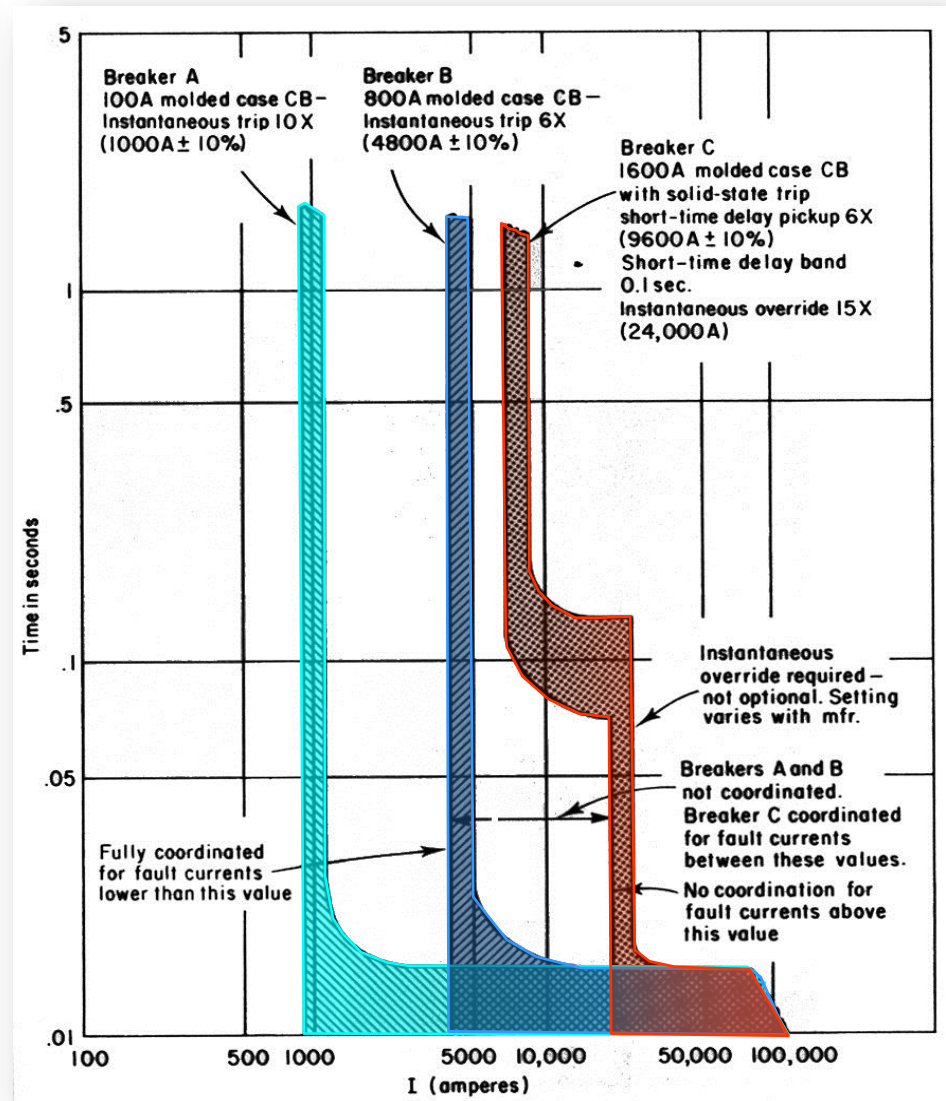
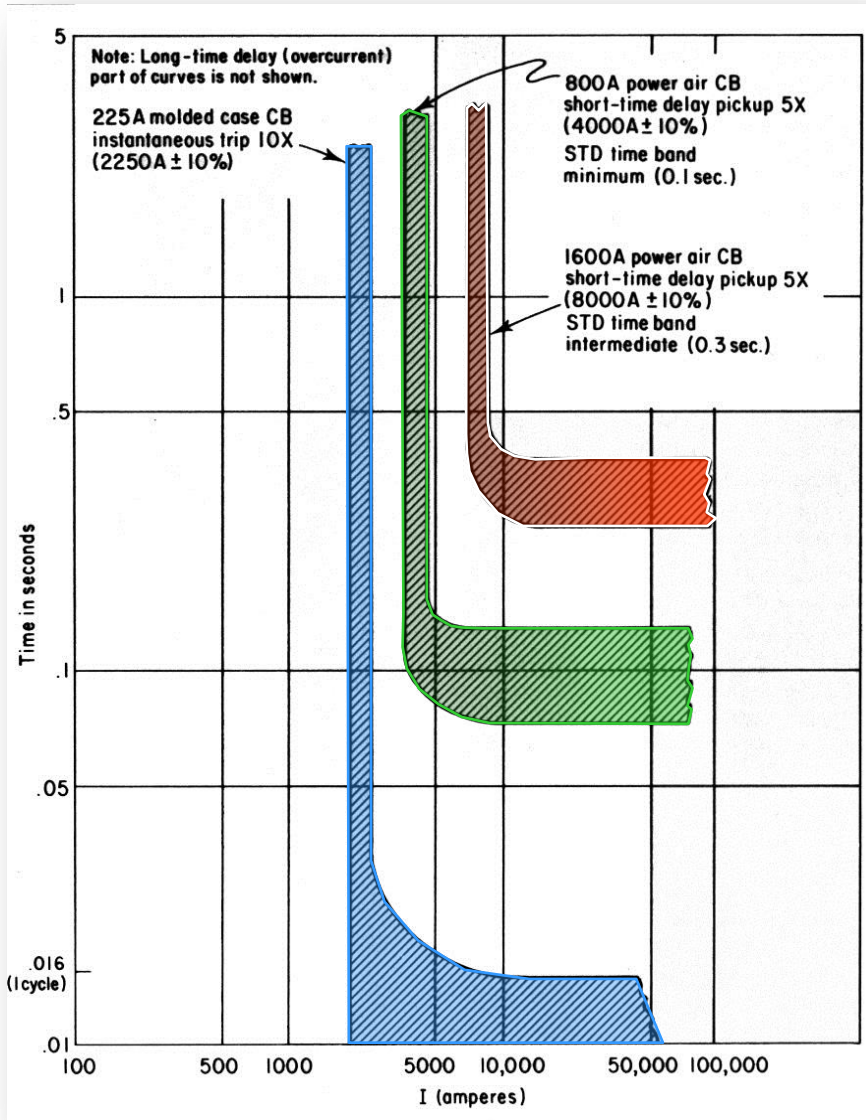
ใช้กับ Load ในงานอุตสาหกรรมที่มี
ไฟกระชอกสูง เช่น เครื่องเชื่อม,
เครื่อง X-ray

Coordination(Discrimination, Selectivity, Selective Coordination)

การจัดการให้อุปกรณ์
ป้องกันกระแสเกิน
ทำงานประสานกัน
เพื่อจำกัดวงจรที่เกิด
fault โดยให้มี
ผลกระทบ (ไฟดับ) ให้
น้อยที่สุด



นั่นคือให้ CBs ตัวที่อยู่ใกล้กับ fault มากที่สุดทำงานก่อน



Selectivity with Short-Time Delay

No Selectivity with Instantaneous Trip

พิกัดกระแสทนช่วงสั้น

Short-time withstand current ; I_{cw}

- I_{cw}

เป็นค่าพิกัดกระแส(rms) ลัดวงจรที่อุปกรณ์สามารถรองรับได้ (คงอยู่ในตำแหน่งสับ) ในระยะเวลาสั้น ๆ โดยไม่เกิดความเสียหายใด ๆ

- ช่วงระยะเวลาของ I_{cw}

- ✓ แรงต่ำ(IEC 60947-2)ใช้ค่า 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1 วินาที
- ✓ แรงสูง ใช้ค่า 1 วินาที



พิกัดกระแสลัดวงจร

Short-circuit Breaking Capacity ; I_{cn}

หมายถึง ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่ CBs สามารถตัด
วงจรได้โดยไม่เกิดความเสียหายภายใต้สภาวะที่
กำหนด (แรงดัน, ความถี่, Power Factor, อุณหภูมิ,
 ฯลฯ) ที่กำหนดโดยผู้ผลิต

ปัจจุบันกำหนดค่าเป็น rms (symmetrical) : kA.

พิกัดการตัดกระแสลัดวงจรสูงสุด

Ultimate short-circuit breaking capacity; I_{cu}

ค่าพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรของ CBs ที่ใช้ในการทดสอบ จะไม่ค้ำประกันว่าสามารถรับกระแสใช้งานปกติได้อย่างต่อเนื่องหรือไม่หลังการทดสอบ

I_{cu} จะเท่ากับ $I_{cn} = IC$

Short-circuit characteristics :

- Rated ultimate short-circuit breaking capacity : I_{cu}
O – t – CO
- Rated service short-circuit breaking capacity : I_{cs}
O – t – CO - t – CO



2.3.8 เครื่องตัดไฟรั่ว(Residual Current Device :RCD)

มีชื่อเรียกหลายชื่อ

- Residual Current Device (RCD) หรือ
- Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) หรือ
- Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI)

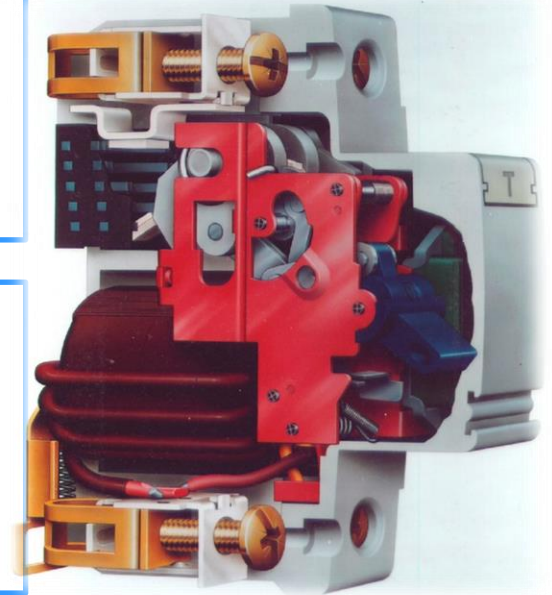
มาตรฐาน

- มาตรฐาน IEC 60755, IEC 61008, IEC61009 IEC61540 และ IEC 61543 หรือ มอก.909-2548 (เรียก “เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือ”) **RCBO**

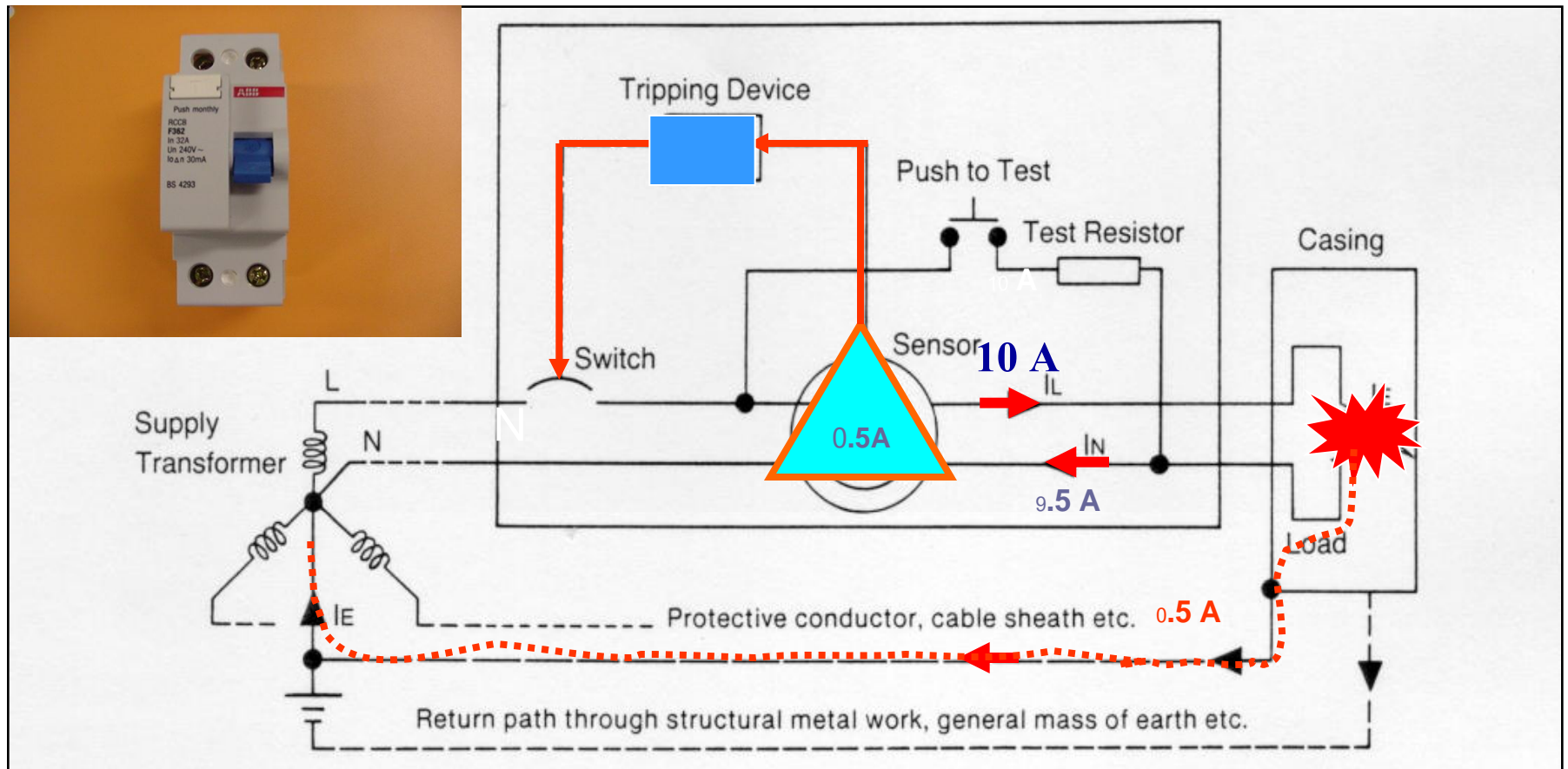
กรณีใช้เพื่อป้องกันไฟฟ้าดูด

- Rated residual operating current $\leq 30 \text{ mA}$
- Breaking time or perating time $\leq 0.04 \text{ s}$
- 5 Rated residual operating current ($5I\Delta n$)

RCCB



เครื่องตัดไฟรั่วทำงานอย่างไร



RCD : Residual Current Device

1. เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือแบบมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน :RCBOs : IEC 61009 ,
มอก.909-2548 (residual current operated circuit-breaker with integral over-current protection for Household and similar uses- RCBO)
หมายถึง เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือที่ออกแบบมาให้ทำหน้าที่ป้องกันโหลดเกินและ/หรือลัดสำหรับใช้ในที่อยู่อาศัยและใช้ในลักษณะที่คล้ายกัน

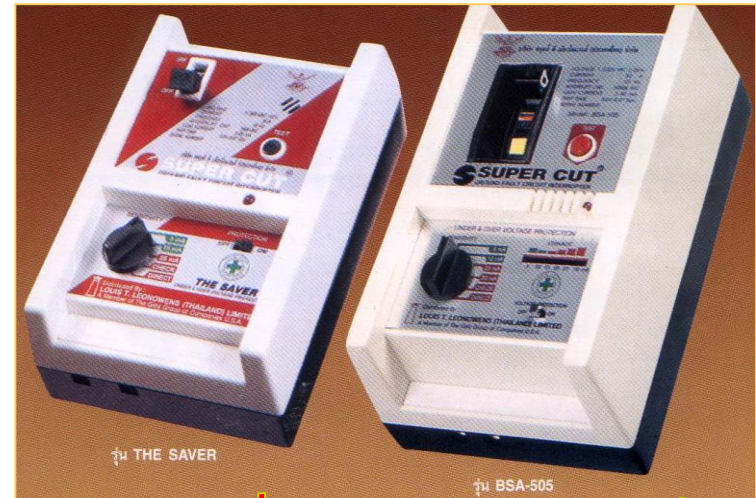


2. เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือแบบไม่มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน RCCBs : IEC 61008 , **มอก.2425-2552**(residual current operated circuit-breaker without integral over-current protection for Household and similar uses - RCCB)

หมายถึง เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือที่ไม่ได้ออกแบบมาให้ทำหน้าที่ป้องกันโหลดเกิน
และ/หรือลัดวงจร สำหรับใช้ในที่อยู่อาศัยและใช้ในลักษณะที่คล้ายกัน



- เครื่องตัดไฟรั่วต้องเป็นชนิดที่ปลดสายไฟเส้นที่มีไฟทุกเส้นออก จากวงจรรวมทั้งสายนิวทรัล ยกเว้น สายนิวทรัลมีการต่อลงดิน โดยตรงตามบทที่4 แล้ว
- ห้ามต่อวงจรลัดคร่อมผ่าน(by pass)เพื่อป้องกันเครื่องตัดไฟรั่ว ตัดวงจรเมื่อไฟรั่ว



ตัดก่อนตาย เตือนก่อนวายวอด เมื่อเครื่องทำงานปกติ

2.4 มาตรฐานหลักดินและสิ่งที่ใช้แทนหลักดิน

แท่งโลหะหุ้มด้วยทองแดง(copper –clad Steel) หรือแท่งทองแดง หรือแท่งเหล็กอาบสังกะสีขนาด 5/8 นิ้ว(16 มม.) ยาว 2.40 ม.

แผ่นโลหะพื้นที่ 1800 ตร.มม. หน้า 6 มม. (1.5 มม.) ผังลึก 1.6 ม.

โครงสร้างอาคารโลหะที่มีค่า ความต้านทานไม่เกิน 5 โอห์ม

หลักดินชนิดอื่น ๆ ที่ได้รับการรับรอง

ค่าความต้านทานของหลักดินกับดิน ต้องไม่เกิน 5 โอห์ม

2.5 มาตรฐานช่องเดินสายและรางเคเบิล

2.5.1 ท่อร้อยสายไฟฟ้า

- ท่อเหล็กสำหรับร้อยสายไฟฟ้า มอก. 770-2533
- ท่อ PVC สำหรับร้อยสายไฟฟ้า มอก. 216-2524
- ท่อ HDPE แข็งใช้ร้อยสายไฟฟ้าฝังดินโดยตรง

มอก. 982-2533



ท่อโลหะหนา Rigid Metal Conduit (RMC)



ท่อโลหะหนาปานกลาง Intermediate Metal Conduit (IMC)



ท่อโลหะบาง Electrical Metallic Tubing (EMT)

(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-56 บทที่ 2.ข้อ 2.5 หน้า 2-4)

2.5.2 รางเดินสาย (Wireways)

รางเดินสายโลหะ (Metal Wireways)

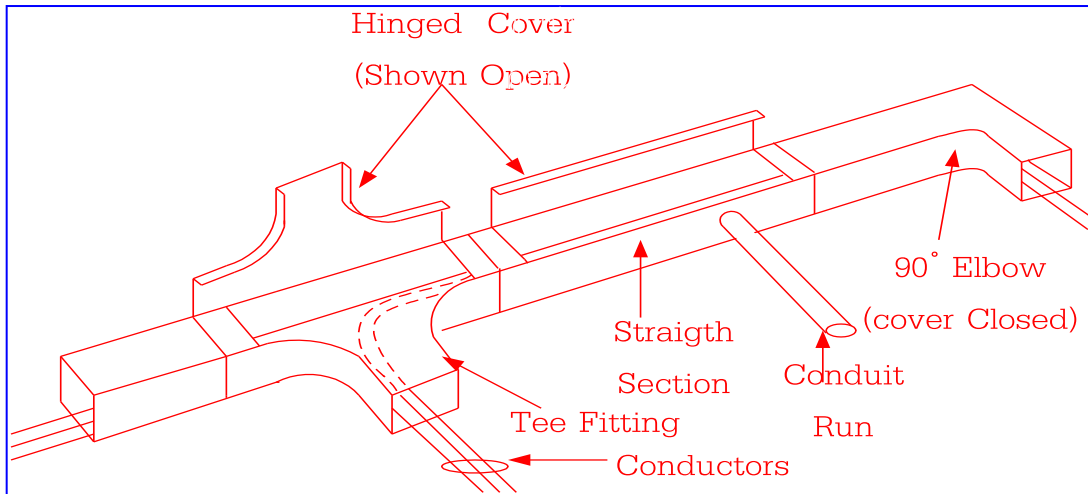
- รางเดินสายโลหะมีลักษณะเป็นราง ทำจากแผ่นโลหะพับมี ฝาปิด-เปิด ได้ เพื่อใช้สำหรับเดินสายไฟฟ้า

วัสดุที่ใช้ในการทำ Wireways มี 4 ชนิดคือ

- 1) แผ่นเหล็กผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิม และพ่นสีทับ เช่น แผ่นเหล็กผ่านกรรมวิธีล้างทำความสะอาด ด้วยน้ำยาล้างไขมัน และเคลือบเฟตด้วยน้ำยา Zinc Phosphate หลังจากนั้นจึงพ่น ทับด้วยสีฝุ่น (Powder Paint) หรือใช้กรรมวิธีอื่นที่เทียบเท่า
- 2) แผ่นเหล็กชุบสังกะสีโดยวิธีทางไฟฟ้า
- 3) แผ่นเหล็กชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน
- 4) แผ่นเหล็กชุบอะลูซิงค์ (Aluzinc)

ตาราง ฉ. 1-1 ขนาดรางเดินสายโลหะที่แนะนำในการผลิต

ขนาดความสูงxกว้าง (mm.)	ความหนาต่ำสุด (mm.)
50× 50	1.00
50× 100	1.00
100× 100	1.20
100× 150	1.20
100× 200 หรือ 150× 200	1.60
100× 300 หรือ 150× 300	1.60

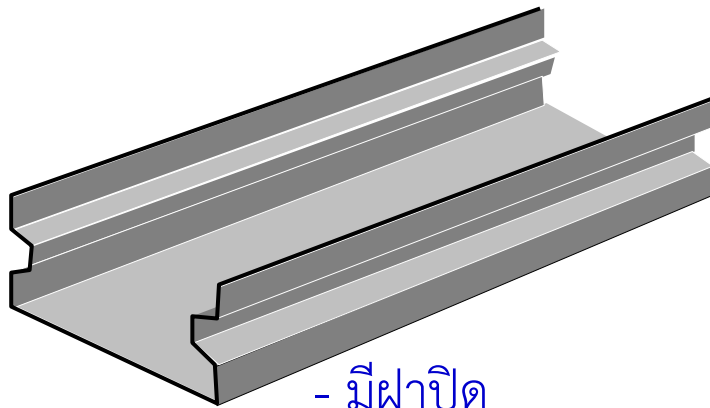


5.12.7 ห้ามติดตั้งหรือใช้รางเดินสายในกรณีต่อไปนี้

- ก) ต่อรางเดินสายตรงจุดที่ผ่านผนังหรือพื้น
- ข) เป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน
- ค) ขนาดเกิน 150 x300 มิลลิเมตร

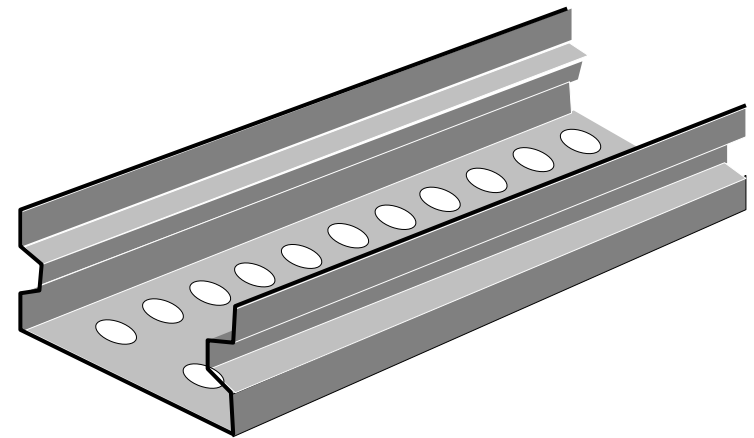
2.5.3 รางเคเบิล (Cable Trays)

1. รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบและแบบมี ช่องระบายอากาศ



- มีฝาปิด

- ไม่มีฝาปิด



2. รางเคเบิลมีลักษณะ

เป็นรางเปิด แผ่นเหล็กพื้น พับเป็นลูกฟูก

3 วัสดุที่ใช้ทำรางเคเบิล มี 4 ชนิด คือ

- 1) แผ่นเหล็กผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิม และพ่นสีทับ เช่น แผ่นเหล็กผ่านกรรมวิธีล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างไขมัน และเคลือบฟอสเฟตด้วยน้ำยา Zinc Phosphate หลังจากนั้นจึงพ่นทับด้วยสีฝุ่น (Powder Paint) หรือใช้กรรมวิธีอื่นที่เทียบเท่า
- 2) แผ่นเหล็กชุบสังกะสีโดยวิธีทางไฟฟ้า
- 3) แผ่นเหล็กชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน
- 4) แผ่นเหล็กชุบอะลูซิงค์ (Aluzinc)

หมายเหตุ

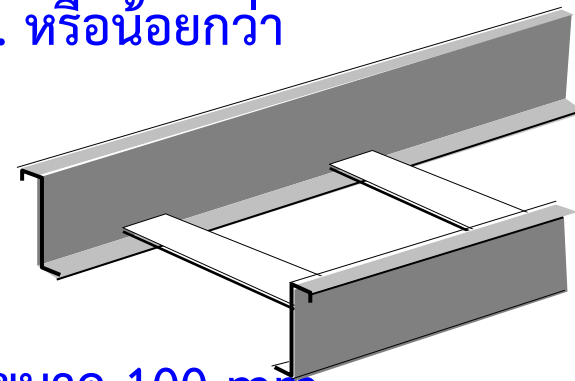
กรณีติดตั้งภายนอกอาคารหรือสถานที่ เปียกหรือชื้นให้ใช้วัสดุตามข้อ 3)

ความยาวแนะนำในการผลิตของรางเคเบิล

มีขนาดยาว 2.4 m หรือ 3.0 m และความสูงขนาด 150 mm

2.5.4 รางเคเบิลแบบบันได (Cable Ladders)

- 1 รางเคเบิลแบบบันไดมีลักษณะเป็นรางเปิด โดยมี บันได (Rung) ขอบมนไม่คมทุกๆระยะ 300 mm. หรือน้อยกว่า
- 2 วัสดุที่ใช้ทำรางเคเบิล เป็นแผ่นเหล็กชุบสังกะสี แบบจุ่มร้อน (Hot Dip Galvanized)
- 3 ความยาวแนะนำในการผลิตของรางเคเบิลแบบบันไดมีขนาด 2.4 m หรือ 3.0 m. และความสูงรางมีขนาด 100 mm หรือ 150 mm.
- 4 ขนาดรางเคเบิลแบบบันไดที่แนะนำในการผลิตมีขนาดตามตาราง

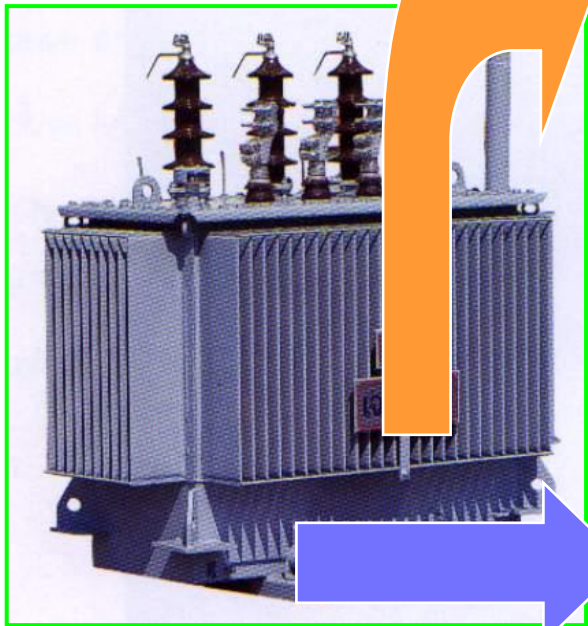


ขนาดความสูง x กว้าง (mm.)	ความแข็งแรงของรางเคเบิล
ขนาดความสูงแนะนำ 100 หรือ 150 mm. ขนาดความกว้างแนะนำ 150 , 300 , 450 , 600 , 750 , 900 mm.	การขึ้นรูปของแผ่นเหล็กทำรางเคเบิลแบบบันได ต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ

2.6 มาตรฐานหม้อแปลงไฟฟ้า

- ↪ หม้อแปลงฉนวนน้ำมันต้องมีคุณสมบัติตาม มอก. 384-2543
- ↪ หม้อแปลงชนิดแห้ง(Dry Type Transformer) IEC 60076-11
- ↪ หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟยาก(Less-Flammable Liquid-Insulated Transformer) ใช้ตามข้อกำหนดของ NEC 450-23 ต้องผ่านการรับรองของ UL และ FM
- ↪ หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ(Nonflammable Liquid-Insulated Transformer)

คุณสมบัติแรงดันของหม้อแปลง



กฟน.

- ↪ Primary 12000/24000V.
- ↪ Secondary 416Y/240 V.
- ↪ High voltage tapping 4 x (-) 2.5%
- ↪ Total Loss

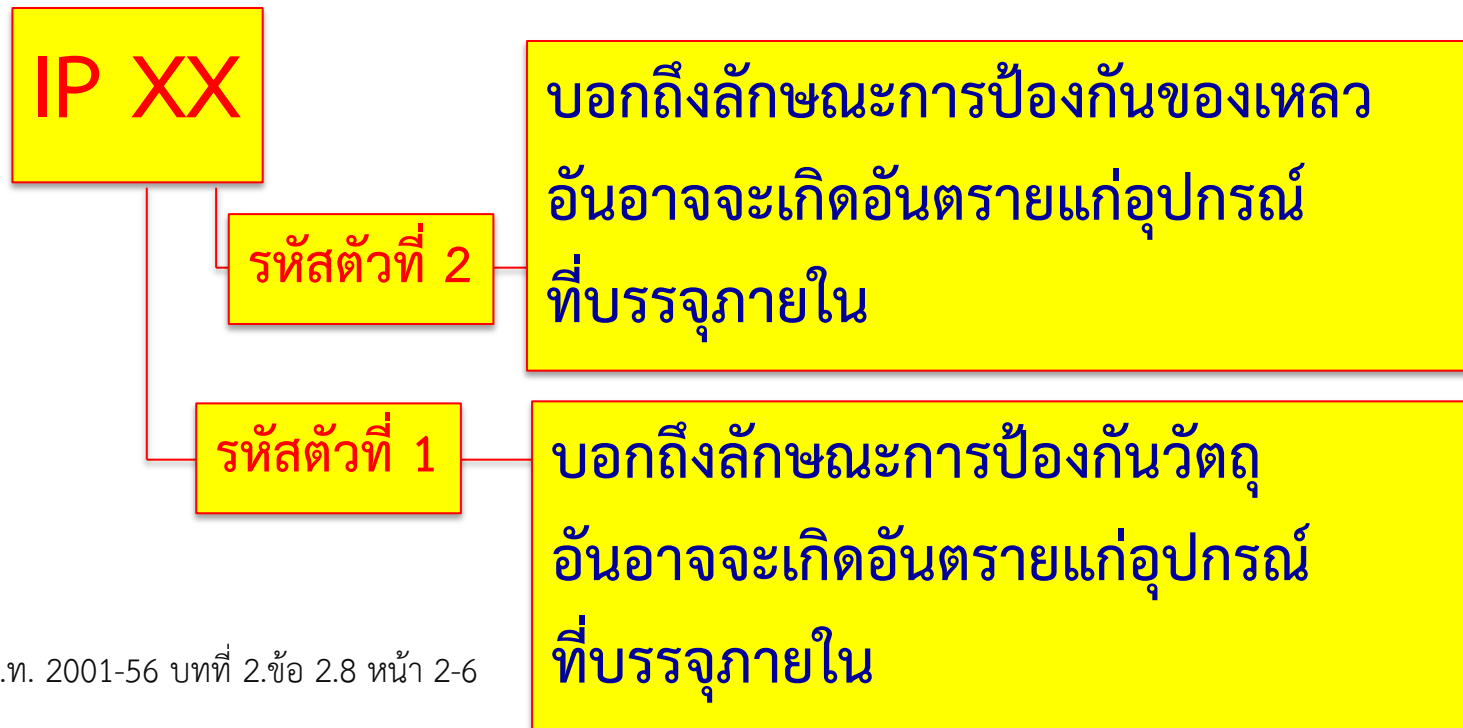
กฟภ.

- Primary 22000/33000V.
- Secondary 400Y/230 V.
- High voltage tapping (+/-)2 x 2.5%
- Total Loss

2.8 มาตรฐานระดับการป้องกันสิ่งห่อหุ้มบริภัณฑ์

IP(Ingress of Protection) คืออะไร

คือความสามารถในการกันของเหลวกันวัตถุของอุปกรณ์
ตามมาตรฐาน IEC 60529หรือ มอก.513-2553



ความหมายตัวเลขกำกับระดับการป้องกันหลังสัญลักษณ์ IP

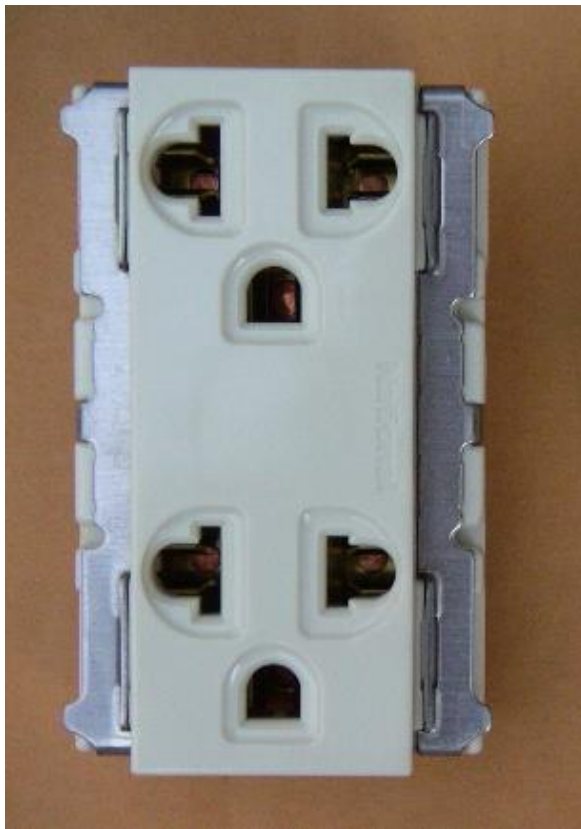
ตัวเลขตัวที่ 1		ตัวเลขตัวที่ 2	
ประเภทการป้องกันวัตถุจากภายนอก		ประเภทการป้องกันของเหลว	
เลข	ระดับการป้องกัน	เลข	ระดับการป้องกัน
0	ไม่มีการป้องกัน	0	ไม่มีการป้องกัน
1	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 50 มิลลิเมตร เช่น สัมผัสด้วยมือ	1	ป้องกันหยดเฉพาะในแนวดิ่ง
2	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 12 มิลลิเมตร เช่น นิ้วมือ	2	ป้องกันหยดและน้ำสาดทำมุมไม่เกิน 15 องศาับแนวดิ่ง
3	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 2.5 มิลลิเมตร เช่น เครื่องมือ เส้นลวด	3	ป้องกันหยดและน้ำสาดทำมุมไม่เกิน 60 องศาับแนวดิ่ง
4	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร เช่น เครื่องมือเล็กๆ เส้นลวดเล็กๆ	4	ป้องกันน้ำสาดเข้าทุกทิศทาง
5	ป้องกันฝุ่น	5	ป้องกันน้ำฉีดเข้าทุกทิศทาง
6	ผนึกกันฝุ่น	6	ป้องกันน้ำฉีดอย่างแรงเข้าทุกทิศทาง
IEC 60529 or มอก. 513-2553		7	ป้องกันน้ำท่วมชั่วคราว
		8	ป้องกันน้ำเมื่อใช้งานอยู่ใต้น้ำ

NEMA vs. IEC

NEMA Enclosure Type Number	IEC 60529 Enclosure IP Number
1	IP 10
2	IP 11
3	IP 54
3R	IP 14
3S	IP 54
4 & 4X	IP 65
5	IP 52
6 & 6P	IP 67
12 & 12K	IP 52
13	IP 54

2.9 มาตรฐานเต้ารับ- เต้าเสียบ

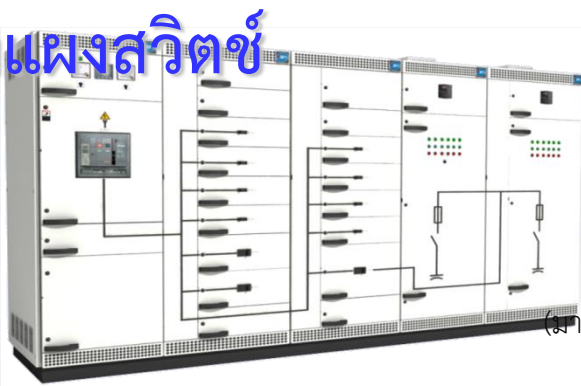
➡ เป็นไปตาม มอก. 166-2549 และ มอก. 2162-2547



2.10 มาตรฐานแผงสวิตช์สำหรับระบบแรงต่ำ

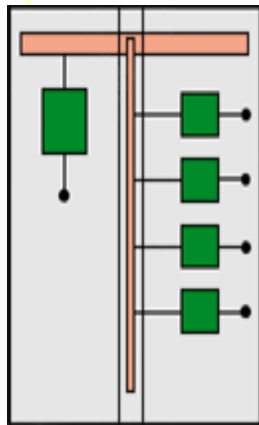
Main Distribution Board: MDB หรือ แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงต่ำ (Low – Voltage Switch Board) มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง : IEC 60439 – 1 มอก.1436-2540 , วสท.2001 : IEC 61439-2

แผงสวิตช์ หมายถึง แผงขนาดใหญ่หนึ่งแผง หรือ หลายแผงประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อใช้ติดตั้งสวิตช์ อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน อุปกรณ์ป้องกันอื่นๆ บัสบาร์ และเครื่องวัดต่างๆ เพื่อรับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปจ่ายให้กับโหลด แผงสวิตช์ย่อย โดยสามารถเข้าถึงได้ทั้งด้านหน้า และด้านหลังของแผงสวิตช์

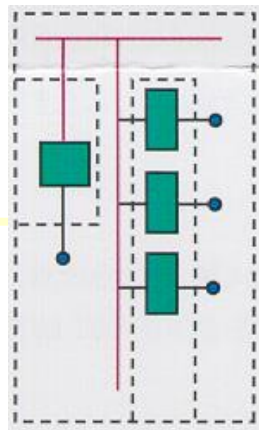


(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-56บทที่ 2 ข้อ 2.10 หน้า 2-6)

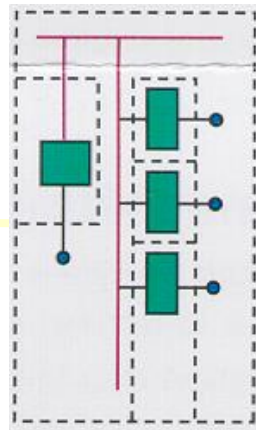
Form ตู้ คือรูปแบบการแบ่งกันแยกส่วนที่มีไฟฟ้า(Live Part) หรือส่วนที่เป็นอันตรายโดยการใช้ Partitions กันแยกระหว่างอุปกรณ์หลักออกอย่างชัดเจน



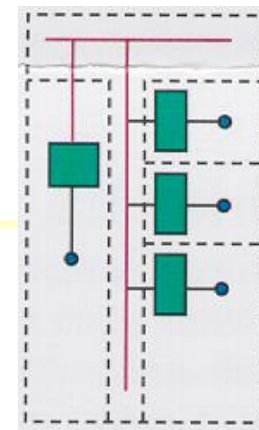
Form 1



Form 2a

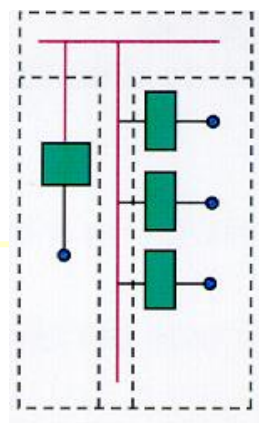


Form 3a

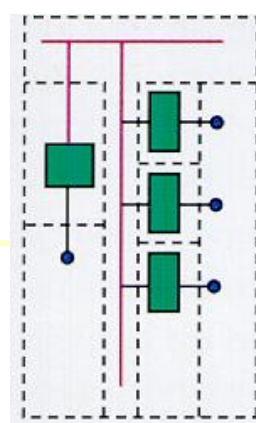


Form 4a

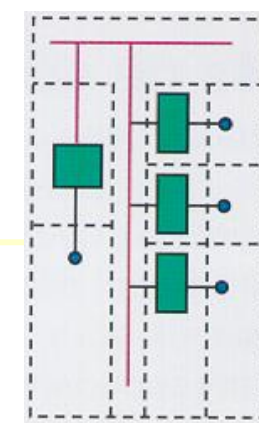
- บัสบาร์
- อุปกรณ์หลัก
- ขั้วต่อสาย
- ตัวตู้



Form 2b



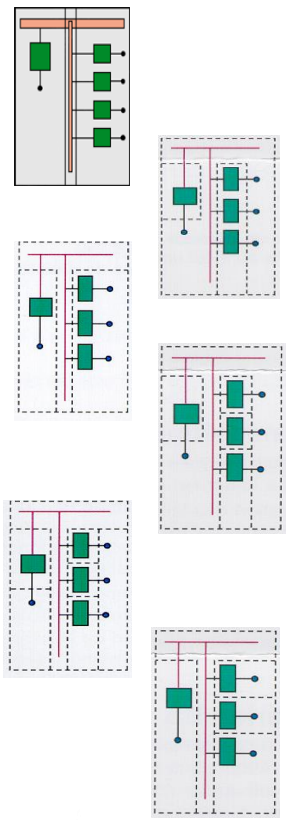
Form 3b



Form 4b

✓ = มีการกั้นแยก

FORM ตู้	อุปกรณ์ & อุปกรณ์	อุปกรณ์ & บัสบาร์	อุปกรณ์ & ขั้วต่อสาย	ขั้วต่อสาย & ขั้วต่อสาย	ขั้วต่อสาย & บัสบาร์
Form 1					
Form 2A		✓			
Form 2B		✓			✓
Form 3A	✓	✓	✓		
Form 3B	✓	✓	✓		✓
Form 4A	✓	✓		✓	✓
Form 4B	✓	✓	✓	✓	✓



✓

Load center / Consumer unit

- Load center : 12,18,24,30,36,42cct.
 - : IEC60439-1 Tested
 - : with main and main lug



- Consumer unit : 4,6,8,10,12,16,20cct.
 - : IEC60439-1 Tested
 - : Bolt-on and Plug-on



โคมไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน



มอก.1102-2538,



มอก.1955-2551

โคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน : มอก. 2430 - 2552

