# คู่มือการออกแบบ และติดตั้งระบบไฟฟ้า

BCC

BANGKOK CABLE CO., LTD.

ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2

บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด

BANGKOK CABLE CO., LTD.

| | | |
|---|---|---|
| ชื่อหนังสือ | : | คู่มือการออบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า |
| ชื่อผู้แต่ง | : | ผศ.ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์<br>ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ไฟฟ้ากำลัง<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2 ปีที่พิมพ์ | : | พ.ศ. 2560 |
| ISBN | : | 978-974-8075-45-7 |
| จำนวน | : | 3,000 เล่ม |
| จำนวนหน้า | : | 360 หน้า |
| อำนวยการผลิต | : | บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด<br>โทร. 0 2254 4550-9, 0 2651 9221-9<br>0 2652 9252-8<br>โทรสาร 0 2254 3859, 0 2253 6028<br>www.bangkokcable.com |
| ออกแบบและจัดพิมพ์โดย | : | บริษัท บานาน่า กราฟฟิก จำกัด<br>โทร. 0 2417 9629, 080 999 7508<br>banana_graphic@yahoo.com<br>https://www.facebook.com/bananagraphic |

# คำนำ

ตามที่ได้มีพระราชกฤษฎีกากำหนดให้ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์ ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน พ.ศ. 2555 ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 31 กรกฎาคม 2556 เป็นต้นมานั้น ตามมาตรฐาน มอก.11-2553 คุณสมบัติของสายไฟฟ้าทั้งสายทางด้านกายภาพ เช่น ความหนาของฉนวน เปลือกนอก สีของฉนวนและทางด้านพิกัดของแรงดันกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปจากสายไฟฟ้าที่มีใช้อยู่ตามมาตรฐาน มอก.11-2531 เดิม ผลของการเปลี่ยนคุณสมบัติของสายไฟฟ้าตามมาตรฐานใหม่นี้ทำให้การนำสายไฟฟ้าไปใช้งานจะต้องมีการปรับเปลี่ยนไปจาเดิม

เพื่อเป็นการนำผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้าตามมาตรฐาน มอก.11-2553 ไปใช้งานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม เกิดประโยชน์สูงสุด ตลอดจนปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นสำคัญ บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด จึงได้จัดทำ “คู่มือการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า” ขึ้นใหม่ โดยได้รับความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร มาช่วยจัดทำหนังสือคู่มือดังกล่าว

บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือคู่มือเล่มนี้จะเอื้อประโยชน์ในงานออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าสำหรับวิศวกรผู้ออกแบบและช่างติดตั้งระบบไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี

(นายสมพงศ์ นครศรี)
ประธานกรรมการบริหาร
บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด
1 พฤศจิกายน 2556

# คำนำ

ตามที่ บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด ได้กรุณาให้ข้าพเจ้าเขียนและเรียบเรียงหนังสือ “คู่มือการออกแบบระไฟฟ้า” ตั้งแต่เล่มแรก ต่อมาได้มีการปรับปรุงเป็นเล่มที่ 2 ปรากฏว่า คู่มือเล่มนี้เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในหมู่ช่างและวิศวกรไฟฟ้า เนื่องจากข้อมูลถูกต้องและใช้ได้สะดวก

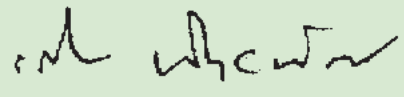
เมื่อทางกระทรวงอุตสาหกรรมได้ปรับปรุงมาจรฐานสายไฟฟ้าจาก มอก. 11–2531 เป็น มอก.11–2553 และประกาศใช้ตั้งแต่ 31 กรกฎาคม 2556 และทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมพ์ (วสท.) ได้ปรับปรุงมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทยจากฉบับ พ.ศ. 2551 เป็นฉบับล่าสุด พ.ศ. 2556

เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานสายไฟฟ้าใหม่ และมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าใหม่ บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด จึงให้ข้าพเจ้าช่วยปรับปรุงหนังสือคู่มือเล่มนี้ใหม่อย่างรวดเร็ว เพื่อให้สามารถใช้ได้อย่างดี

หนังสือคู่มือออกแบบระบบไฟฟ้าเล่มนี้ จะมีเรื่องเกี่ยวกับสายไฟฟ้าปรากฏอยู่เกือบทุกบท ข้าพเจ้าพร้อมทีมงานผู้ช่วยจึงได้รับปรุง แก้ไขหนังสือคู่มือใหม่หมดทั้งเล่ม เพื่อให้มีความสมบูรณ์มากที่สุดเท่าที่ทำได้ เพื่อสนองความต้องการของช่างและวิศวกรไฟฟ้ากำลัง

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณท่านประธาน บริษัท สายไฟฟ้า บางกอกเคเบิ้ล จำกัด คุณสมพงศ์ นครศรี ที่เห็นความสำคัญและสนับสนุนให้ทำหนังสือคู่มือนี้ เพื่อเป็นประโยชน์แก่ช่างและวิศวกร และขอขอบคุณพนักงานบริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำหนังสือคู่มือนี้

ด้วยความนับถือ



(ผศ. ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์)
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

# สารบัญ


**บทที่ 1 ระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า**

1.1 บทนำ 1
1.2 การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย 2
1.3 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) 2
1.4 การไฟฟ้านครหลวง 3
1.5 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 4
1.6 การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า 5
1.7 การจัดวงจรการจ่ายไฟฟ้า
(Distribution Circult Arrangements) 11

**บทที่ 2 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ**

2.1 บทนำ 21
2.2 ส่วนประกอบ 22
2.3 สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมหุ้มด้วยฉนวน PVC 25
2.4 สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC 25
2.5 สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน XLPE 26

**บทที่ 3 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำตาม มอก.11-2553**

3.1 บทนำ 31
3.2 มอก. 11-2553 31
3.3 เล่มที่ 1 ข้อกำหนดทั่วไป 32
3.4 สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2553 ที่นิยมใช้งานคือ 35
3.5 สายตามมอก. 11-2553 39

**บทที่ 4 สายไฟฟ้าแรงดันสูง**

4.1 บทนำ 51
4.2 สายเปลือย (Bare Wires) 51
4.3 สายหุ้มฉนวน (Insulated Wires) 53
4.4 สายแรงดันสูงของ BCC 58

## บทที่ 5 สายทนไฟ


5.1 บทนำ 69

5.2 คุณสมบัติ 69

5.3 Flame Propagation or Flame Retardant 69

5.4 Acids and Corrosive Gas Emission 71

5.5 Smoke Emission 72

5.6 Fire Resistance 73

5.7 Fire Performance Cables 75

5.8 Fire Performance Cables ของ BCC 76

5.9 การใช้ Fire Performance Cables 85


## บทที่ 6 ท่อสาย


6.1 บทนำ 87

6.2 ชนิดของท่อสาย 88

6.3 ท่อโลหะหนา 88

6.4 ท่อโลหะหนาปานกลาง
(Intermediate Metal Conduit, IMC) 90

6.5 ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing, EMT) 91

6.6 ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit, FMC) 92

6.7 ท่ออโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Conduit, RNC) 93

6.8 จำนวนสายไฟฟ้าสูงสุดในท่อร้อยสาย 96

6.9 มิติสายไฟฟ้า 97

6.10 ตัวการคำนวณขนาดท่อร้อยสาย

## บทที่ 7 พิกัดกระแสและตาราง


7.1 บทนำ 101
7.2 การนำกระแสของสายไฟฟ้า 101
7.3 พิกัดการนำกระแสสายไฟฟ้า ตามมาตรฐาน IEC 103
7.4 พิกัดกระแสของสายไฟฟ้าตาม
สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) 104
7.5 วิธีการติดตั้ง 104
7.6 ตารางพิกัดสายไฟฟ้าของสมาคมวิศวกรรมสถาน
แห่งประเทศไทย (วสท.) 105


## บทที่ 8 วิธีการคำนวณหาขนาดสายไฟฟ้า


8.1 บทนำ 149
8.2 กลุ่มการติดตั้ง 149
8.3 ขั้นตอนการคำนวณ 150
8.4 ตัวอย่างการคำนวณหาชนิดและขนาดสายไฟฟ้า 153


## บทที่ 9 การคำนวณของแรงดันตก


9.1 บทนำ 167
9.2 แรงดันตกสำหรับระบบแรงต่ำ 167
9.3 การคำนวณแรงดันตก 168
9.4 ค่า I, cos θ, R และ X ของสายไฟฟ้า 169
9.5 แรงดันตกในวงจร 173
9.6 ตารางแรงดันตก 175

## บทที่ 10 การต่อลงดิน


10.1 บทนำ 177

10.2 ชนิดการต่อลงดินและส่วนประกอบต่าง ๆ 178

10.3 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Grounding) 179

10.4 การต่อลงดินของบริภัณฑ์ประธาน
(Service Equipment Grounding) 183

10.5 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก
(Separately Derived System) 189

10.6 การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า
(Equipment Grounding) 192

10.7 ชนิดของหลักดิน 200


## บทที่ 11 ข้อกำหนดทั่วไป


11.1 บทนำ 209

11.2 ข้อกำหนดทั่วไปในการติดตั้งทางไฟฟ้า 209

11.3 ข้อกำหนดทั่วไปของการเดินสายของระบบไฟฟ้า
ที่มีแรงดันต่ำ 220


## ภาคผนวก


ภาคผนวก A 238

ภาคผนวก B 248

ภาคผนวก C 254

ภาคผนวก D 258

ภาคผนวก E 264

ภาคผนวก F 286

ภาคผนวก G 296

ภาคผนวก H 320

ภาคผนวก M 332

ภาคผนวก S 344

**เอกสารอ้างอิง 360**

BCC
BANGKOK CABLE CO., LTD.

# COMPANY PROFILE

บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด ก่อตั้งขึ้นเมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2507 ด้วยเงินทุนจดทะเบียนครั้งแรก 4 ล้านบาท โดยมีผู้ถือหุ้นผู้บริหารเป็นคนไทยทั้งหมด เพื่อดำเนินกิจการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้า ชนิดตัวนำทองแดงและตัวนำอลูมิเนียบ

ตลอดระยะเวลา 50 ปีที่ผ่าน กิจการของบริษัทฯ ได้ขยายตัวเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยมีการพัฒนาบริหารในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นการจัดการ การผลิต การตลาด หรือการพัฒนาทรัพยากรบุคคลเพื่อให้รองรับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ให้มีความสามาระในการแข่งขันได้ทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศ

บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด มุ่งมั่นจะพัฒนาองค์กรให้มีความสมบูรณ์ทั้งในด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ซึ่ง ณ วันนี้ บริษัทฯ ได้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว และสามารถดำรงสถานะเป็นหนึ่งในบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายสายไฟฟ้าชั้นนำของประเทศไทยได้อย่างเต็มภาคภูมิ

| | | |
|---|---|---|
| **ชื่อบริษัท** | : | บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด |
| **ก่อตั้ง** | : | 17 สิงหาคม 2507 |
| **สำนักงานใหม่** | : | 187/1 ถ.ราชดำริ แขวงลุมพินี เขตปทุมวัน<br>กรุงเทพมหานคร 10330<br>โทร. 0 651 9221-30, 0 2651 9252-6,<br>0 2254 45450-9<br>โทรสาร 0 2253 6028, 0 2253 5973,<br>อีเมล์ : sales@bangkokcable.com<br>เว็บไซต์ : www.bangkokcable.com |
| **โรงงานสมุทรปราการ** | : | 93 หมู่ 11 ถ.สุขสวัสดิ์ ต.ในคลองบางปลากด<br>อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ 10290<br>โทร. 0 2425 0441-3, 0 2425 0445-6,<br>0 2815 6290-5 |
| **โรงงานฉะเชิงเทรา** | : | 39/1 หมู่ 1 ถ.บางปะกง-ฉะเชิงเทรตา ต.แสนภูดาษ<br>อ.บ้านโพธิ์ จ.ฉะเชิงเทรา 24140<br>โทร. 0 3857 7266-9, 0 3857 7272-4,<br>โทรสาร 0 3857 7270-1 |
| **ทุนจดทะเบียน** | : | 1300 ล้านบาท |
| **ลักษณะการดำเนินธุรกิจ** | : | ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้าชนิดตัวนำทองแดงและตัวนำอลูมิเนียม |
| **พนักงาน** | : | ประมา 1,200 คน |

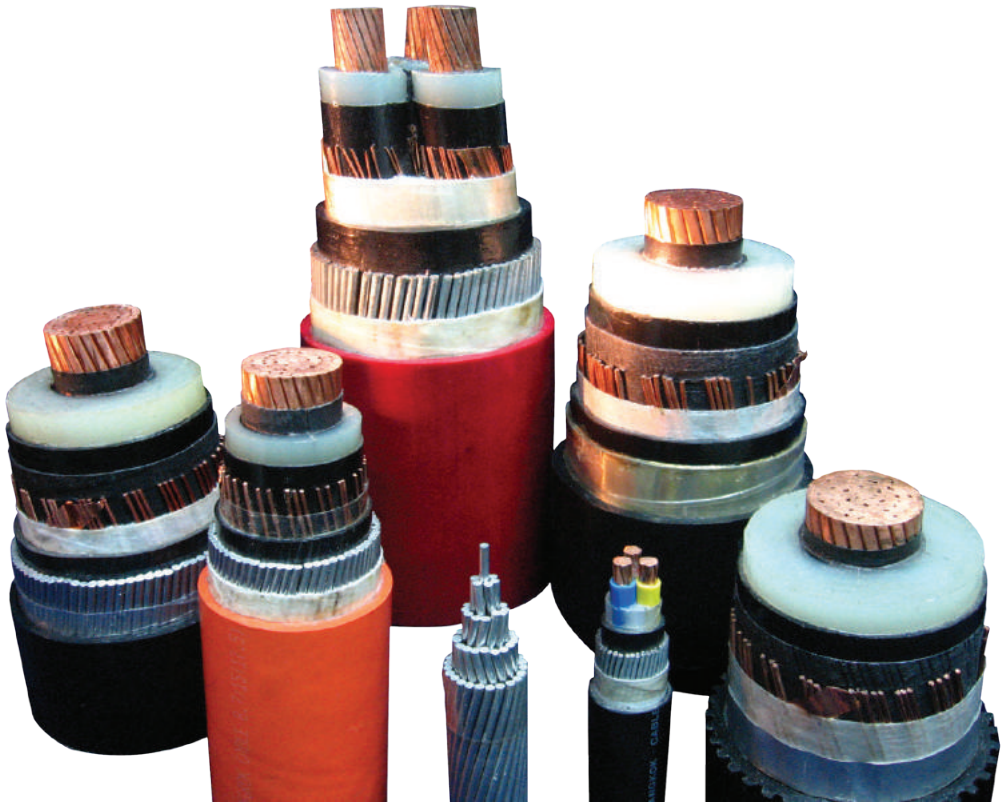
# HIGH QUALITY STANDARD PRODUCTS

### ผลิตภัณฑ์คุณภาพ

ในฐานะบริษัทผู้ผลิตสายไฟฟ้าชั้นนำ BCC มุ่งมั่นพัฒนาเพื่อยกระดับมาตรฐานการปฏิบัติงาน พร้อมด้วยการเลือกสรรวัตถุดิบที่มีคุณภาพ ทำให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพแก่ลูกค้า

### เพื่อคุณภาพและความเป็นเลิศ

ทีมงานที่มีคุณภาพของบริษัท ได้พัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตสายไฟฟ้าลดทองแดงและอลูมิเนียมด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง พร้อมทั้งควบคุมคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า พร้อมทั้งสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน รวมทั้งเปิดโอกาสทางการค้าสู่ตลาดในระดับโลกอีกด้วย



# QUALITY CONTROL

ปัจจุบันบริษัทฯ ได้รับการรับรองระบบบริหารงานคุณภาพ ตามมาตรฐานสากล ดังนี้

## Bangkok Cable Co., Ltd. (Samut Prakan Factory)

| | |
|---|---|
| ISO 9001 | QMS02093/538 |
| ISO 14001 | EMS07007/266 |
| TIS 18001 | OHS03011/113 |
| OHSAS 18001 | OHSAS03018/038 |

## Bangkok Cable Co., Ltd. (Chachoengsao Factory)

QMS 005

CERTIFICATE
Management system as per
ISO 9001 : 2008
Certificate Registration No. 66100 030012

CERTIFICATE
Management system as per
ISO 14001 : 2004
Certificate Registration No. 44 104 112186

OHSAS 18001 OHSAS05029/116

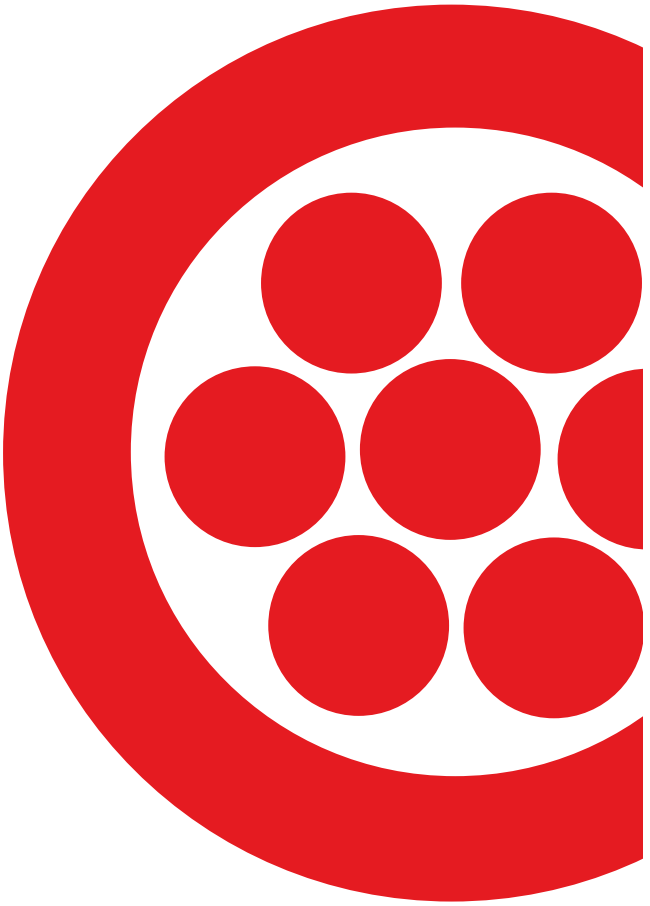
TIS 18001
OHS 05036/186

OHS 001

# QUALITY POLICY

**นโยบายคุณภาพ**

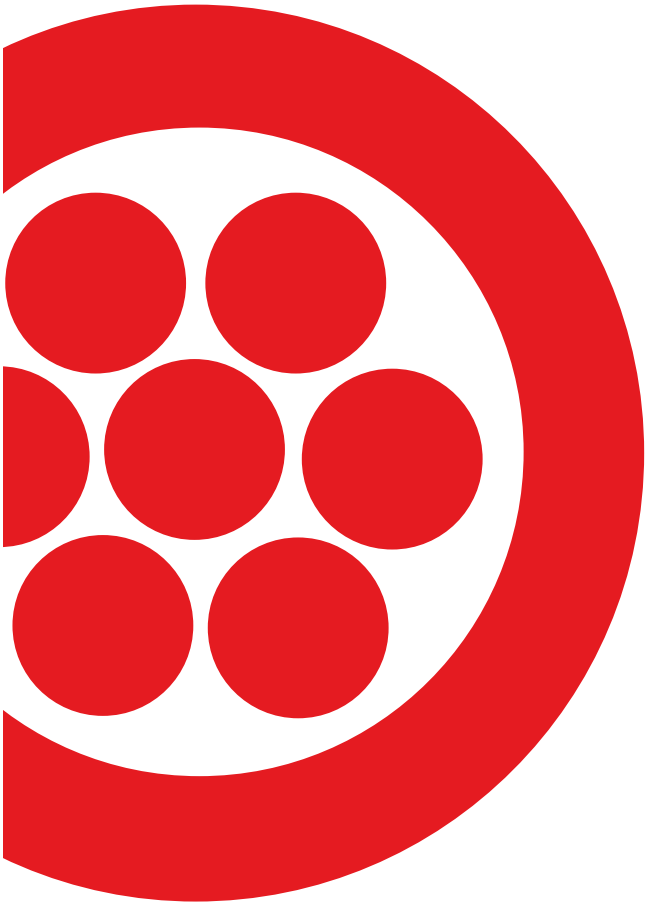
"มุ่งมั่นสู่ความเป็นผู้นำในการผลิตสายไฟฟ้าที่มีคุณภาพเป็นเลิศ ส่งสินค้าได้รวดเร็ว โดยใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ทันสมัย มีการปรับปรุงระบบบริหารคุณภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อความพึงพอใจแก่ลูกค้า"



# OUR VISION

**วิสัยทัศน์**

เราจะเป็นผู้นำในการผลิตสายไฟฟ้าอันดับหนึ่งของประเทศ ด้วยการผลิตสายไฟฟ้าที่มีคุณภาพตามมาตรฐานสากล ราคาคุ้มค่า และส่งมอบได้รวดเร็ว โดยการพัฒนาการผลิต และทรัพยากรมนุษย์อย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้าอย่างยั่งยืน



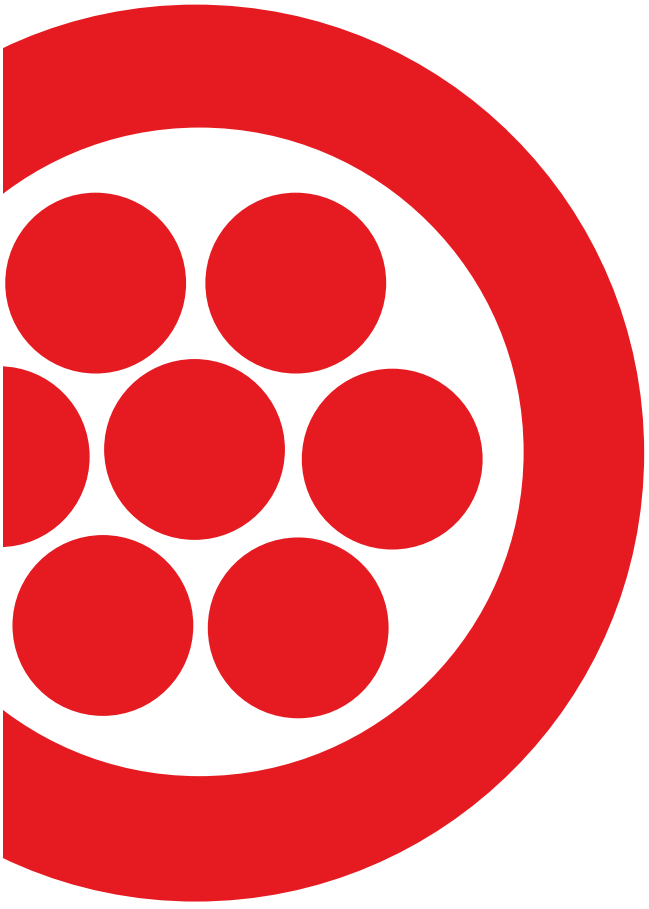
# MISSION

## พันธกิจ

- ผลิตสายไฟฟ้าที่มีคุณภาพตามมาตรฐานสากล
- ควบคุมกระบวนการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย ลดการสูญเสียวัตถุดิบโดยไม่จำเป็น สามารถควบคุมต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถส่งมอบสินค้าได้ตามกำหนด
- ปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้าตามความต้องการของตลาด
- พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อใช้ในการบริหารจัดการ
- พัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความรู้ทักษะและทัศนคติที่ดี
- ใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

# มุ่งมั่นสู่บรรษัทที่ดี

แม้ในช่วงเวลาแห่งความท้าทาย บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด ยังคงมุ่งมั่นที่จะดำเนินธุรกิจควบคู่ไปกับการมอบน้ำใจ แบ่งปันความเอื้ออาทรให้กับสังคม เพื่อสร้างสมดุลระหว่างการเติบโตของบริษัทและเป้าหมาย ในการมีส่วนร่วมในการพัฒนาสังคม โดยได้มีการกำหนดเป้าหมายในการสร้างองค์กรที่มีความรับผิดชอบต่อสังคมในฐานะพลเมืองบรรษัทที่ดี (Good Corporate Citizen) เพื่อเป็นแนวทางให้บริษัทในกลุ่มดำเนินรอยตาม โดยมุ่งเน้นที่กิจกรรมที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา การบริจาคสานไฟฟ้าให้แก่หน่วยงานภาครัฐ และสถาบันทางสังคมต่างๆ การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการช่วยเหลือด้านมนุษยธรรมและบรรเทาทุกข์ เป็นต้น



NO CABLE NO POWER

# บทที่ 1 ระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

## 1.1 บทนำ

ระบบไฟฟ้ากำลังโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย ระบบการผลิต ระบบการส่ง ระบบการจำหน่าย และระบบการใช้กำลังไฟฟ้า โดยแต่ละระบบมีลักษณะดังนี้

• **ระบบการผลิต** (Generating System) หมายถึง ระบบที่มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรูปอื่นๆ มาเป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น เปลี่ยนจากพลังงานศักย์ของน้ำ หรือพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงมาเป็นพลังงานในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้ากำลังโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย โรงจักรไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาที่แรงดันประมาณ 10–30 kV แล้วทำการแปลงระดับแรงดันให้เป็นแรงดันสูงขึ้นที่ลานไกไฟฟ้า (Switch Yard) เพื่อที่จะเข้าสู่ระบบการส่งต่อไป

• **ระบบการส่ง** (Transmission System) หมายถึง ระบบการส่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบการผลิตไปยังระบบการจำหน่าย เพื่อจำหน่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าต่อไป โดยจะทำการส่งในระดับแรงดันสูงเพื่อลดการสูญเสียพลังงานในสายส่งซึ่งจะทำให้การส่งกำลังไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงขึ้น ระบบการส่งโดยทั่วไปประกอบด้วยสายส่งไฟฟ้าแรงสูงและบริภัณฑ์ที่ใช้ส่งกำลังไฟฟ้าอื่นๆ

• **ระบบการจำหน่าย** (Distribution System) หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบการส่งแล้วลดระดับแรงดันลงจากแรงดันสูงให้เป็นแรงดันปานกลาง เพื่อที่จะให้ระบบการใช้ไฟฟ้าต่อไประบบการจำหน่ายโดยทั่วไปประกอบด้วย สถานีจำหน่ายไฟฟ้าย่อย สายจำหน่ายแรงดันปานกลาง หม้อแปลงจำหน่าย และสายจำหน่ายแรงดันต่ำ

• **ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า** (Utilization System) หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่รับกำลังไฟฟ้าจากระบบการจำหน่ายที่มีระดับแรงดันปานกลางแล้วทำการลดระดับแรงดันลงให้เป็นแรงดันต่ำ เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับบริภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ

## 1.2 การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยใน การผลิตและการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ดำเนินงานโดยหน่วยงาน

รัฐวิสาหกิจ 3 แห่ง ซึ่งแต่ละหน่วยงานก็มีหน้าที่รับผิดชอบแตกต่างกันไปดังนี้คือ

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)
  Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT.)
- การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)
  Metropolitan Electricity Authority (MEA.)
- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)
  Provincial Electricity Authority (PEA.)

## 1.3 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)

**กฟผ.** มีหน้าที่จัดหาแหล่งพลังงานและผลิตกำลังไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการของประเทศ รวมทั้งมีอำนาจในการจัดซื้อ หรือขายกำลังไฟฟ้ากับประเทศเพื่อนบ้านใกล้เคียง แล้วจัดส่งต่อให้การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

**ระบบการส่ง** (Transmission System)

กฟผ ใช้ระบบสายส่งแรงดันสูง 4 ระดับแรงดัน คือ

500 kV 3 เฟส 3 สาย 50 Hz

230 kV 3 เฟส 3 สาย 50 Hz

115 kV 3 เฟส 3 สาย 50 Hz

69 kV 3 เฟส 3 สาย 50 Hz

## 1.4 การไฟฟ้านครหลวง

การไฟฟ้านครหลวง มีหน้าที่บริการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าในเขต 3 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และนนทบุรี

ระบบไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้านครหลวงอาจแบ่งได้ 3 ระบบ ดังนี้คือ

**1. ระบบการส่งกำลังไฟฟ้าย่อย** (Subtransmission System)

การไฟฟ้านครหลวง จะรับกำลังไฟฟ้ามาจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และทำการส่งกำลังไฟฟ้าไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยในระบบแรงดันสูง 230 kV, 115 kV และ 69 kV

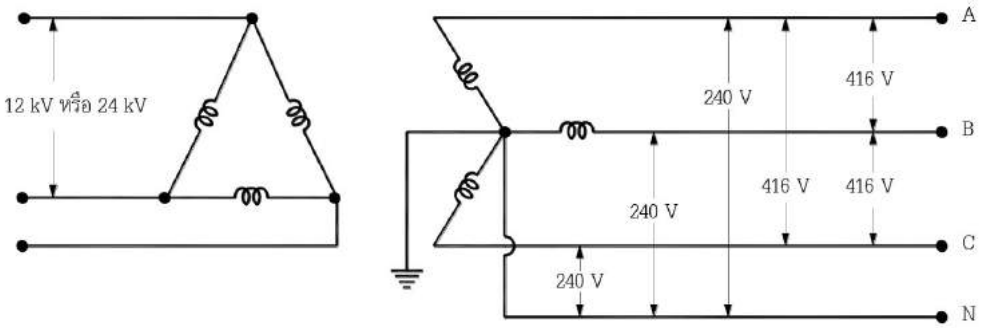
**2. ระบบการจำหน่าย** (Distribution System)

การไฟฟ้านครหลวงมีสถานีไฟฟ้าย่อยอยู่หลายแห่งในเขตพื้นที่รับผิดชอบ โดยที่สถานีไฟฟ้าย่อยแต่ละแห่งจะ มีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) จำนวน 2–4 ชุด เพื่อที่จะแปลงไฟฟ้าระดับแรงดันสูง 115 kV หรือ 69 kV ไปเป็นระดับแรงดันปานกลาง 12 kV หรือ 24 kV ซึ่งในอนาคต กฟน. จะทำการเปลี่ยนมาใช้ระบบ 24 kV ทั้งหมด ดังนั้น ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าในบริเวณที่ยังคงใช้ระบบ 12 kV จึงควรเลือกใช้หม้อแปลงชนิด Dual Voltage 12/24 kV เพื่อที่จะได้สามารถเปลี่ยนระบบแรงดันจาก 12 kV ไปเป็น 24 kV ได้โดยไม่ต้องทำการเปลี่ยนหม้อแปลง

**3. ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า** (Utilization System)

การไฟฟ้านครหลวงจะติดตั้งหม้อแปลงที่บริเวณที่จะใช้ไฟฟ้า โดยหม้อแปลงจำหน่ายจะแปลงไฟฟ้าจากระดับแรงดัน 24 kV หรือ 12 kV ไปเป็นระดับแรงดัน 416/240 V 3 เฟส 4 สาย ดังรูปที่ 1.1

แม้ว่าทางด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลงจะมีแรงดันพิกัดเป็น 416/240 V ก็ตาม แต่ กฟน. ให้ใช้ แรงดันพิกัดระบุของด้านแรงดันต่ำเป็น 380/220 V 3 เฟส 4 สาย




รูปที่ 1.1 ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า ของ กฟน.

## 1.5 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีหน้าที่ใน การจัดหาและจำหน่ายไฟฟ้า ให้ทุกจังหวัดของประเทศไทย ยกเว้นจังหวัดที่อยู่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวง

ระบบไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอาจแบ่งได้ 3 ระบบดังนี้

**1. ระบบการส่งกำลังไฟฟ้าย่อย** (Subtransmission System)

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับกำลังไฟฟ้ามาจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แล้วทำการจัดส่งกำลังไฟฟ้าด้วยระบบ 115 kV และ 69 kV

**2. ระบบการจำหน่าย** (Distribution System)

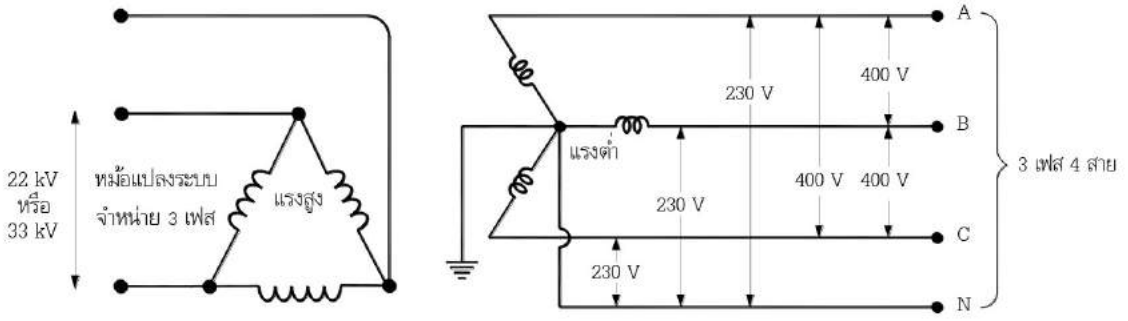
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคใช้ระบบแรงดันจำหน่ายอยู่ 2 ระบบ ได้แก่

– ระบบแรงดัน 22 kV (Conventional Solidly Grounded System) จังหวัดส่วนใหญ่เกือบทั่วทั้งประเทศจะใช้ระบบนี้ ยกเว้นจังหวัดทางภาคใต้ และบางจังหวัดในภาคเหนือ

– ระบบแรงดัน 33 kV (Multigrounded System With Overhead Ground Wire) ใช้ในภาคใต้ ตั้งแต่จังหวัดระนองลงไป และในจังหวัดเชียงรายกับพะเยา

3. ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า (Utilization System)

ระบบการใช้กำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะเป็นระบบแรงดันต่ำ 400/230 V 3 เฟส 4 สายดังแสดงในรูปที่ 1.2




รูปที่ 1.2 ระบบการใช้กำลังไฟฟ้าแรงดันต่ำ 3 เฟส 4 สาย

## 1.6 การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า

ในการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้านั้น ทางการไฟฟ้าฯ จะพิจารณาว่าอาคารที่อยู่อาศัยหรือสถานประกอบการนั้น มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าเป็นเท่าใด ถ้าหากอาคารที่อยู่อาศัยหรือสถานประกอบการนั้น ใช้โหลดน้อยกว่า 300 kVA ทางการไฟฟ้าฯ ก็จะจ่ายไฟฟ้าให้เป็นระบบแรงดันต่ำ (Low Voltage) สำหรับอาคารหรือสถานประกอบการขนาดใหญ่ที่มีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณสูง คือ

ใช้โหลดตั้งแต่ 300 kVA ขึ้นไปนั้น ทางการไฟฟ้าฯ จะจ่ายไฟฟ้าให้เป็นระบบแรงดันปานกลาง (Medium Voltage)

สำหรับอาคารหรือสถานประกอบการที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงมาก ทางการไฟฟ้าฯ จะจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ในระบบแรงดันสูง (High Voltage) 115 kV หรือ 69 kV ซึ่งอาจต้องมีการสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการพิจารณาของการไฟฟ้าฯ

**ขนาดมิเตอร์ของการไฟฟ้านครหลวง**

ในการติดตั้งมิเตอร์สำหรับอาคาร หรือ สถานประกอบการต่างๆ นั้น จะต้องพิจารณาเลือกขนาดของมิเตอร์ตามความเหมาะสมกับโหลด โดยมิเตอร์ก็จะแบ่งออกเป็นหลายขนาด ดังต่อไปนี้

**1. มิเตอร์ระบบ 220 V** 1 เฟส 2 สาย จะมีขนาดดังนี้

- 5 (15A) , 220 V
- 15 ( 45A ) , 220 V
- 30 (100A) , 220 V
- 50 (150A) , 220 V

**2. มิเตอร์ระบบ 380/220 V** 3 เฟส 4 สาย จะมีขนาดดังนี้

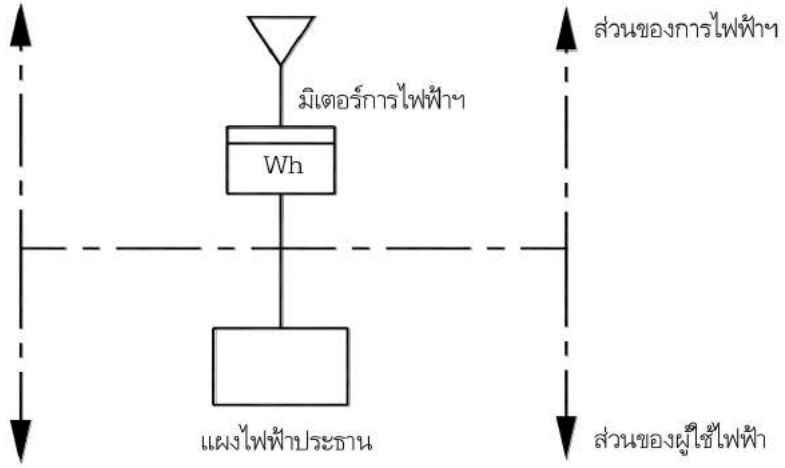
- 15 (45A) , 380 V
- 30 (100A) , 380 V
- 50 (150A) , 380 V
- 200 A , 380 V
- 400 A , 380 V

3. มิเตอร์ระบบ 12 kV 3 เฟส 3 สาย จะมีขนาดตั้งแต่ 15 A (300 kVA) ไปจนถึง 750 A (15000 kVA)

4. มิเตอร์ระบบ 24 kV 3 เฟส 3 สาย จะมีขนาดตั้งแต่ 10 A (400 kVA) ไปจนถึง 625 A (25000 kVA)

**ลักษณะการจ่ายไฟฟ้าระหว่างการไฟฟ้าฯ กับผู้ใช้ไฟฟ้า**

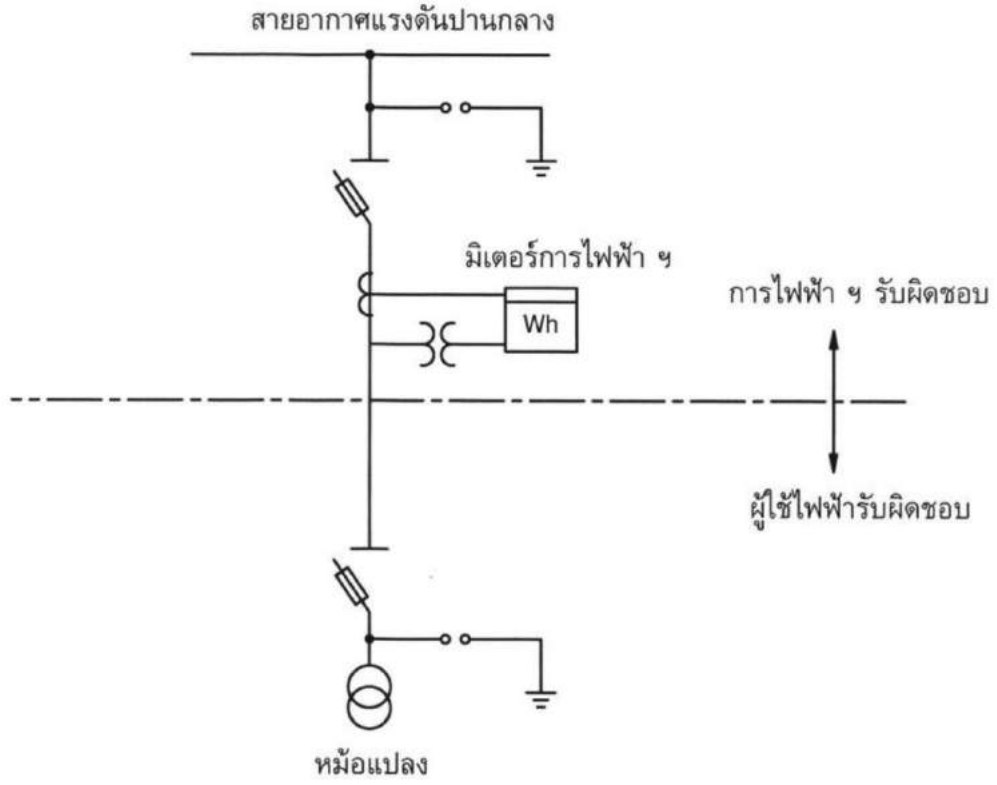
**– แรงดันต่ำ** ในกรณีที่การไฟฟ้าฯ จ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบแรงดันต่ำนั้น จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.3 โดยจะมีมิเตอร์เป็นตัวแบ่งแยกทรัพย์สินระหว่างการไฟฟ้าฯ กับผู้ใช้ไฟฟ้า



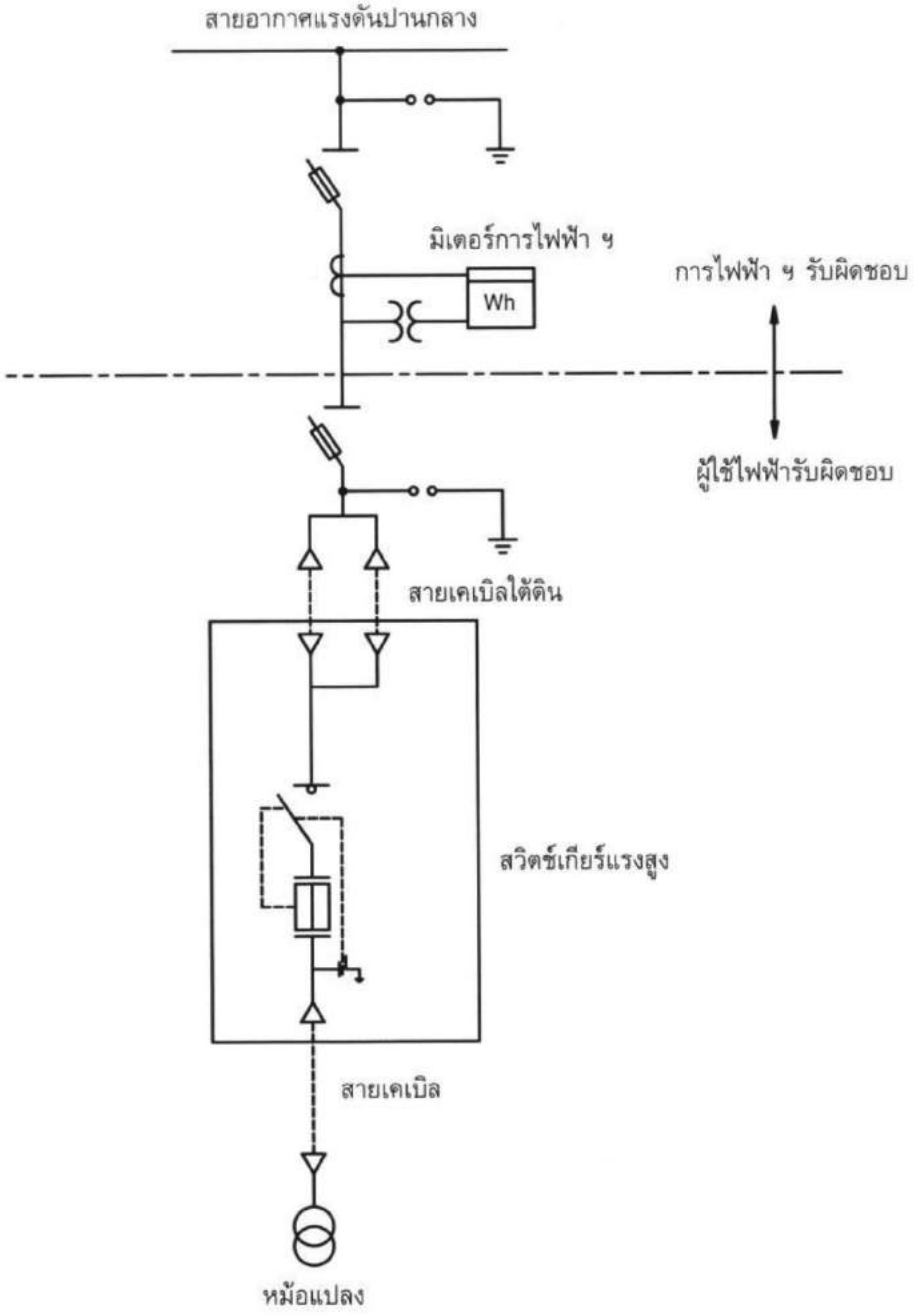

รูปที่ 1.3 การจ่ายไฟฟ้าในระบบแรงดันต่ำ

**– แรงดันปานกลาง** ในกรณีที่การไฟฟ้าฯ จ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ในระบบแรงดันปานกลางนั้น ลักษณะการจ่าย ไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ จะขึ้นอยู่กับระบบของการไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ และ ระบบของสถานประกอบการ ลักษณะการจ่ายไฟฟ้าแรงดันปานกลางให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า ของการไฟฟ้าฯ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ดังนี้

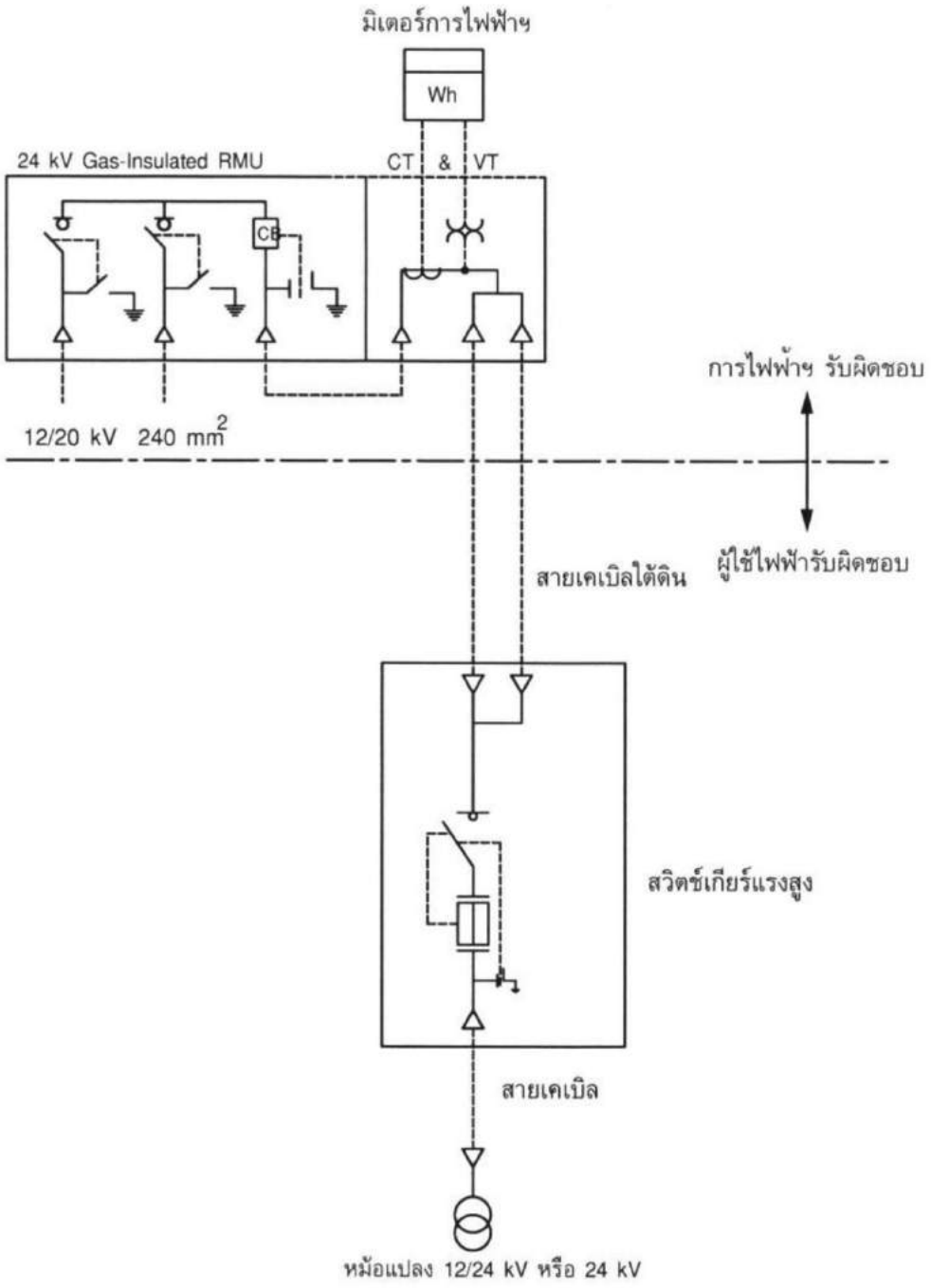
- ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายอากาศ จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้าฯ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.4
- ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้าฯ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.5
- ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้าฯ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.6




รูปที่ 1.4 ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟด้วยสายอากาศ จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้าฯ




รูปที่ 1.5 ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟด้วยสายใต้ดิน จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้าฯ




รูปที่ 1.6 ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟด้วยสายใต้ดิน จากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้าฯ

## 1.7 การจัดวงจรการจ่ายไฟฟ้า (Distribution Circuit Arrangements)

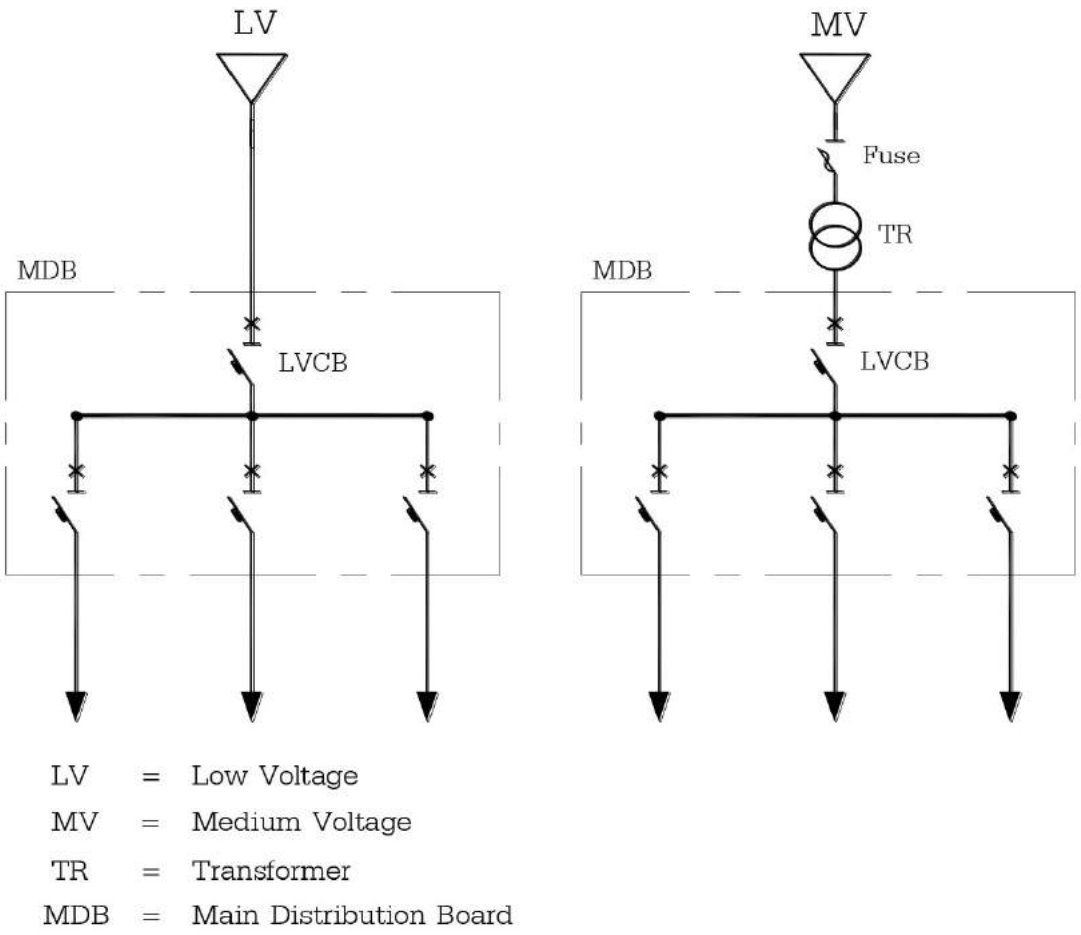
ในการออกแบบระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับอาคาร หรือสถานประกอบการต่างๆ นั้น ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ หลายประการ ด้วยกัน ได้แก่ ความปลอดภัย ความเชื่อถือได้ การบำรุงรักษา ความยืดหยุ่น และความประหยัด เป็นต้น นอกจากนี้แล้ว ลักษณะของการบริการทางไฟฟ้า ซึ่งอยู่บริเวณสถานที่นั้น ลักษณะของโหลดคุณภาพของการบริการที่สถานที่ต้องการ และขนาดของอาคาร ก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ที่ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาด้วยว่าจะเลือกหรือออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้าแบบใด จึงจะเหมาะสมที่สุด

ระบบไฟฟ้าพื้นฐานที่ใช้ในการจ่ายไฟให้กับผู้ใช้ สามารถจัดเป็น 5 แบบ คือ

1. Radial System
2. Primary–Selective System
3. Secondary–Selective System
4. Secondary Spot Network System
5. Looped Primary System

### 1. Radial System

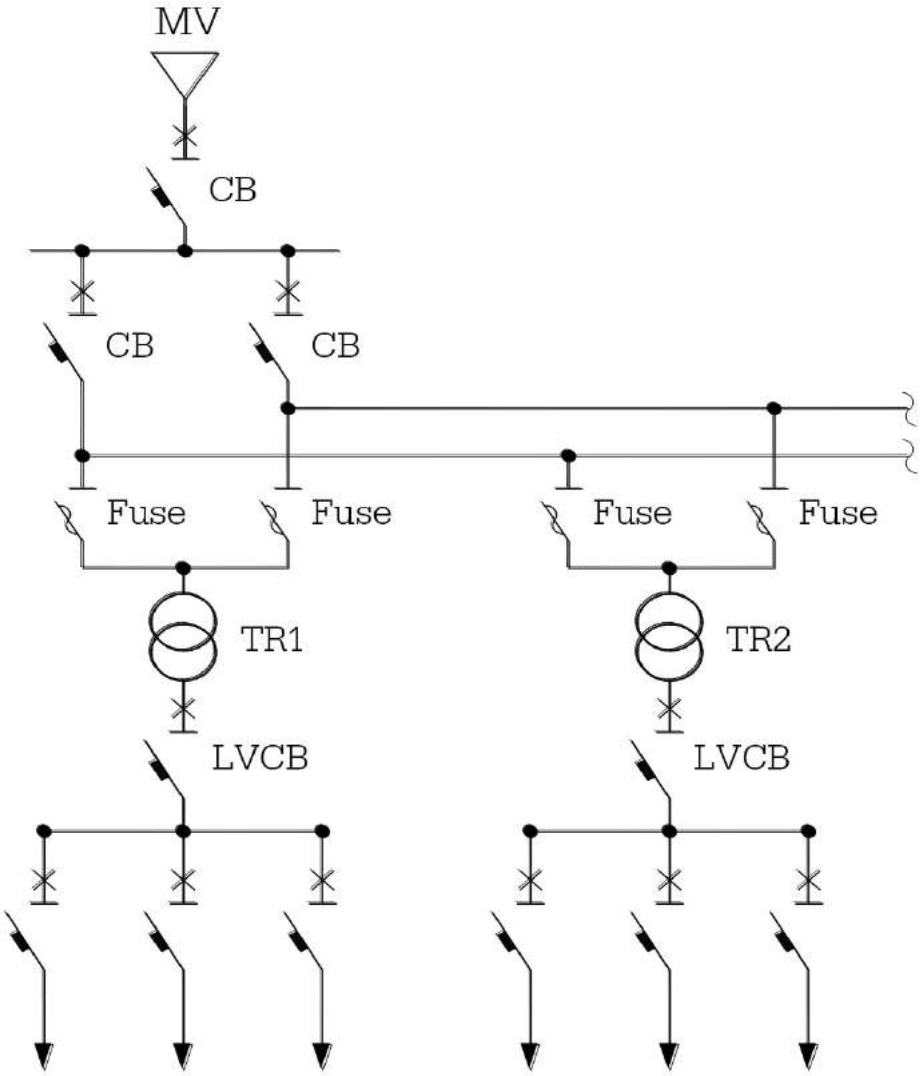
ในกรณีที่ไฟฟ้า ถูกส่งมายังอาคารในระบบแรงดันใช้งาน รูปแบบการจ่ายไฟฟ้าแบบนี้ก็จะเป็นแบบที่ง่ายและมีราคาถูกที่สุด โดยไฟฟ้าจะถูกส่งเข้ามาในระบบแรงดันต่ำ ผ่านบริภัณฑ์ป้องกันต่างๆ จากนั้นจึงจ่ายต่อไปยังโหลดหรือตู้จ่ายไฟต่อไป ส่วนในกรณีที่ไฟฟ้าถูกส่งมาในระบบแรงดันปานกลาง ก็ต้องมีหม้อแปลงเพื่อแปลงไฟฟ้าให้ได้ระดับแรงดันปานกลางเป็นระดับแรงดันใช้งานเสียก่อน โดยจะต้องมีบริภัณฑ์ป้องกัน ได้แก่ เซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือฟิวส์ ทั้งด้านแรงดันปานกลาง และด้านแรงดันต่ำ ดังแสดงในรูป 1.7




รูปที่ 1.7 การจ่ายไฟฟ้าแบบ Radial Circuit

### 2. Primary–Selective System

การจ่ายไฟฟ้าแบบนี้จะเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบให้มากขึ้น โดยจะลดปัญหาที่เกิดจากการเกิดการผิดพร่อง (Fault) ที่สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) ลง ลักษณะการจัดวงจรก็คือจะเพิ่มสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) และสวิตซ์สำหรับตัดโหลด (Load Break Switch) ขึ้นอีกชุดหนึ่ง สำหรับหม้อแปลงแต่ละตัว ดังรูป 1.8

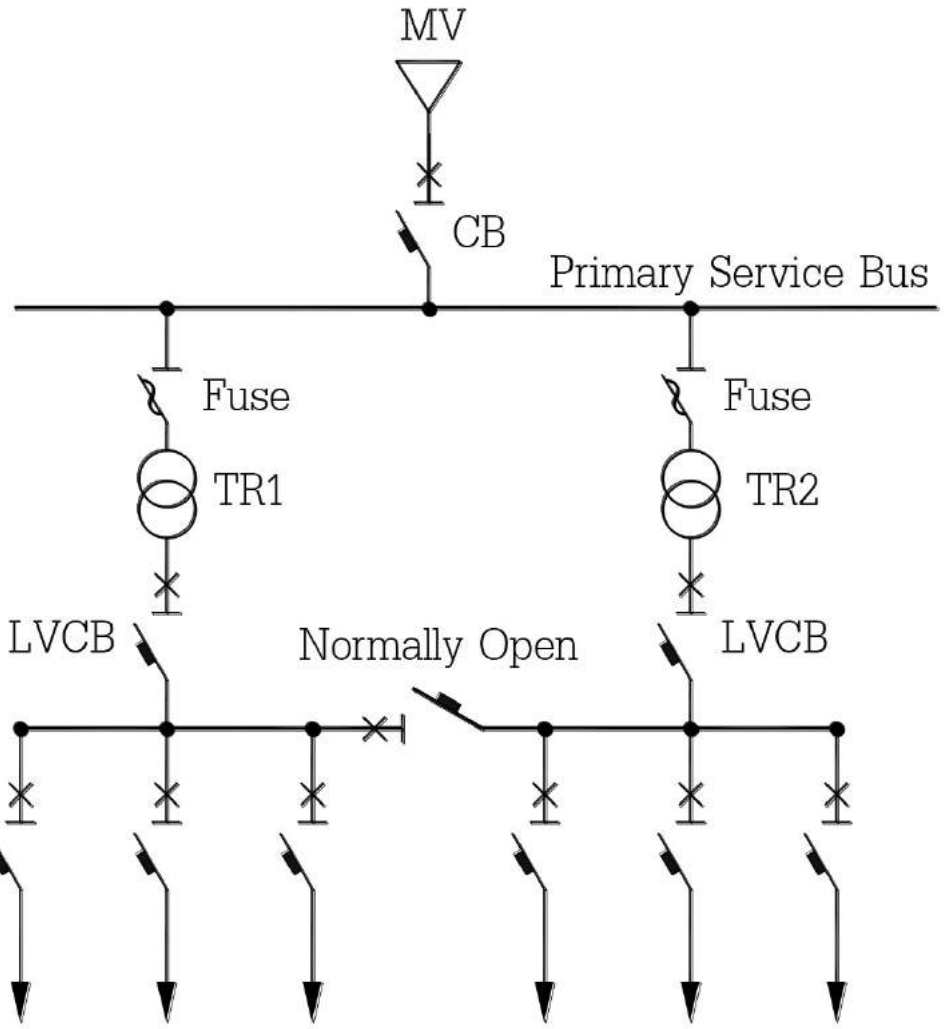



รูปที่ 1.8 การจ่ายไฟฟ้าแบบ Primary Selective

ในสภาวะการทำงานปกติ สวิตซ์จะถูกปิดอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม โดยให้สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) แต่ละชุดจ่ายโหลดเท่าๆ กัน ถ้ามีการเกิดการผิดพร่อง (Fault) ที่สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) ชุดใดชุดหนึ่ง การตัดต่อวงจรก็จะเกิดขึ้น ทำให้สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) อีกชุดหนึ่งเข้ามาจ่ายไฟฟ้าแทนทันที ดังนั้นสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) แต่ละชุดจะต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าให้แก่โหลดทั้งหมดได้ นอกจากนี้คู่ของฟิวส์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะต้องทำการยึดระหว่างกันด้วย เพื่อป้องกันการปิดวงจรพร้อมกัน และการตัดต่อวงจรอาจเป็นแบบใช้มือ หรือเป็นระบบอัตโนมัติก็ได้

### 3. Secondary–Selective System

การจ่ายไฟฟ้าแบบนี้ แสดงได้ดังรูปที่ 1.9 ในสภาวะการทำงานปกติก็จะเหมือนกับระบบ Radial 2 ชุดแยกจากกัน และเซอร์กิตเบรกเกอร์ต่อเชื่อมบัสทุติยภูมิ (Secondary Bus) จะเปิดอยู่ โหลดจะถูกแบ่งให้ประมาณเท่าๆ กันในแต่ละบัสถ้ามีการเกิดการผิดพร่อง (Fault) ขึ้นที่สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) หรือหม้อแปลงชุดใดชุดหนึ่ง โหลดทั้งหมดที่ต่ออยู่กับบัสนั้นก็จะไม่มีไฟฟ้า แต่เนื่องจากอีกบัสหนึ่งยังคงมีไฟฟ้าอยู่ จึงสามารถใช้ไฟฟ้าจากอีกบัสหนึ่งได้ โดยเริ่มจากเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์หลักทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงด้านที่มีการเกิดการผิดพร่อง (Fault) จากนั้นก็ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ต่อเชื่อมบัสทุติยภูมิ (Secondary Bus) ส่วนเซอร์กิตเบรกเกอร์หลักทางด้านทุติยภูมิทั้ง 2 ตัว ควรจะมีการยึดระหว่างกันกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ต่อเชื่อมบัสทุติยภูมิ (Secondary Bus) ด้วยเพื่อเป็นการป้องกันหม้อแปลงทั้ง 2 ตัว ไม่ให้ทำงานแบบขนานกัน

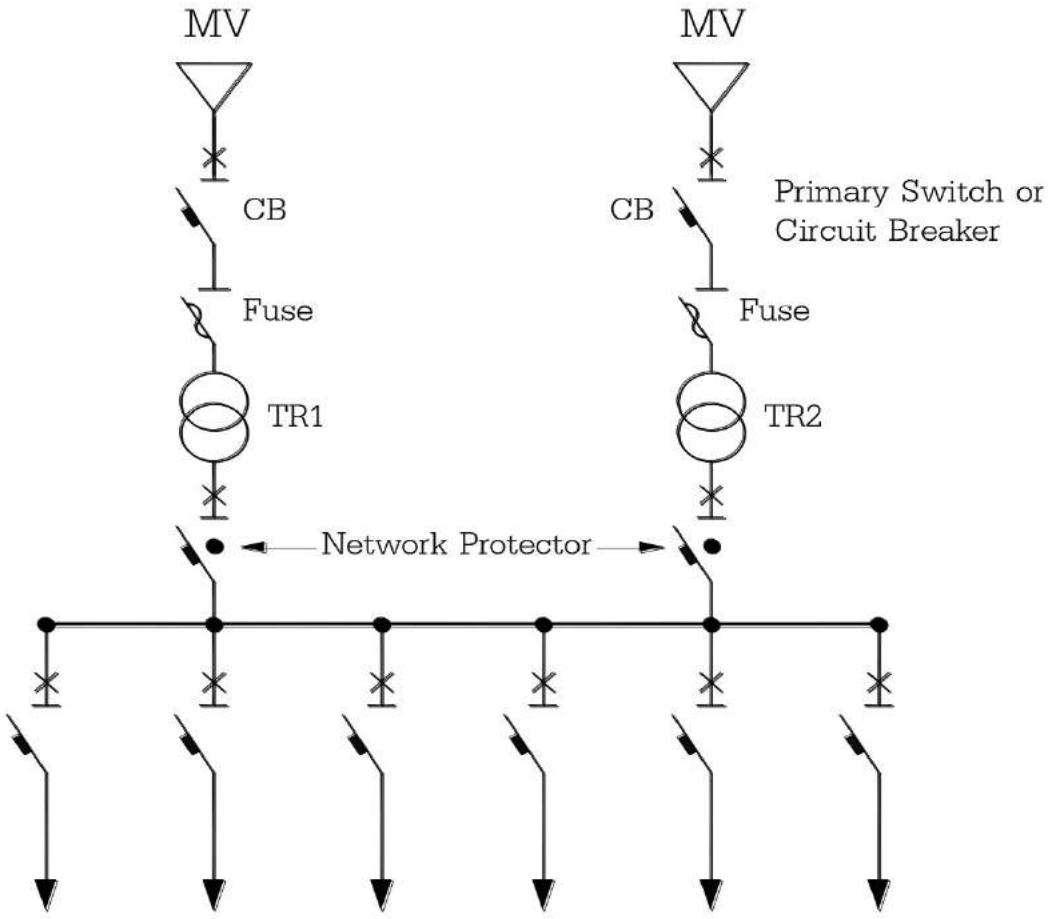



รูปที่ 1.9 การจ่ายไฟฟ้าแบบ Secondary Selective

จะเห็นว่าการจ่ายไฟฟ้าแบบนี้ จะสามารถเพิ่มความเชื่อถือได้ให้สูงขึ้นกว่าแบบ Primary Selective ในกรณีเกิดการผิดพร่อง (Fault) ที่หม้อแปลง แต่ราคาของการจัดวงจรแบบนี้ก็จะสูงขึ้นด้วย เนื่องจากจะต้องเผื่อขนาดของหม้อแปลงและสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) ให้สามารถจ่ายโหลดทั้ง 2 บัสได้ ทั้งนี้ราคาก็จะขึ้นอยู่กับการเผื่อขนาดไว้เพียงใด

### 4. Secondary Spot Network System

รูปที่ 1.10 จะแสดงถึงการจัดวงจรแบบ Secondary Spot Network แบบง่ายๆ โดยจะประกอบไปด้วยหม้อแปลงที่เหมือนกัน 2 ลูก หรือมากกว่า ซึ่งจะรับไฟฟ้ามาจากสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) แยกกันลูกละชุด หม้อแปลงเชื่อมต่อกันทางบัสด้านแรงต่ำผ่านตัวป้องกันวงจรข่าย (Network Protector) โดยที่หม้อแปลงทั้งหมดทำงานแบบขนานกัน ตัวป้องกันวงจรข่าย (Network Protector) ซึ่งเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ถูกควบคุมโดยรีเลย์ เซอร์กิตเบรกเกอร์จะเปิดวงจรโดยอัตโนมัติเมื่อมีกำลังไฟฟ้าไหลจากด้านแรงดันต่ำ เข้าสู่หม้อแปลง



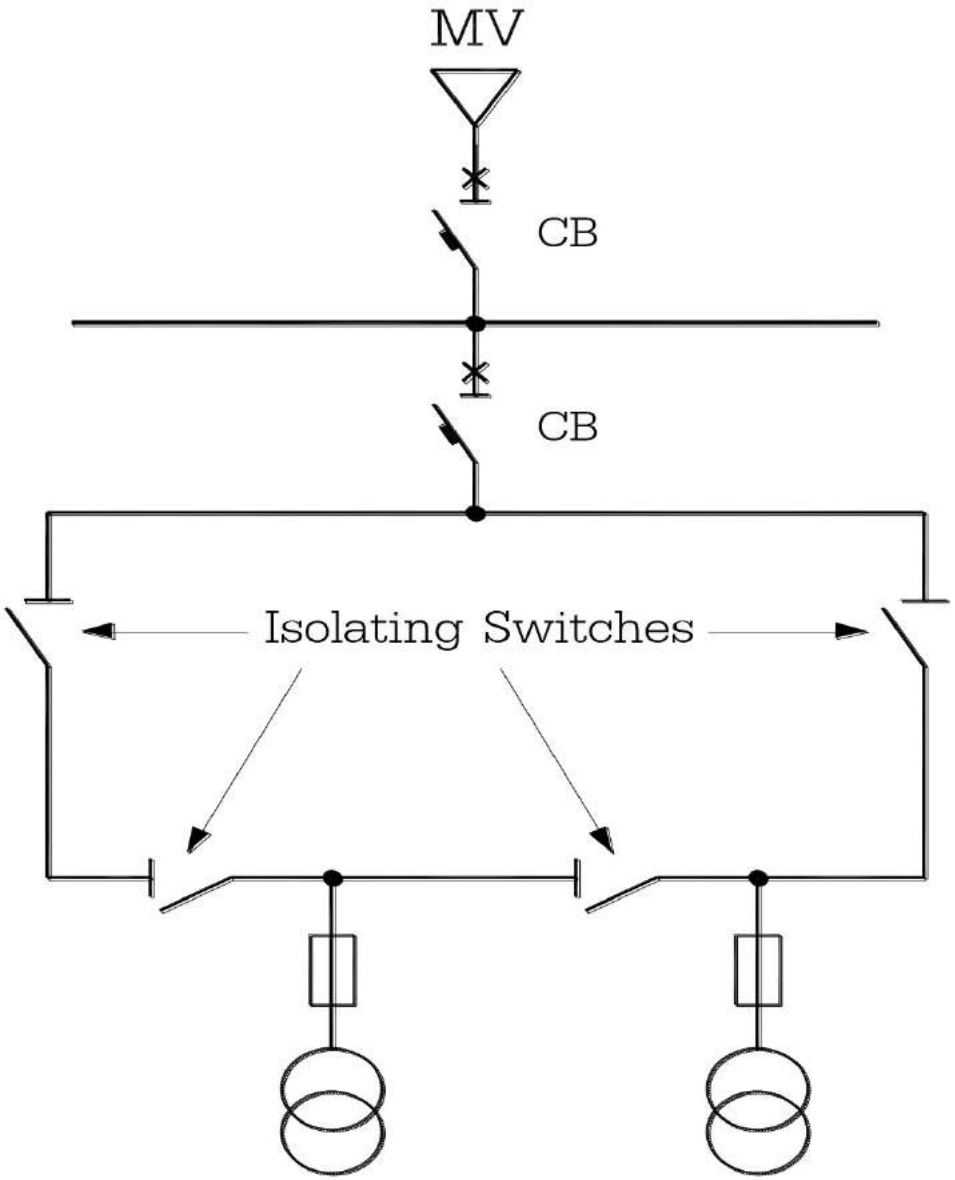

รูปที่ 1.10 การจ่ายไฟฟ้าแบบ Secondary Spot Network

ในสภาวะการทำงานปกติ หม้อแปลงแต่ละตัวจะรับโหลดเท่าๆ กัน เมื่อมีการเกิดการผิดพร่อง (Fault) ขึ้นที่หม้อแปลง หรือที่สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) ชุดใดชุดหนึ่ง ตัวป้องกันวงจรข่าย (Network Protector) ของหม้อแปลงชุดนั้นจะเปิดวงจร เพื่อป้องกันไม่ให้มีกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับจากทางด้านแรงต่ำเข้าสู่หม้อแปลง และหม้อแปลงตัวที่เหลือก็จะทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้แก่โหลดแทนทำให้สามารถจ่ายไฟฟ้าให้โหลดได้อย่างต่อเนื่องไม่ขาดตอน

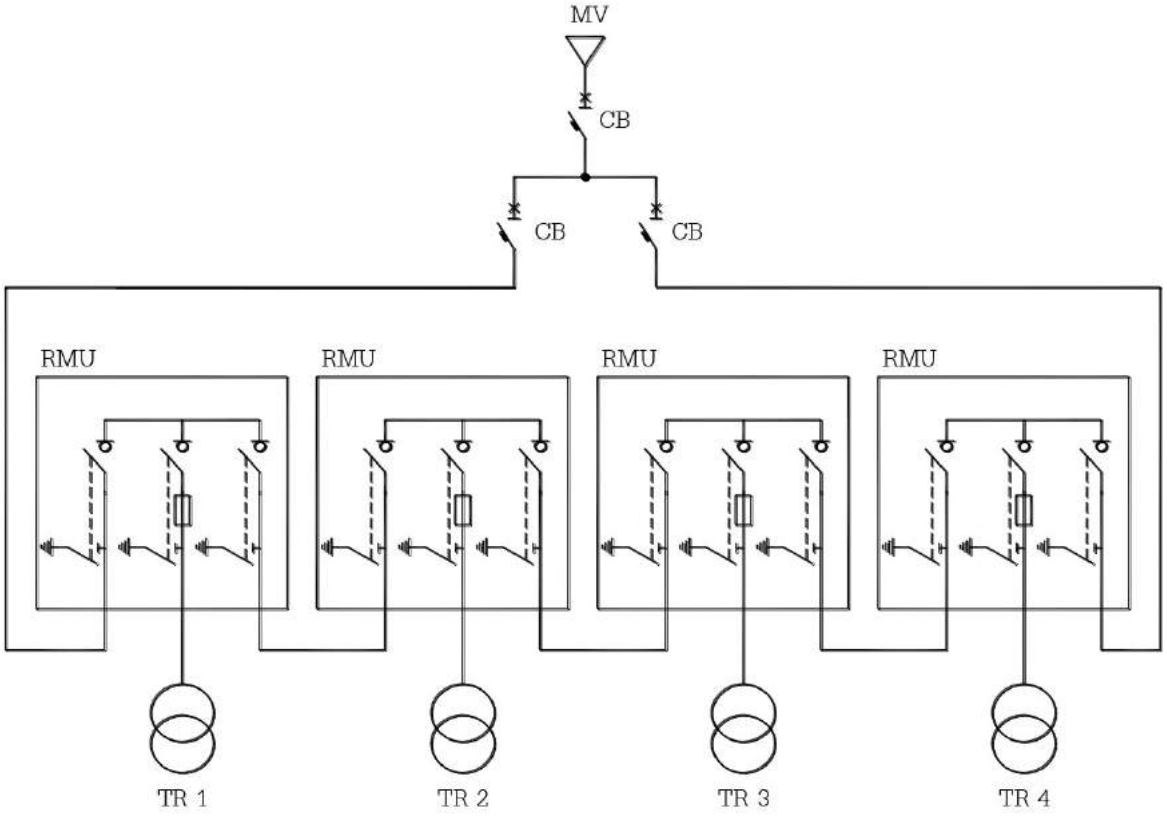
การจัดวงจรแบบ Secondary Spot Network จะเป็นการจัดวงจรที่มีความเชื่อถือได้มากที่สุด สำหรับการจ่ายโหลดมากๆ โอกาสที่จะเกิดไฟฟ้าดับจะเกิดขึ้นได้เฉพาะเมื่อมีการเกิดการผิดพร่อง (Fault) พร้อมๆ กันทางด้านปฐมภูมิ หรือเกิดการผิดพร่อง (Fault) ที่บัสด้านทุติยภูมิ (Secondary Bus) เท่านั้น อย่างไรก็ตามระบบนี้เป็นระบบที่มีราคาแพง ซึ่งนอกจากจะต้องเผื่อขนาดของหม้อแปลงและสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) แล้ว โดยทั่วไปตัวป้องกันวงจรข่าย (Network Protector) ก็มีราคาแพงอีกด้วย

### 5. Looped Primary System

การจัดวงจรแบบ Looped Primary System มีสองแบบ โดยรูปที่ 1.11 เป็นระบบวงรอบปิด (Close Loop) ซึ่งเป็นระบบเก่า ส่วนรูปที่ 1.12 เป็นระบบวงรอบเปิด (Open Loop) ซึ่งเป็นระบบใหม่ที่นิยมใช้มากกว่าระบบวงรอบปิด จะทำงานโดยปิดสวิตซ์ทั้งหมดของวงจรดังรูปที่ 1.12 แม้ว่าระบบนี้จะมีราคาไม่แพงแต่ก็ไม่เป็นที่นิยมใช้ โดยจะนิยมใช้แบบวงรอบเปิดมากกว่า เนื่องจากเมื่อเกิดการผิดพร่อง (Fault) ที่ส่วนหนึ่งส่วนใดในวงรอบจะทำให้การจ่ายไฟหยุดชะงักลง และจะหาจุดที่เกิดการผิดพร่อง (Fault) ได้ยาก




รูปที่ 1.11 การจ่ายไฟฟ้าแบบ Close Looped Primary




รูปที่ 1.12 การจ่ายไฟฟ้าแบบ Open Looped Primary

ส่วนระบบวงรอบเปิด ซึ่งถูกออกแบบเพื่อใช้กับสายส่งใต้ดินจะใช้ Ring Main Unit (RMU) เป็นตัวตัดต่อระบบจากโหลดเมื่อเกิดการผิดพร่อง โดยจะทำการเปิดวงจรเมื่อเกิดการผิดพร่อง และจะปิดวงจรเมื่อได้ทำการแก้ไขระบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เมื่อวงจรใดวงจรหนึ่งเกิดการผิดพร่องขึ้น อีกวงจรก็จะทำหน้าที่จ่ายโหลดให้เมื่อซ่อมแซมแก้ไขส่วนที่เกิดการผิดพร่องเรียบร้อยแล้ววงจรก็จะทำงานแบบอิสระโดยแต่ละวงจรต่างก็จ่ายโหลดของตัวเองต่อไป ข้อเสียของระบบนี้คือราคาของอุปกรณ์จะมีราคาสูง เพราะว่าต้องใช้สายไฟฟ้าขนาดใหญ่และต้องมีอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ มากมาย

# บทที่ 2 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ

## 2.1 บทนำ

สายไฟฟ้ามีหน้าที่สำหรับนำพลังงานไฟฟ้า จากแหล่งจ่ายไฟไปยังบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตสายไฟฟ้าขึ้นมากมายหลายชนิดตามความต้องการสำหรับการติดตั้งในรูปแบบต่างๆ ดังนั้นการเลือกใช้สายไฟฟ้าเพื่อให้มีความเหมาะสมปลอดภัย ประหยัด และ เชื่อถือได้ จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยหลายประการด้วยกัน ได้แก่ ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ติดตั้ง ความสามารถในการนำกระแสของตัวนำ ขนาดแรงดันตกที่เกิดขึ้น ความสามารถในการทนต่อความร้อนที่เกิดขึ้นทั้งในขณะใช้งานปกติและขณะเกิดการลัดวงจร สายไฟฟ้าแรงดันต่ำเป็นสายไฟฟ้าที่ใช้ได้กับแรงดันไม่เกิน 1000 V มีลักษณะเป็นสายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวน โดยที่ตัวนำสายไฟฟ้าชนิดนี้ อาจจะใช้ทองแดงหรืออะลูมิเนียม แต่ที่นิยมใช้สำหรับสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ คือตัวนำทองแดง ถ้ามีขนาดใหญ่ จะมีลักษณะเป็นตัวนำตีเกลียว แต่ถ้ามีขนาดเล็ก ตัวนำก็จะเป็นตัวนำเดี่ยว วัสดุฉนวนที่นิยมใช้กับสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ ได้แก่ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross-linked Polyethylene (XLPE)

## 2.2 ส่วนประกอบ

สายไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ตัวนำและฉนวน

### 2.2.1 ตัวนำ

ตัวนำของสายไฟฟ้าทำมาจากโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูง อาจจะอยู่ในรูปของตัวนำเดี่ยว (Solid) หรือตัวนำตีเกลียว (Strand) ซึ่งประกอบไปด้วยตัวนำเล็กๆ ตีเข้าด้วยกันเป็นเกลียวซึ่งมีข้อดีคือ การนำกระแสต่อพื้นที่สูงขึ้น เนื่องจากผลของ Skin Effect ลดลง และการเดินสายทำได้ง่าย เพราะมีความอ่อนตัวกว่า โลหะที่นิยมใช้เป็นตัวนำได้แก่ ทองแดง และอะลูมิเนียม โดยโลหะทั้งสองชนิดมีข้อดีข้อเสียต่างกันไปตามแต่ลักษณะของงาน ตารางที่ 2.1 จะเปรียบเทียบคุณสมบัติของทองแดง และอะลูมิเนียม

**ทองแดง** ทองแดงเป็นโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูงมาก มีความแข็งแรงเหนียว ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี แต่มีข้อเสียอยู่คือ มีน้ำหนักมากและราคาสูง จึงไม่เหมาะสำหรับงานด้านระบบสายส่งแรงดันสูง แต่จะเหมาะกับการใช้งานโดยทั่วไป โดยเฉพาะงานในอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรม

**อะลูมิเนียม** เป็นโลหะมีความนำไฟฟ้าสูงรองจากทองแดง แต่เมื่อเปรียบเทียบในกรณีกระแสเท่ากันแล้ว พบว่าอะลูมิเนียมจะมีน้ำหนักเบาและราคาถูกกว่า จึงเหมาะกับงานเดินสายไฟนอกอาคารและระบบสายส่งแรงดันสูง ถ้าทิ้งอะลูมิเนียมไว้ในอากาศจะเกิดออกไซด์ของอะลูมิเนียม ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนฟิล์มบางๆ เกาะตามผิวช่วยป้องกันการสึกกร่อน แต่จะมีข้อเสียคือ ทำให้การเชื่อมต่อทำได้ยาก

## ตารางที่ 2.1

เปรียบเทียบคุณสมบัติของทองแดงและอะลูมิเนียม

| คุณสมบัติ | ทองแดง | อะลูมิเนียม |
|---|---|---|
| ความนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ ( ทองแดง = 100 ) | 100 | 61 |
| สภาพความต้านทานไฟฟ้าที่ 20°C ( $\Omega m \times 10^{-8}$ ) | 1.724 | 2.803 |
| สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ( per °C x $10^{-6}$ ) | 17 | 23 |
| จุดหลอมเหลว ( °C ) | 1083 | 659 |
| ความนำความร้อน ( W/cm°C ) | 3.8 | 2.4 |
| ความหนาแน่นที่ 20°C ( $g/cm^3$ ) | 8.89 | 2.7 |

### 2.2.2 ฉนวน

ฉนวนทำหน้าที่ห่อหุ้มตัวนำ เพื่อป้องกันการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างตัวนำหรือระหว่างตัวนำกับส่วนที่ต่อลงดิน และเพื่อป้องกันตัวนำจากผลกระทบทางกลและทางเคมีต่าง ๆ ในระหว่างที่ตัวนำ นำกระแสไฟฟ้าจะเกิดพลังงานสูญเสียในรูปของความร้อน ความร้อนที่เกิดขึ้นจะถ่ายเทไปยังเนื้อฉนวน ความสามารถในการทนต่อความร้อนของฉนวนจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการทนต่อความร้อนของสายไฟฟ้านั่นเอง การเลือกใช้ชนิดของฉนวนจะขึ้นกับอุณหภูมิใช้งานระดับแรงดันของระบบ และสภาพแวดล้อมในการติดตั้ง วัสดุที่นิยมใช้เป็นฉนวนมากที่สุดในขณะนี้ คือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross linked Polyethylene (XLPE) ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของฉนวน PVC และ XLPE

## ตารางที่ 2.2

คุณสมบัติของฉนวน PVC และ XLPE

| คุณสมบัติ | PVC | XLPE |
|---|---|---|
| พิกัดอุณหภูมิสูงสุดขณะใช้ ( $^{\circ}C$ ) | 70 | 90 |
| พิกัดอุณหภูมิสูงสุดขณะลัดวงจร ( $^{\circ}C$ ) | 120 | 250 |
| ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก | 6 | 2.4 |
| ความหนาแน่น ( $g/cm^3$ ) | 1.4 | 0.92 |
| ความนำความร้อน ( cal/cm.sec $^{\circ}C$ ) | 3.5 | 8 |
| ความทนทานต่อแรงดึง ( $kg/mm^2$ ) | 2.5 | 3 |

จะเห็นว่าฉนวน XLPE มีความแข็งแรง ทนต่อความร้อนและถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าฉนวน PVC ปัจจุบันจึงมีการใช้ฉนวน XLPE เพิ่มมากขึ้น

### 2.2.3 เปลือก

เปลือกทำหน้าที่หุ้มแกนหรือหุ้มสายชั้นนอกสุด อาจจะมี 1 หรือ 2 ชั้นก็ได้ เพื่อป้องกันความเสียหายทางกายภาพที่อาจเกิดขึ้นในขณะติดตั้งหรือใช้งาน การเลือกใช้ชนิดของเปลือกจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในการติดตั้งวัสดุที่นิยมใช้ทำเป็นเปลือกมากที่สุด คือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Polyethylene (PE) ส่วนกรณีสายที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษก็อาจใช้วัสดุ เช่น Flame Retardant Polyvinyl Chloride (FR–PVC) หรือ Low Smoke Halogen Free (LSHF) ก็ได้

## 2.3 สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมหุ้มด้วยฉนวน PVC

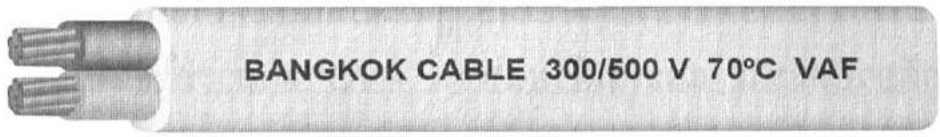
สายไฟฟ้าชนิดนี้จะมีตัวนำเป็นอะลูมิเนียมแบบตีเกลียวไม่อัดแน่นหรือแบบตีเกลียวอัดแน่น และหุ้มด้วยฉนวน PVC สามารถใช้ได้กับแรงดันไม่เกิน 750 V สายไฟฟ้าชนิดนี้จะเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 293–2541

สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมหุ้มด้วยฉนวน PVC สามารถใช้งานในระบบจำหน่ายแรงดันต่ำ เดินภายนอกอาคารเป็นสายประธาน (Main) หรือสายป้อน (Feeder) โดยจะใช้เดินในอากาศเหนือพื้นดิน ทางการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ใช้สายชนิดนี้เป็นสายประธานแรงต่ำ เดินมาจากหม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformers) พาดบนลูกถ้วยตามเสาไฟฟ้าหรือใต้ชายคาบ้านหรือตึกแถว เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ สายชนิดนี้มีราคาถูกและรับแรงดึงได้พอควร

รูปที่ 2.1 สายอะลูมิเนียมหุ้มด้วยฉนวน PVC

## 2.4 สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC

เนื่องจากทองแดง มีคุณสมบัติข้อดีที่เหนือกว่าอะลูมิเนียมหลายประการด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูงกว่า การตัดต่อก็ทำได้ง่ายกว่า จึงนิยมใช้สายไฟฟ้าชนิดนี้กันมาก สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC มีมากมายหลายชนิดแต่ละชนิดก็เหมาะกับงานแต่ละแบบ ทำให้สามารถใช้สายไฟฟ้าชนิดนี้กับงานได้กว้างขวางมากตั้งแต่เป็นสายเชื่อมต่อวงจรเล็กๆ จนกระทั่งเป็นสายประธานหรือสายป้อน ในที่นี้จึงจะขอกล่าวถึงสายไฟฟ้าตาม มอก. 11–2553 โดยจะกล่าวถึงสายไฟฟ้าที่ใช้งานในการเดินสายถาวร ที่ใช้กันโดยทั่วๆ ไป ดูรายละเอียดต่อได้บทที่ 3




รูปที่ 2.2 สายทองแดงหุ้มฉนวน PVC

## 2.5 สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน XLPE

สายไฟฟ้าชนิดนี้ ทำตามมาตรฐาน มอก.2143–2546 ( IEC 60502 – 1) มีฉนวน และเปลือก แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 0.6 / 1 kV มีจำนวนแกน 1 – 4 แกน เนื่องจาก ฉนวน XLPE สามารถทนความร้อนได้ 90 °C จึงนำกระแสได้สูงกว่าสายหุ้มฉนวน PVC มักนิยมใช้เป็น สาย Feeder, Main

**การใช้งาน**

- ใช้งานทั่วไป
- ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
- เดินบน Cable Trays
- การติดตั้งในอาคารต้องเดินในที่ปิดมิดชิด ยกเว้น เปลือกนอก ของสายมีคุณสมบัติต้านทานการลุกไหม้ (Flame retardant) IEC 60332 – 3 Category C ต้องคำนึงถึงพิกัดกระแส และ อุณหภูมิ ของอุปกรณ์ที่จะนำไปใช้ประกอบร่วมกับสายให้มีความสัมพันธ์กันด้วย

รูปที่ 2.3 สาย XLPE

# 0.6/1 kV CV

1 CORE – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction**

1. Conductor : Circular stranded or Circular compacted stranded annealed copper
2. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE), Natural colour
3. Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour

**Reference Standard :**
IEC 60502-1
—

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 1000 V |
| AC test voltage | : 3,500 V |

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Thickness of Inner sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. conduction resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | |
| 1.5 | 7 | 1.53 | 0.7 | 1.4 | 6.5 | 12.1 | 2,550 | 50 |
| 2.5 | 7 | 1.98 | 0.7 | 1.4 | 7.0 | 7.41 | 2,100 | 60 |
| 4 | 7 | 2.49 | 0.7 | 1.4 | 7.5 | 4.61 | 1,700 | 80 |
| 6 | 7 | 3.09 | 0.7 | 1.4 | 8.0 | 3.08 | 1,450 | 100 |
| 10 | 6 | 3.72 | 0.7 | 1.4 | 8.5 | 1.83 | 1,250 | 150 |
| 16 | 6 | 4.69 | 0.7 | 1.4 | 9.5 | 1.15 | 1,000 | 210 |
| 25 | 6 | 5.90 | 0.9 | 1.4 | 11.5 | 0.727 | 1,050 | 320 |
| 35 | 6 | 6.95 | 0.9 | 1.4 | 12.5 | 0.524 | 900 | 420 |
| 50 | 6 | 8.33 | 1.0 | 1.4 | 14.0 | 0.387 | 850 | 560 |
| 70 | 12 | 9.73 | 1.1 | 1.4 | 15.5 | 0.268 | 800 | 770 |
| 95 | 15 | 11.43 | 1.1 | 1.5 | 17.5 | 0.193 | 700 | 1,050 |
| 120 | 18 | 12.95 | 1.2 | 1.5 | 19.5 | 0.153 | 650 | 1,300 |
| 150 | 18 | 14.27 | 1.4 | 1.6 | 21.5 | 0.124 | 700 | 1,600 |
| 185 | 30 | 15.98 | 1.6 | 1.6 | 23.5 | 0.0991 | 700 | 2,000 |
| 240 | 34 | 18.47 | 1.7 | 1.7 | 26.5 | 0.0754 | 650 | 2,600 |
| 300 | 34 | 20.68 | 1.8 | 1.8 | 29.0 | 0.0601 | 600 | 3,230 |
| 400 | 53 | 23.39 | 2.0 | 1.9 | 32.5 | 0.0470 | 600 | 4,100 |
| 500 | 53 | 26.67 | 2.2 | 2.0 | 36.5 | 0.0366 | 600 | 5,260 |
| 630 | 53 | 30.22 | 2.4 | 2.2 | 41.0 | 0.0283 | 550 | 6,780 |
| 800 | 53 | 34.00 | 2.6 | 2.3 | 45.5 | 0.0221 | 550 | 8,630 |

# 0.6/1 kV CV

2 CORE – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction**

1. Conductor : Circular stranded or Circular compacted stranded annealed coppe
2. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) Colour code : Light Blue, Brown
3. Filler : Polypropylene (Non-hygroscopic material)
4. Binding tape : Polyester tape and/or Spunbond tape
5. Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour

**Reference Standard :**
IEC 60502-1

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 1000 V |
| AC test voltage | : 3,500 V |

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Thickness of Inner sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. conduction resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | |
| 1.5 | 7 | 1.53 | 0.7 | 1.8 | 10.5 | 12.1 | 2,550 | 120 |
| 2.5 | 7 | 1.98 | 0.7 | 1.8 | 11.5 | 7.41 | 2,100 | 160 |
| 4 | 7 | 2.49 | 0.7 | 1.8 | 12.5 | 4.61 | 1,700 | 210 |
| 6 | 7 | 3.09 | 0.7 | 1.8 | 14.0 | 3.08 | 1,450 | 270 |
| 10 | 6 | 3.72 | 0.7 | 1.8 | 15.0 | 1.83 | 1,250 | 370 |
| 16 | 6 | 4.69 | 0.7 | 1.8 | 17.0 | 1.15 | 1,000 | 520 |
| 25 | 6 | 5.90 | 0.9 | 1.8 | 20.5 | 0.727 | 1,050 | 770 |
| 35 | 6 | 6.95 | 0.9 | 1.8 | 22.5 | 0.524 | 900 | 1,020 |
| 50 | 6 | 8.33 | 1.0 | 1.8 | 26.0 | 0.387 | 850 | 1,360 |
| 70 | 12 | 9.73 | 1.1 | 1.8 | 29.0 | 0.268 | 800 | 1,860 |
| 95 | 15 | 11.43 | 1.1 | 1.9 | 33.0 | 0.193 | 700 | 2,500 |
| 120 | 18 | 12.95 | 1.2 | 2.0 | 36.5 | 0.153 | 650 | 3,130 |
| 150 | 18 | 14.27 | 1.4 | 2.1 | 40.5 | 0.124 | 700 | 3,850 |
| 185 | 30 | 15.98 | 1.6 | 2.3 | 45.0 | 0.0991 | 700 | 4,820 |
| 240 | 34 | 18.47 | 1.7 | 2.5 | 51.0 | 0.0754 | 650 | 6,280 |
| 300 | 34 | 20.68 | 1.8 | 2.6 | 56.0 | 0.0601 | 600 | 7,770 |
| 400 | 53 | 23.39 | 2.0 | 2.9 | 63.5 | 0.0470 | 600 | 9,900 |

# 0.6/1 kV CV

3 CORE – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction**

1. Conductor : Circular stranded or Circular compacted stranded annealed copper
2. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) Colour code : Brown, Black, Grey
3. Filler : Polypropylene (Non-hygroscopic material)
4. BIndIng tape : Polyester tape and/or Spunbond tape
5. Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour

**Reference Standard :**
IEC 60502-1

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 1000 V |
| AC test voltage | : 3,500 V |

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Thickness of Inner sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. conduction resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area $mm^2$ | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | |
| 1.5 | 7 | 1.53 | 0.7 | 1.8 | 11.0 | 12.1 | 2,550 | 150 |
| 2.5 | 7 | 1.98 | 0.7 | 1.8 | 12.0 | 7.41 | 2,100 | 190 |
| 4 | 7 | 2.49 | 0.7 | 1.8 | 13.5 | 4.61 | 1,700 | 250 |
| 6 | 7 | 3.09 | 0.7 | 1.8 | 14.5 | 3.08 | 1,450 | 330 |
| 10 | 6 | 3.72 | 0.7 | 1.8 | 16.0 | 1.83 | 1,250 | 470 |
| 16 | 6 | 4.69 | 0.7 | 1.8 | 18.0 | 1.15 | 1,000 | 680 |
| 25 | 6 | 5.90 | 0.9 | 1.8 | 21.5 | 0.727 | 1,050 | 1,040 |
| 35 | 6 | 6.95 | 0.9 | 1.8 | 24.0 | 0.524 | 900 | 1,390 |
| 50 | 6 | 8.33 | 1.0 | 1.8 | 27.5 | 0.387 | 850 | 1,840 |
| 70 | 12 | 9.73 | 1.1 | 1.9 | 31.5 | 0.268 | 800 | 2,560 |
| 95 | 15 | 11.43 | 1.1 | 2.0 | 35.5 | 0.193 | 700 | 3,460 |
| 120 | 18 | 12.95 | 1.2 | 2.1 | 39.5 | 0.153 | 650 | 4,330 |
| 150 | 18 | 14.27 | 1.4 | 2.2 | 43.5 | 0.124 | 700 | 5,340 |
| 185 | 30 | 15.98 | 1.6 | 2.4 | 48.5 | 0.0991 | 700 | 6,680 |
| 240 | 34 | 18.47 | 1.7 | 2.6 | 55.0 | 0.0754 | 650 | 8,700 |
| 300 | 34 | 20.68 | 1.8 | 2.7 | 60.5 | 0.0601 | 600 | 10,800 |
| 400 | 53 | 23.39 | 2.0 | 3.0 | 68.0 | 0.0470 | 600 | 13,780 |

# 0.6/1 kV CV

4 CORE – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction**

1. Conductor : Circular stranded or Circular compacted stranded annealed copper
2. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) Colour code : Light Blue, Brown, Black, Grey
3. Filler : Polypropylene (Non-hygroscopic material)
4. Blndlng tape : Polyester tape and/or Spunbond tape
5. Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour

**Reference Standard :**
IEC 60502-1

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 1000 V |
| AC test voltage | : 3,500 V |

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Thickness of Inner sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. conduction resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area $mm^2$ | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | |
| 1.5 | 7 | 1.53 | 0.7 | 1.8 | 12.0 | 12.1 | 2,550 | 180 |
| 2.5 | 7 | 1.98 | 0.7 | 1.8 | 13.0 | 7.41 | 2,100 | 230 |
| 4 | 7 | 2.49 | 0.7 | 1.8 | 14.5 | 4.61 | 1,700 | 310 |
| 6 | 7 | 3.09 | 0.7 | 1.8 | 16.0 | 3.08 | 1,450 | 410 |
| 10 | 6 | 3.72 | 0.7 | 1.8 | 17.5 | 1.83 | 1,250 | 600 |
| 16 | 6 | 4.69 | 0.7 | 1.8 | 19.5 | 1.15 | 1,000 | 870 |
| 25 | 6 | 5.90 | 0.9 | 1.8 | 23.5 | 0.727 | 1,050 | 1,330 |
| 35 | 6 | 6.95 | 0.9 | 1.8 | 26.5 | 0.524 | 900 | 1,780 |
| 50 | 6 | 8.33 | 1.0 | 1.8 | 30.5 | 0.387 | 850 | 2,370 |
| 70 | 12 | 9.73 | 1.1 | 2.0 | 35.0 | 0.268 | 800 | 3,330 |
| 95 | 15 | 11.43 | 1.1 | 2.1 | 39.0 | 0.193 | 700 | 4,500 |
| 120 | 18 | 12.95 | 1.2 | 2.3 | 44.0 | 0.153 | 650 | 5,670 |
| 150 | 18 | 14.27 | 1.4 | 2.4 | 48.5 | 0.124 | 700 | 6,980 |
| 185 | 30 | 15.98 | 1.6 | 2.6 | 54.0 | 0.0991 | 700 | 8,740 |
| 240 | 34 | 18.47 | 1.7 | 2.8 | 61.0 | 0.0754 | 650 | 11,390 |
| 300 | 34 | 20.68 | 1.8 | 3.0 | 67.5 | 0.0601 | 600 | 14,160 |
| 400 | 53 | 23.39 | 2.0 | 3.3 | 76.0 | 0.0470 | 600 | 18,050 |

# บทที่ 3 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำตาม มอก. 11–2553

## 3.1 บทนำ

สายไฟฟ้าถือเป็นวัสดุที่สำคัญมากในระบบไฟฟ้าและระบบที่ใช้ไฟฟ้าในการทำงาน มาตรฐานสายไฟมีมานานตามมอก. 11–2518 เช่น สายTW 60 °C, สาย THW 75 °C จึงได้เปลี่ยนเป็น มอก. 11 – 2531 มีทั้งหมด 17 ตาราง และต่อมาได้ปรับปรุงเป็น มาตรฐานสายไฟฟ้าใหม่ คือ มอก. 11 – 2553 เนื่องจากขณะนี้ประเทศไทยได้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC มากขึ้น ดังนั้นทางกระทรวงอุตสาหกรรมได้ปรับปรุงมาตรฐานสายไฟฟ้าใหม่ให้เป็นตามมาตรฐาน IEC 60227 มาตรฐานใหม่นี้ จะมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 31 กรกฎาคม 2556

## 3.2 มอก. 11–2553

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450 / 750 โวลต์ มี 6 เล่มด้วยกัน

- เล่ม 1 ข้อกำหนดทั่วไป
- เล่ม 2 วิธีทดสอบ
- เล่ม 3 สายไฟฟ้าไม่มีเปลือก สำหรับงานติดตั้งยึดกับที่
- เล่ม 4 สายไฟฟ้ามีเปลือก สำหรับงานติดตั้งยึดกับที่
- เล่ม 5 สายอ่อน
- เล่ม 101 สายไฟฟ้ามีเปลือก สำหรับงานทั่วไป

## 3.3 เล่มที่ 1 ข้อกำหนดทั่วไป

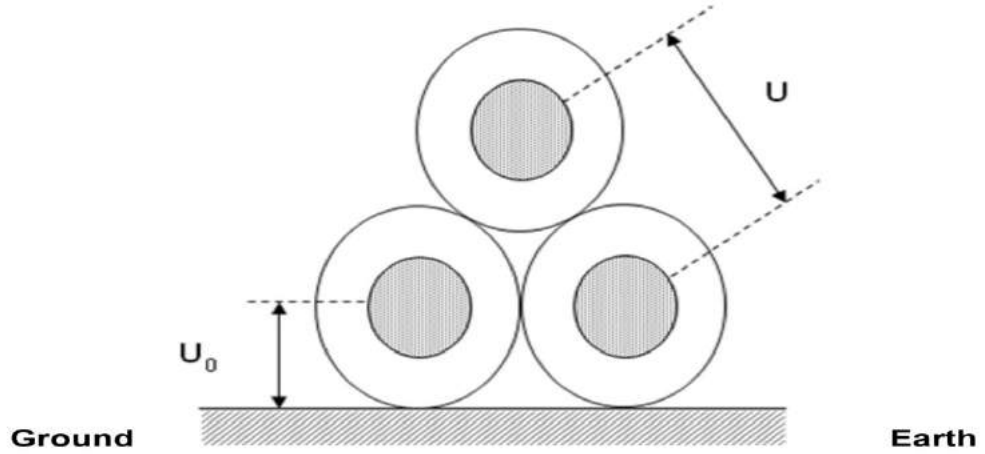
### 3.3.1 แรงดันไฟฟ้า

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/ 750 โวลต์

กำหนดให้ เป็น $U_o / U$

$U_o$ = แรงดัน RMS ระหว่าง ตัวนำ กับ ดิน

$U$ = แรงดัน RMS ระหว่าง ตัวนำ กับ ตัวนำ




Ground Earth

**ตัวอย่างแรงดัน**

แรงดัน 450 / 750 V

450 x √3 = 779 V

= 750 V

แรงดัน 300 / 500 V

300 x √3 = 520 V

= 500 V

### 3.3.2 สีฉนวน

- สายแกนเดียว ไม่กำหนด
- สาย 2 แกน สีฟ้าและสีน้ำตาล
- สาย 3 แกน สีเขียวแถบเหลือง, สีฟ้า, สีน้ำตาลหรือ สีน้ำตาล, สีดำ, สีเทา
- สาย 4 แกน สีเขียวแถบเหลือง, สีน้ำตาล, สีดำ, สีเทาหรือ สีฟ้า, สีน้ำตาล, สีดำ, สีเทา
- สาย 5 แกน สีเขียวแถบเหลือง, สีฟ้า, สีน้ำตาล, สีดำ, สีเทา หรือ สีฟ้า, สีน้ำตาล, สีดำ, สีเทา, สีดำ

ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย

- สาย สีเขียวแถบเหลือง สายดิน
- สาย สีฟ้า สาย Neutral
- สาย สีน้ำตาล สายเฟส 1 (A)
- สาย สีดำ สายเฟส 2 (B)
- สาย สีเทา สายเฟส 3 (C)

### 3.3.3 การกำหนดรหัส

**3.3.3.1** การกำหนดรหัส ชนิดของสายไฟฟ้าใช้หมายเลข 2 ตัว
หมายเลข แรก เป็นการระบุขั้นพื้นฐานของสายไฟฟ้า
หมายเลข สอง เป็นการระบุแบบเฉพาะชั้นและแบบของสายไฟฟ้า

**3.3.3.2** ชั้นและแบบของสายไฟฟ้าเป็นดังนี้

**0 สายไฟฟ้าไม่มีเปลือกนอก สำหรับงานติดตั้งยึดกับที่**

01 สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวไม่มีเปลือก ชนิดตัวนำสายแข็ง สำหรับงานทั่วไป (60227 IEC 01)

02 สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวไม่มีเปลือก ชนิดตัวนำสายอ่อน (Flexible Conductor) สำหรับงานทั่วไป(60227 IEC 02)

05 สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวไม่มีเปลือกนอก ชนิดตัวนำเส้นเดี่ยวสำหรับงานเดินสายไฟฟ้าภายใน ที่อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส (60227 IEC 05)

06 สายไฟฟ้าเดี่ยวไม่มีเปลือก ชนิดตัวนำสายอ่อน สำหรับงานเดินสายไฟฟ้าภายใน ที่อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส (60227 IEC 06)

07 สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวไม่มีเปลือก ชนิดตัวนำเส้นเดี่ยว สำหรับงานเดินสายไฟฟ้าภายใน ที่อุณหภูมิของตัวนำ 90 องศาเซลเซียส (60227 IEC 07)

08 สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวไม่มีเปลือก ชนิดตัวนำสายอ่อน สำหรับงานเดินสายไฟฟ้าภายใน ที่อุณหภูมิของตัวนำ 90 องศาเซลเซียส (60227 IEC 08)

**1 สายไฟฟ้ามีเปลือกสำหรับงานติดตั้งยึดกับที่**

10 สายไฟฟ้ามีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์เบา (60227 IEC 10)

**4 สายไฟฟ้าอ่อน (Flexible cable) ไม่มีเปลือกสำหรับการใช้งานเบา**

41 สายอ่อนทินเซลแบน (60227 IEC 41)

43 สายอ่อนสำหรับไฟฟ้าประดับตกแต่งภายใน (60227 IEC 43)

**5 สายไฟฟ้าอ่อน (Flexible cable) มีเปลือกสำหรับการใช้งานปกติ**

52 สายอ่อนมีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์เบา (60227 IEC 52)

53 สายอ่อนมีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์ธรรมดา (60227 IEC 53)

**7 สายไฟฟ้าอ่อน (Flexible cable) มีเปลือกสำหรับการใช้งานพิเศษ**

71c สายลิฟต์กลมมีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์ และสายสำหรับการเชื่อมต่อแบบอ่อนตัวได้ (60227 IEC 71c)

71f สายลิฟต์แบนมีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์ และสายสำหรับการเชื่อมต่อแบบอ่อนตัวได้ (60227 IEC 71f)

## 3.4 สายไฟฟ้าตาม มอก. 11–2553 ที่นิยมใช้งานคือ

### 3.4.1 60227 IEC 01

60227 IEC 01 คือ สายไฟฟ้าแกนเดียว ไม่มีเปลือก ชนิดตัวนำสายแข็งสำหรับงานทั่วไป

รหัส 60227 IEC 01

แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 450 / 750 V

คล้ายสายไฟฟ้า ตารางที่ 4 มอก. 11 – 2531 หรือเรียกทั่วไปว่า

สาย THW

มีขนาด 1.5 $mm^2$ ถึง 400 $mm^2$

**การใช้งาน**

- ใช้งานทั่วไป
- เดินในช่องเดินสาย และต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย
- ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
- ห้ามเดินบน Cable Trays

รูปที่ 3.1 สาย 60227 IEC01

### 3.4.2 สาย VAF

สาย VAF คือ สายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนและเปลือก มี 2 แบบ คือ สายแบน 2 แกน และ 2 แกน มีสายดิน

รหัสชนิด กรณีไม่มีสายดิน VAF

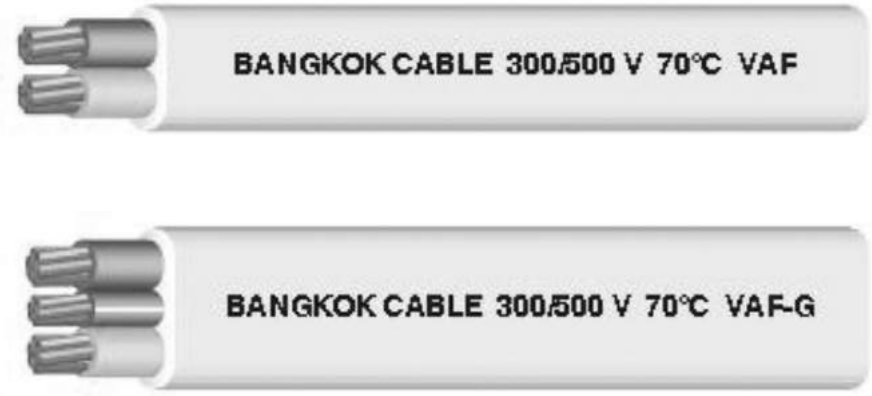
กรณีมีสายดิน VAF – G หรือ VAF/ G

แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 300 / 500 V

มีขนาด 1 $mm^2$ ถึง 16 $mm^2$

**การใช้งาน**

- ใช้เดินเกาะผนัง
- เดินในช่องเดินสาย
- ห้ามร้อยท่อ
- ห้ามฝังดิน




รูปที่ 3.2 สาย VAF

### 3.4.3 สาย NYY

สาย NYY คือ สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน มีเปลือกในและเปลือกนอก

| | |
|---|---|
| รหัสชนิด | กรณีไม่มีสายดิน NYY |
| กรณีมีสายดิน | NYY – G |
| แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด | 450/ 750 V |
| NYY แกนเดี่ยว | มีขนาด 1 $mm^2$ – 500 $mm^2$ |
| NYY หลายแกน | มีขนาด 50 $mm^2$ – 300 $mm^2$ |
| NYY หลายแกนมีสายดิน | มีขนาด 25 $mm^2$ – 300 $mm^2$ |

**การใช้งาน**

- ใช้งานทั่วไป
- ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
- เดินบน Cable Trays

รูปที่ 3.3 สาย NYY

### 3.4.4 สาย 60227 IEC 10

สาย 60227 IEC 10 คือ สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน มีเปลือกในและเปลือกนอก

รหัสชนิด กรณีไม่มีสายดิน/มีสายดิน 60227 IEC 10

แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 300/ 500 V

60227 IEC 10 หลายแกน มีขนาด 1.5 $mm^2$ – 35 $mm^2$

60227 IEC 10 หลายแกนมีสายดิน มีขนาด 1.5 $mm^2$ – 35 $mm^2$

**การใช้งาน**

- ใช้งานทั่วไป
- เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย
- เดินบน Cable Trays
- ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

รูปที่ 3.4 สาย 60227 IEC 10

## 3.5 สายตามมอก. 11-2553

# 450/750 V70°C 60227 IEC 01 (THW)

SINGLE CORE NON-SHEATHED CABLE WITH RIGID CONDUCTOR

**Construction**

1. Conductor : Solid or circular stranded annealed copper
2. Insulation : Polyvinyl chloride (PVC) Black, Light Blue, Brown, Grey, Green/Yellow or other colours

**Reference Standard :**
TIS 11 Part 3-2553

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 70°C |
| Rated voltage | : 450/750 V |
| AC test voltage | : 2,500 V |

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm | Overall diameter | | Insulation resistance at 70°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | Lower limit mm | Upper limit mm | | |
| 1.5 | 1 | 1.36 | 0.7 | 2.6 | 3.2 | 0.0110 | 21 |
| 1.5 | 7 | 1.53 | 0.7 | 2.7 | 3.3 | 0.0100 | 22 |
| 2.5 | 1 | 1.75 | 0.8 | 3.2 | 3.9 | 0.0100 | 33 |
| 2.5 | 7 | 1.98 | 0.8 | 3.3 | 4.0 | 0.0090 | 34 |
| 4 | 1 | 2.21 | 0.8 | 3.6 | 4.4 | 0.0085 | 48 |
| 4 | 7 | 2.49 | 0.8 | 3.8 | 4.6 | 0.0077 | 50 |
| 6 | 1 | 2.70 | 0.8 | 4.1 | 5.0 | 0.0070 | 68 |
| 6 | 7 | 3.09 | 0.8 | 4.3 | 5.2 | 0.0065 | 72 |
| 10 | 1 | 3.50 | 1.0 | 5.3 | 6.4 | 0.0070 | 110 |
| 10 | 7 | 3.99 | 1.0 | 5.6 | 6.7 | 0.0065 | 120 |
| 16 | 7 | 5.01 | 1.0 | 6.4 | 7.8 | 0.0050 | 180 |
| 25 | 7 | 6.30 | 1.2 | 8.1 | 9.7 | 0.0050 | 280 |
| 35 | 7 | 7.55 | 1.2 | 9.0 | 10.9 | 0.0043 | 380 |
| 50 | 19 | 8.75 | 1.4 | 10.6 | 12.8 | 0.0043 | 510 |
| 70 | 19 | 10.50 | 1.4 | 12.1 | 14.6 | 0.0035 | 720 |
| 95 | 19 | 12.35 | 1.6 | 14.1 | 17.1 | 0.0035 | 990 |
| 120 | 37 | 13.93 | 1.6 | 15.6 | 18.8 | 0.0032 | 1,220 |
| 150 | 37 | 15.47 | 1.8 | 17.3 | 20.9 | 0.0032 | 1,510 |
| 185 | 37 | 17.29 | 2.0 | 19.3 | 23.3 | 0.0032 | 1,880 |
| 240 | 37 | 19.89 | 2.2 | 22.0 | 26.6 | 0.0032 | 2,470 |
| 300 | 61 | 22.23 | 2.4 | 24.5 | 29.6 | 0.0030 | 3,080 |
| 400 | 61 | 25.20 | 2.6 | 27.5 | 33.2 | 0.0028 | 3,930 |

# 300/500 V70°C VAF

2 CORES PVC INSULATED AND SHEATHED CABLE FLAT TYPE

**Construction**

1. Conductor : Solid or circular stranded annealed copper
2. Insulation : Polyvinyl chloride (PVC)
   Colour code : Light Blue, Brown
3. Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), White colour

**Reference Standard :**
TIS 11 Part 101-2553

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 70°C |
| Rated voltage | : 300/500 V |
| AC test voltage | : 2,000 V |

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm | Thickness of sheath mm | Overall diameter | | Insulation resistance at 70°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/m (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area $mm^2$ | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | Lower limit mm | Upper limit mm | | |
| 1 | 1 | 1.11 | 0.6 | 0.9 | 4.0 x 6.2 | 4.7 x 7.4 | 0.0110 | 50 |
| 1.5 | 1 | 1.36 | 0.7 | 0.9 | 4.4 x 7.0 | 5.4 x 8.4 | 0.0110 | 67 |
| 2.5 | 1 | 1.75 | 0.8 | 1.0 | 5.2 x 8.4 | 6.2 x 9.8 | 0.0100 | 100 |
| 4 | 7 | 2.49 | 0.8 | 1.1 | 5.6 x 9.6 | 7.2 x 11.5 | 0.0077 | 150 |
| 6 | 7 | 3.09 | 0.8 | 1.1 | 6.4 x 10.5 | 8.0 x 13.0 | 0.0065 | 200 |
| 10 | 7 | 3.99 | 1.0 | 1.2 | 7.8 x 13.0 | 9.6 x 16.0 | 0.0065 | 320 |
| 16 | 7 | 5.01 | 1.0 | 1.3 | 9.0 x 15.5 | 11.0 x 18.5 | 0.0052 | 460 |

# 300/500 V70°C VAF-G

2 CORES PVC INSULATED AND SHEATHED CABLE FLAT TYPE WITH GROUND

**Construction**

1. Conductor : Solid or circular stranded annealed copper
2. Insulation : Polyvinyl chloride (PVC)
   Colour code : Phase - Light Blue, Brown
   : Ground - Green/ Yellow
3. Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), White colour

**Reference Standard :**
TIS 11 Part 101-2553

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 70°C |
| Rated voltage | : 300/500 V |
| AC test voltage | : 2,000 V |

| Conductor | | | | | | Thickness of Insulation mm | | Thickness of sheath mm | Overall diameter | | Insulation resistance at 70°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | | No. of wires (Min.) | | Diameter mm (Approx.) | | | | | Lower limit mm | Upper limit mm | | |
| Phase | Ground | Phase | Ground | Phase | Ground | Phase | Ground | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1.11 | 1.11 | 0.6 | 0.6 | 0.9 | 4.0x8.4 | 4.7x9.8 | 0.0110 | 73 |
| 1.5 | 1.5 | 1 | 1 | 1.36 | 1.36 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 4.4x9.8 | 5.4x11.5 | 0.0110 | 100 |
| 2.5 | 2.5 | 1 | 1 | 1.75 | 1.75 | 0.8 | 0.8 | 1.0 | 5.2x11.5 | 6.2x13.5 | 0.0100 | 150 |
| 4 | 4 | 7 | 7 | 2.49 | 2.49 | 0.8 | 0.8 | 1.1 | 5.8x13.4 | 7.4x16.5 | 0.0077 | 210 |
| 6 | 6 | 7 | 7 | 3.09 | 3.09 | 0.8 | 0.8 | 1.1 | 6.4x15.0 | 8.0x18.0 | 0.0065 | 300 |
| 10 | 10 | 7 | 7 | 3.99 | 3.99 | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 7.8x19.0 | 9.6x22.5 | 0.0065 | 480 |
| 16 | 16 | 7 | 7 | 5.01 | 5.01 | 1.0 | 1.0 | 1.3 | 9.0x22.0 | 11.0x26.5 | 0.0052 | 690 |

# 450/750 V70°C NYY

1 CORES – PVC INSULATED AND SHEATHED CABLE, ROUND TYPE

**Construction**

1. Conductor : Solid or circular stranded annealed copper
2. Insulation : Polyvinyl chloride (PVC), Black coluor
3. Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour

**Reference Standard :**
TIS 11 Part 101-2553

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 70°C |
| Rated voltage | : 450/750 V |
| AC test voltage | : 2,500 V |

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm | Thickness of sheath mm | Overall diameter mm (Approx.) | Insulation resistance at 70°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | |
| 1 | 1 | 1.11 | 1.5 | 1.8 | 8.6 | 0.0207 | 82 |
| 1 | 7 | 1.26 | 1.5 | 1.8 | 8.8 | 0.0200 | 85 |
| 1.5 | 1 | 1.36 | 1.5 | 1.8 | 9.0 | 0.0184 | 90 |
| 1.5 | 7 | 1.53 | 1.5 | 1.8 | 9.2 | 0.0175 | 94 |
| 2.5 | 1 | 1.75 | 1.5 | 1.8 | 9.4 | 0.0157 | 105 |
| 2.5 | 7 | 1.98 | 1.5 | 1.8 | 9.8 | 0.0146 | 110 |
| 4 | 1 | 2.21 | 1.5 | 1.8 | 10.0 | 0.0135 | 130 |
| 4 | 7 | 2.49 | 1.5 | 1.8 | 10.5 | 0.0124 | 130 |
| 6 | 7 | 3.09 | 1.5 | 1.8 | 11.0 | 0.0107 | 160 |
| 10 | 7 | 3.99 | 1.5 | 1.8 | 12.0 | 0.0088 | 220 |
| 16 | 7 | 5.01 | 1.5 | 1.8 | 13.0 | 0.0074 | 290 |
| 25 | 7 | 6.30 | 1.5 | 1.8 | 14.5 | 0.0061 | 400 |
| 35 | 7 | 7.55 | 1.5 | 1.8 | 16.0 | 0.0053 | 510 |
| 50 | 19 | 8.75 | 1.5 | 1.8 | 17.0 | 0.0046 | 650 |
| 70 | 19 | 10.50 | 1.5 | 1.8 | 19.0 | 0.0039 | 870 |
| 95 | 19 | 12.35 | 1.7 | 1.8 | 21.5 | 0.0038 | 1,170 |
| 120 | 37 | 13.93 | 1.7 | 1.8 | 23.0 | 0.0034 | 1,430 |
| 150 | 37 | 15.47 | 1.9 | 2.0 | 26.0 | 0.0034 | 1,760 |
| 185 | 37 | 17.29 | 2.1 | 2.0 | 28.0 | 0.0034 | 2,170 |
| 240 | 37 | 19.89 | 2.3 | 2.2 | 31.5 | 0.0033 | 2,830 |
| 300 | 61 | 22.23 | 2.5 | 2.2 | 35.0 | 0.0032 | 3,480 |
| 400 | 61 | 25.20 | 2.7 | 2.2 | 38.5 | 0.0030 | 4,400 |
| 500 | 61 | 28.53 | 3.1 | 2.4 | 43.0 | 0.0031 | 5,630 |

# 450/750 V70°C NYY

2 CORES – PVC INSULATED AND SHEATHED CABLE, ROUND TYPE

**Construction**

1. Conductor : Circular stranded annealed copper
2. Insulation : Polyvinyl chloride (PVC)
   Colour code : Light Blue, Brown
3. Inner Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour
4. Outer Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour

**Reference Standard :**
TIS 11 Part 101-2553

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 70°C |
| Rated voltage | : 450/750 V |
| AC test voltage | : 2,500 V |

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm | Thickness of Inner sheath mm (Approx.) | Thickness of outer sheath mm | Overall diameter mm (Approx.) | Insulation resistance at 70°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | |
| 50 | 19 | 8.75 | 1.5 | 1.2 | 2.2 | 33.5 | 0.0046 | 1,850 |
| 70 | 19 | 10.50 | 1.5 | 1.5 | 2.2 | 38.0 | 0.0039 | 2,500 |
| 95 | 19 | 12.35 | 1.7 | 1.5 | 2.2 | 42.5 | 0.0038 | 3,300 |
| 120 | 37 | 13.93 | 1.7 | 1.5 | 2.4 | 46.5 | 0.0034 | 4,010 |
| 150 | 37 | 15.47 | 1.9 | 1.8 | 2.6 | 52.0 | 0.0034 | 4,970 |
| 185 | 37 | 17.29 | 2.1 | 1.8 | 2.8 | 57.0 | 0.0034 | 6,110 |
| 240 | 37 | 19.89 | 2.3 | 2.0 | 3.0 | 64.0 | 0.0033 | 7,900 |
| 300 | 61 | 22.23 | 2.5 | 2.0 | 3.2 | 70.5 | 0.0032 | 9,690 |

# 450/750 V70°C NYY

## 3 CORES – PVC INSULATED AND DOUBLE SHEATHED CABLE, ROUND TYPE

**Construction**

1. Conductor : Circular stranded annealed copper
2. Insulation : Polyvinyl chloride (PVC)
   Colour code : Brown, Black, Grey
3. Inner Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour
4. Outer Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour

**Reference Standard :**
TIS 11 Part 101-2553

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 70°C |
| Rated voltage | : 450/750 V |
| AC test voltage | : 2,500 V |

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm | Thickness of Inner sheath mm (Approx.) | Thickness of outer sheath mm | Overall diameter mm (Approx.) | Insulation resistance at 70°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | |
| 50 | 19 | 8.75 | 1.5 | 1.5 | 2.2 | 36.0 | 0.0046 | 2,410 |
| 70 | 19 | 10.50 | 1.5 | 1.5 | 2.2 | 40.5 | 0.0039 | 3,200 |
| 95 | 19 | 12.35 | 1.7 | 1.5 | 2.4 | 46.0 | 0.0038 | 4,300 |
| 120 | 37 | 13.93 | 1.7 | 1.8 | 2.6 | 50.5 | 0.0034 | 5,320 |
| 150 | 37 | 15.47 | 1.9 | 1.8 | 2.8 | 56.0 | 0.0034 | 6,490 |
| 185 | 37 | 17.29 | 2.1 | 2.0 | 3.0 | 61.5 | 0.0034 | 8,060 |
| 240 | 37 | 19.89 | 2.3 | 2.0 | 3.2 | 69.0 | 0.0033 | 10,360 |
| 300 | 61 | 22.23 | 2.5 | 2.2 | 3.4 | 76.0 | 0.0032 | 12,810 |

# 450/750 V70°C NYY

4 CORES – PVC INSULATED AND SHEATHED CABLE, ROUND TYPE

**Construction**

1. Conductor : Circular stranded annealed copper
2. Insulation : Polyvinyl chloride (PVC)
   Colour code : Light Blue, Brown, Black, Grey
3. Inner Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour
4. Outer Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour

**Reference Standard :**
TIS 11 Part 101-2553

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 70°C |
| Rated voltage | : 450/750 V |
| AC test voltage | : 2,500 V |

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm | Thickness of Inner sheath mm (Approx.) | Thickness of outer sheath mm | Overall diameter mm (Approx.) | Insulation resistance at 70°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | |
| 50 | 19 | 8.75 | 1.5 | 1.5 | 2.2 | 39.5 | 0.0046 | 3,020 |
| 70 | 19 | 10.50 | 1.5 | 1.5 | 2.4 | 44.5 | 0.0039 | 4,090 |
| 95 | 19 | 12.35 | 1.7 | 1.8 | 2.6 | 51.5 | 0.0038 | 5,580 |
| 120 | 37 | 13.93 | 1.7 | 1.8 | 2.8 | 56.0 | 0.0034 | 6,800 |
| 150 | 37 | 15.47 | 1.9 | 2.0 | 3.0 | 62.0 | 0.0034 | 8,360 |
| 185 | 37 | 17.29 | 2.1 | 2.0 | 3.2 | 68.0 | 0.0034 | 10,310 |
| 240 | 37 | 19.89 | 2.3 | 2.2 | 3.4 | 76.5 | 0.0033 | 13,350 |
| 300 | 61 | 22.23 | 2.5 | 2.2 | 3.8 | 85.0 | 0.0032 | 16,500 |

# 300/500 V70°C 60227 IEC 10

## 2 CORES – LIGHT POLYVINYL CHLORIDE SHEATHED CABLE

**Construction**

1. Conductor : Solid or circular stranded annealed copper
2. Insulation : Polyvinyl chloride (PVC)
   Colour code : Light Blue, Brown
3. Inner Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour
4. Outer Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour

**Reference Standard :**
TIS 11 Part 4-2553

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 70°C |
| Rated voltage | : 300/500 V |
| AC test voltage | : 2,000 V |

| No. of core | Conductor | | | Thickness of Insulation mm | Thickness of Inner coveRing mm (Approx.) | Thickness of outer sheath mm | Overall diameter | | Insulation resistance at 70°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | Lower limit mm | Upper limit mm | | |
| 2 | 1.5 | 1 | 1.36 | 0.7 | 0.4 | 1.2 | 7.6 | 10.0 | 0.0110 | 120 |
| 2 | 1.5 | 7 | 1.53 | 0.7 | 0.4 | 1.2 | 7.8 | 10.5 | 0.0100 | 130 |
| 2 | 2.5 | 1 | 1.75 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 8.6 | 11.5 | 0.0100 | 160 |
| 2 | 2.5 | 7 | 1.98 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 9.0 | 12.0 | 0.0090 | 170 |
| 2 | 4 | 1 | 2.21 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 9.6 | 12.5 | 0.0085 | 210 |
| 2 | 4 | 7 | 2.49 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 10.0 | 13.0 | 0.0077 | 220 |
| 2 | 6 | 1 | 2.70 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 10.5 | 13.5 | 0.0070 | 260 |
| 2 | 6 | 7 | 3.09 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 11.0 | 14.0 | 0.0065 | 290 |
| 2 | 10 | 1 | 3.50 | 1.0 | 0.6 | 1.4 | 13.0 | 16.5 | 0.0070 | 430 |
| 2 | 10 | 7 | 3.99 | 1.0 | 0.6 | 1.4 | 13.5 | 17.5 | 0.0065 | 470 |
| 2 | 16 | 7 | 5.01 | 1.0 | 0.6 | 1.4 | 15.5 | 20.0 | 0.0052 | 650 |
| 2 | 25 | 7 | 6.30 | 1.2 | 0.8 | 1.4 | 18.5 | 24.0 | 0.0050 | 980 |
| 2 | 35 | 7 | 7.55 | 1.2 | 1.0 | 1.6 | 21.0 | 27.5 | 0.0044 | 1,310 |

# 300/500 V70°C 60227 IEC 10

## 3 CORES – LIGHT POLYVINYL CHLORIDE SHEATHED CABLE

**Construction**

1. Conductor : Solid or circular stranded annealed copper
2. Insulation : Polyvinyl chloride (PVC)
   Colour code : Brown, Black, Grey
   (Optional : Green/Yellow, Light Blue, Brown
3. Inner Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour
4. Outer Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour

**Reference Standard :**
TIS 11 Part 4-2553

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 70°C |
| Rated voltage | : 300/500 V |
| AC test voltage | : 2,000 V |

| No. of core | Conductor | | | Thickness of Insulation mm | Thickness of Inner coveRing mm (Approx.) | Thickness of outer sheath mm | Overall diameter | | Insulation resistance at 70°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | Lower limit mm | Upper limit mm | | |
| 3 | 1.5 | 1 | 1.36 | 0.7 | 0.4 | 1.2 | 8.0 | 10.5 | 0.0110 | 140 |
| 3 | 1.5 | 7 | 1.53 | 0.7 | 0.4 | 1.2 | 8.2 | 11.0 | 0.0100 | 150 |
| 3 | 2.5 | 1 | 1.75 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 9.2 | 12.0 | 0.0100 | 190 |
| 3 | 2.5 | 7 | 1.98 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 9.4 | 12.5 | 0.0090 | 210 |
| 3 | 4 | 1 | 2.21 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 10.0 | 13.0 | 0.0085 | 250 |
| 3 | 4 | 7 | 2.49 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 10.5 | 13.5 | 0.0077 | 270 |
| 3 | 6 | 1 | 2.70 | 0.8 | 0.4 | 1.4 | 11.5 | 14.5 | 0.0070 | 340 |
| 3 | 6 | 7 | 3.09 | 0.8 | 0.4 | 1.4 | 12.0 | 15.5 | 0.0065 | 370 |
| 3 | 10 | 1 | 3.50 | 1.0 | 0.6 | 1.4 | 14.0 | 17.5 | 0.0070 | 540 |
| 3 | 10 | 7 | 3.99 | 1.0 | 0.6 | 1.4 | 14.5 | 19.0 | 0.0065 | 590 |
| 3 | 16 | 7 | 5.01 | 1.0 | 0.8 | 1.4 | 16.5 | 21.5 | 0.0052 | 840 |
| 3 | 25 | 7 | 6.30 | 1.2 | 0.8 | 1.6 | 20.5 | 26.0 | 0.0050 | 1,270 |
| 3 | 35 | 7 | 7.55 | 1.2 | 1.0 | 1.6 | 22.0 | 29.0 | 0.0044 | 1,680 |

# 300/500 V70°C 60227 IEC 10

4 CORES – LIGHT POLYVINYL CHLORIDE SHEATHED CABLE

**Construction**

1. Conductor : Solid or circular stranded annealed copper
2. Insulation : Polyvinyl chloride (PVC)
   Colour code : Light Blue, Brown, Black, Grey
   (Optional : Green/Yellow, Brown, Black, Grey
3. Inner Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour
4. Outer Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour

**Reference Standard :**
TIS 11 Part 4-2553

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 70°C |
| Rated voltage | : 300/500 V |
| AC test voltage | : 2,000 V |

| No. of core | Conductor | | | Thickness of Insulation mm | Thickness of Inner coveRing mm (Approx.) | Thickness of outer sheath mm | Overall diameter | | Insulation resistance at 70°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | Lower limit mm | Upper limit mm | | |
| 4 | 1.5 | 1 | 1.36 | 0.7 | 0.4 | 1.2 | 8.6 | 11.5 | 0.0110 | 170 |
| 4 | 1.5 | 7 | 1.53 | 0.7 | 0.4 | 1.2 | 9.0 | 12.0 | 0.0100 | 180 |
| 4 | 2.5 | 1 | 1.75 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 10.0 | 13.0 | 0.0100 | 240 |
| 4 | 2.5 | 7 | 1.98 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 10.0 | 13.5 | 0.0090 | 250 |
| 4 | 4 | 1 | 2.21 | 0.8 | 0.4 | 1.4 | 11.5 | 14.5 | 0.0085 | 330 |
| 4 | 4 | 7 | 2.49 | 0.8 | 0.4 | 1.4 | 12.0 | 15.0 | 0.0077 | 350 |
| 4 | 6 | 1 | 2.70 | 0.8 | 0.6 | 1.4 | 12.5 | 16.0 | 0.0070 | 440 |
| 4 | 6 | 7 | 3.09 | 0.8 | 0.6 | 1.4 | 13.0 | 17.0 | 0.0065 | 480 |
| 4 | 10 | 1 | 3.50 | 1.0 | 0.6 | 1.4 | 15.5 | 19.0 | 0.0070 | 670 |
| 4 | 10 | 7 | 3.99 | 1.0 | 0.6 | 1.4 | 16.0 | 20.5 | 0.0065 | 740 |
| 4 | 16 | 7 | 5.01 | 1.0 | 0.8 | 1.4 | 18.0 | 23.5 | 0.0052 | 1,060 |
| 4 | 25 | 7 | 6.30 | 1.2 | 1.0 | 1.6 | 22.5 | 28.5 | 0.0050 | 1,640 |
| 4 | 35 | 7 | 7.55 | 1.2 | 1.0 | 1.6 | 24.5 | 32.0 | 0.0044 | 2,130 |

# 300/500 V70°C 60227 IEC 10

## 5 CORES – LIGHT POLYVINYL CHLORIDE SHEATHED CABLE

**Construction**

1. Conductor : Solid or circular stranded annealed copper
2. Insulation : Polyvinyl chloride (PVC)
   Colour code : Light Blue, Brown, Black, Grey, Black
   (Optional : Green/Yellow, Light Blue, Brown, Black, Grey)
3. Inner Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour
4. Outer Sheath : Polyvinyl chloride (PVC), Black colour

**Reference Standard :**
TIS 11 Part 4-2553

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 70°C |
| Rated voltage | : 300/500 V |
| AC test voltage | : 2,000 V |

| No. of core | Conductor | | | Thick-ness of Insulation mm | Thickness of Inner coveRing mm (Approx.) | Thickness of outer sheath mm | Overall diameter | | Insulation resistance at 70°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | Lower limit mm | Upper limit mm | | |
| 5 | 1.5 | 1 | 1.36 | 0.7 | 0.4 | 1.2 | 9.4 | 12.0 | 0.0110 | 210 |
| 5 | 1.5 | 7 | 1.53 | 0.7 | 0.4 | 1.2 | 9.8 | 12.5 | 0.0100 | 220 |
| 5 | 2.5 | 1 | 1.75 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 11.0 | 14.0 | 0.0100 | 290 |
| 5 | 2.5 | 7 | 1.98 | 0.8 | 0.4 | 1.2 | 11.0 | 14.5 | 0.0090 | 310 |
| 5 | 4 | 1 | 2.21 | 0.8 | 0.6 | 1.4 | 12.5 | 16.0 | 0.0085 | 420 |
| 5 | 4 | 7 | 2.49 | 0.8 | 0.6 | 1.4 | 13.0 | 17.0 | 0.0077 | 450 |
| 5 | 6 | 1 | 2.70 | 0.8 | 0.6 | 1.4 | 13.5 | 17.5 | 0.0070 | 550 |
| 5 | 6 | 7 | 3.09 | 0.8 | 0.6 | 1.4 | 14.5 | 18.5 | 0.0065 | 600 |
| 5 | 10 | 1 | 3.50 | 1.0 | 0.6 | 1.4 | 17.0 | 21.0 | 0.0070 | 850 |
| 5 | 10 | 7 | 3.99 | 1.0 | 0.6 | 1.4 | 17.5 | 22.0 | 0.0065 | 920 |
| 5 | 16 | 7 | 5.01 | 1.0 | 0.8 | 1.6 | 20.5 | 26.0 | 0.0052 | 1,350 |
| 5 | 25 | 7 | 6.30 | 1.2 | 1.0 | 1.6 | 24.5 | 31.5 | 0.0050 | 2,050 |
| 5 | 35 | 7 | 7.55 | 1.2 | 1.2 | 1.6 | 27.0 | 35.0 | 0.0044 | 2,710 |

# บทที่ 4 สายไฟฟ้าแรงดันสูง

## 4.1 บทนำ

สายไฟฟ้าแรงดันสูงเป็นสายที่ใช้กับระดับแรงดันตั้งแต่ 1 kV จนถึง 36 kV โดยแรงดันตั้งแต่ 1 kV – 36 kV เรียกว่าแรงดันปานกลาง (Medium voltage) แรงดันตั้งแต่ 36 kV ขึ้นไปเรียกว่าแรงดันสูง (High voltages) เป็นสายที่มีขนาดใหญ่ ในลักษณะตัวนำตีเกลียว สายไฟฟ้าแรงดันสูงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สายเปลือย (Bare Wires) และ สายหุ้มฉนวน (Insulated Wires)

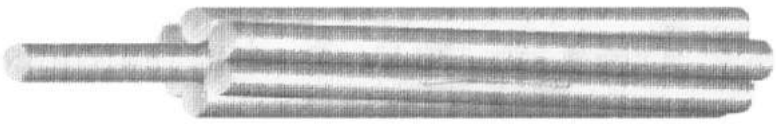
## 4.2 สายเปลือย (Bare Wires )

สายเปลือย คือ สายที่ไม่มีเปลือกฉนวนหุ้มสาย ถ้าหากนำไปใช้กับระบบจำหน่ายแรงดันต่ำจะไม่ปลอดภัย จึงใช้สายชนิดนี้กับงานแรงดันสูง สายเปลือยที่นิยมใช้ในงานแรงดันสูงมักจะทำมาจากอะลูมิเนียม เพราะมีน้ำหนักเบาและราคาถูก แต่สายอะลูมิเนียมล้วนจะสามารถรับแรงดึงได้ต่ำ จึงมีการพัฒนาเพื่อให้สามารถรับแรงดึงได้สูงขึ้น โดยการเสริมแกนเหล็ก หรือใช้โลหะอื่นผสม สายเปลือยที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

- สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (AAC)
- สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมผสม (AAAC)
- สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR)

**4.2.1** สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (AAC–All Aluminium Conductor) เป็นตัวนำอะลูมิเนียมพันตีเกลียวเป็นชั้นๆ สายชนิดนี้รับแรงดึง

ได้ต่ำ จึงไม่สามารถขึงสายให้มีระยะห่างช่วงเสา (Span) มากๆ ได้ โดยปกติความยาวช่วงเสาต้องไม่เกิน 50 m ยกเว้นสายที่มีขนาด 95 $mm^2$ ขึ้นไปนั้นสามารถที่จะมีระยะห่างช่วงเสาได้ไม่เกิน 100 m มาตรฐานสำหรับสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย คือ มอก. 85–2548, IEC 61089:1991 (Aluminium stranded conductors.) สาย AAC มีลักษณะดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สาย AAC

**4.2.2** สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมผสม (AAAC–All Aluminium Alloy Conductor) สายชนิดนี้มีส่วนผสมของอะลูมิเนียม แมกนีเซียม และซิลิกอน สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมผสมจะมีความเหนียวและรับแรงดึงได้สูงกว่าสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมล้วน จึงสามารถขึงสายให้มีระยะห่างช่วงเสาได้มากขึ้น นิยมใช้เดินสายบริเวณชายทะเล เพราะสามารถทนต่อการกัดกร่อนของไอเกลือบริเวณชายทะเลได้ดี มาตรฐานสำหรับสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมเจือตีเกลียวเปลือย คือ มอก. 85–2548, IEC 61089:1991 (Aluminium alloy stranded conductors (aluminium–magnesium–silicon type.)) สาย AAAC มีลักษณะดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 สาย AAAC

**4.2.3** สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR–Aluminium Conductor Steel Reinforced) เป็นสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียว และมีสายเหล็กอยู่ตรงกลาง เพื่อให้สามารถรับแรงดึงได้สูงขึ้น ทำให้สามารถขยายระยะห่างช่วงเสาได้มากขึ้น แต่จะไม่ใช้สายชนิดนี้ในบริเวณชายทะเล เพราะว่าจะเกิดการกัดกร่อนจากไอของเกลือ ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง มาตรฐานสำหรับสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมแกนเหล็ก คือ มอก. 85–2548, IEC 61089:1991 (Aluminium conductors, steel–reinforced) สาย ACSR มีลักษณะดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 สาย ACSR

## 4.3 สายหุ้มฉนวน (Insulated Wires)

ในการเดินสายไฟฟ้าแรงดันสูงผ่านบริเวณที่มีผู้คนอาศัย เพื่อความปลอดภัยจะต้องใช้สายไฟฟ้าแรงดันสูงที่มีฉนวนหุ้ม และการใช้สายหุ้มฉนวนยังช่วยลดการเกิดลัดวงจรจากสัตว์หรือกิ่งไม้แตะถูกสายไฟฟ้าอีกด้วย ทำให้ระบบไฟฟ้า มีความเชื่อถือได้สูงขึ้น สายไฟฟ้าแรงดันสูงหุ้มฉนวนที่นิยมใช้มีดังนี้

- สาย Partial Insulated Cable (PIC)
- สาย Space Aerial Cable (SAC)
- สาย Preassembly Aerial Cable
- สาย Cross–linked Polyethylene (XLPE)

**4.3.1** สาย Partial Insulated Cable (PIC)

การใช้สายเปลือยจะมีโอกาสเกิดลัดวงจรขึ้นได้ง่าย เพื่อลดปัญหานี้ จึงได้มีการนำสาย PIC มาใช้แทนสายเปลือย โดยโครงสร้างของสาย PIC นี้จะประกอบด้วย ตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียวหุ้มด้วยฉนวน XLPE 1 ชั้น ดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 สาย PIC

แม้ว่าสายชนิดนี้จะมีฉนวน XLPE หุ้ม แต่ก็ไม่สามารถที่จะแตะต้องโดยตรงได้ เนื่องจากฉนวนเป็นเพียงฉนวนบางซึ่งจะช่วยลดการเกิดลัดวงจรของสายเปลือยเท่านั้น การไฟฟ้าฯได้นำสายชนิดนี้มาใช้งานโดยเดินในอากาศผ่านลูกถ้วยบนเสาไฟฟ้าแทนสายเปลือย แต่ได้ผลไม่ค่อยดี ดังนั้นขณะนี้จะใช้สาย SAC

**4.3.2** สาย Space Aerial Cable ( SAC )

สาย SAC โครงสร้างเป็นตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียว มีฉนวน XLPE หุ้ม เช่นเดียวกับสาย PIC แต่จะมีเปลือก (Sheath) ที่ทำจาก XLPE หุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง ทำให้มีความทนทานมากกว่าสาย PIC สาย SAC มีลักษณะดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 สาย SAC

แม้ว่าสายชนิดนี้จะมีเปลือก (Sheath) หุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง แต่ก็ไม่ควรสัมผัสสายโดยตรง เพราะจะเป็นอันตรายได้ ในการใช้งานสายชนิดนี้ การไฟฟ้าฯ ใช้เป็นวงจรเสริมสำหรับวงจรที่ใช้สาย PIC โดยในการเดินสายจะต้องใช้ Spacer เพื่อจำกัดระยะห่างระหว่างสาย สายชนิดนี้แม้ว่าจะสามารถวางใกล้กันได้มากกว่าสาย PIC แต่ก็ต้องไม่เกินระยะจำกัดค่าหนึ่ง นอกจากนี้จะต้องใช้ Messenger Wire ช่วยดึงสายไว้โดย Messenger Wire จะต่อลงดินทำหน้าที่เป็นสาย Overhead Ground Wire

**4.3.3** สาย Preassembly Aerial Cable

สายชนิดนี้ จัดเป็นสาย Fully Insulated มีโครงสร้างคล้ายสาย XLPE แต่มีตัวนำเป็นอลูมิเนียม เนื่องจากสายชนิดนี้สามารถวางใกล้กันได้จึงใช้สายชนิดนี้ เมื่อสายไฟฟ้าผ่านในบริเวณที่มีระยะห่าง (Clearance) กับอาคารจำกัด หรือผ่านบริเวณที่มีคนอาศัยอยู่ สายชนิดนี้ยังสามารถวางพาดไปกับมุมตึกได้ เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทานมาก

**4.3.4** สาย Cross-linked Polyethylene (XLPE)

สาย XLPE เป็นสายที่ใช้มากที่สุดในปัจจุบัน จัดเป็นสาย Fully Insulated โดยมีโครงสร้าง และ ส่วนประกอบดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 สาย XLPE

- **ตัวนำ (Conductor)** ส่วนใหญ่จะเป็นทองแดงในลักษณะตีเกลียว (Strand) ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของ Copper Concentric Strand หรือ Copper Compact Strand
- **ชีลด์ของตัวนำ (Conductor Shield)** ทำด้วยสารกึ่งตัวนำ (Semi-conducting Material) มีหน้าที่ช่วยให้สนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำกับฉนวนกระจายอย่างสม่ำเสมอในแนวรัศมี เป็นการช่วยลดการเกิด Breakdown ได้

- **ฉนวน (Insulation)** เป็นชั้นที่หุ้มห่อชั้นชีลด์ของตัวนำอีกทีหนึ่ง ทำด้วยฉนวน XLPE สายเคเบิลที่ดีนั้นผิวด้านนอกของชั้นฉนวนจะต้องเรียบ
- **ชีลด์ของฉนวน (Insulation Shield)** เป็นชั้นของ Semi-conducting Material หุ้มทับชั้นของฉนวน จากนั้นก็จะหุ้มด้วยชั้นของลวดทองแดง (Copper wires) หรือเทปทองแดง (Copper Tape) อีกทีหนึ่ง ชีลด์ของฉนวนนี้ จะทำหน้าที่จำกัดสนามไฟฟ้า ให้อยู่เฉพาะภายในสายเคเบิล เป็นการป้องกันการรบกวนระบบสื่อสาร นอกจากนี้การต่อชีลด์ลงดินจะช่วยลดอันตรายจากการสัมผัสถูกสายเคเบิลด้วย และทำให้เกิดการกระจายของแรงดันอย่างสม่ำเสมอขณะใช้งาน
- **เปลือกนอก (Jacket)** ชั้นของเปลือกนอกนี้อาจจะเป็น Polyvinyl Chloride (PVC) หรือ Polyethylene (PE) ก็ได้ แล้วแต่ว่าลักษณะของงานจะเป็นอย่างไร ถ้าเป็นงานกลางแจ้งก็มักจะใช้ Polyvinyl Chloride เพราะว่ามันเฉื่อยต่อการติดไฟ ในขณะที่ Polyethylene มักจะใช้งานแบบเดินลอย เนื่องจากความทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ส่วนในกรณีที่วางเคเบิลใต้ดินอาจจะมีชั้นของ Service Tape ซึ่งอาจทำด้วยชิ้นผ้า (Fabric Tape) คั่นระหว่างชีลด์กับเปลือกนอกช่วยป้องกันการเสียดสีและการกระทบกระแทก

สายชนิดนี้สามารถเดินลอยในอากาศหรือฝังใต้ดินก็ได้ แต่นิยมใช้ฝังใต้ดิน เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทานสามารถทนต่อความชื้นได้ดี

# 4.4 สายแรงดันสูงของ BCC

## 3.6/6(7.2) kV CV (CE optional)*

1 CORES – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction :**

1. Conductor : Compact round stranded annealed copper
2. Conductor : Semi-conductive cross-linked polyethylene compound
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) compound
4. Insulation screen : Semi-conductive cross-linked polyehylene compound
5. Metallic screen : Copper wires with copper contact tape
6. Binding tape : Polyester or Spunbond tape
7. Sheath : Black Polyvinyl chloride (PVC), (Optional : PE)*

**Reference Standard :**
IEC 60502-2

**Classification**
Maximum conductor temperature : 90°C
Maximum circuit voltage : 7.2 kV
AC test voltage : 12.5 kV

**Application**
For general purpose power distribution In dry or wet Exposed In aerial, direct burial, conduit, open tray and under ground duct Installation.

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Diameter over Insulation mm (Approx.) | Area of metallic screen mm² | Thickness of sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Current Rating | | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | | In free air at 40°C ambient A | direct burial In ground at 30°C A | |
| 10 | 6 | 3.72 | 2.5 | 10.1 | 10 | 1.4 | 17 | 1.83 | 2,870 | 95 | 95 | 400 |
| 16 | 6 | 4.69 | 2.5 | 11.0 | 10 | 1.5 | 19 | 1.15 | 2,520 | 125 | 120 | 480 |
| 25 | 6 | 5.90 | 2.5 | 12.3 | 10 | 1.5 | 20 | 0.727 | 2,190 | 165 | 155 | 590 |
| 35 | 6 | 6.95 | 2.5 | 13.3 | 10 | 1.6 | 21 | 0.524 | 1,970 | 205 | 190 | 710 |
| 50 | 6 | 8.33 | 2.5 | 14.7 | 10 | 1.6 | 23 | 0.387 | 1,740 | 245 | 225 | 850 |
| 70 | 12 | 9.73 | 2.5 | 16.1 | 10 | 1.6 | 24 | 0.268 | 1,550 | 305 | 275 | 1,070 |
| 95 | 15 | 11.43 | 2.5 | 17.8 | 10 | 1.7 | 26 | 0.193 | 1,370 | 375 | 330 | 1,350 |
| 120 | 18 | 12.95 | 2.5 | 19.3 | 10 | 1.8 | 28 | 0.153 | 1,250 | 435 | 375 | 1,620 |
| 150 | 18 | 14.27 | 2.5 | 20.6 | 16 | 1.8 | 29 | 0.124 | 1,160 | 495 | 425 | 1,960 |
| 185 | 30 | 15.98 | 2.5 | 22.3 | 16 | 1.9 | 31 | 0.0991 | 1,050 | 570 | 480 | 2,340 |
| 240 | 34 | 18.47 | 2.6 | 25.0 | 25 | 1.9 | 34 | 0.0754 | 970 | 680 | 560 | 3,010 |
| 300 | 34 | 20.68 | 2.8 | 27.7 | 25 | 2.0 | 37 | 0.0601 | 940 | 780 | 635 | 3,650 |
| 400 | 53 | 23.39 | 3.0 | 30.8 | 25 | 2.2 | 41 | 0.0470 | 900 | 905 | 725 | 4,540 |
| 500 | 53 | 26.67 | 3.2 | 35.0 | 25 | 2.3 | 46 | 0.0366 | 840 | 1,055 | 830 | 5,700 |
| 630 | 53 | 30.22 | 3.2 | 38.6 | 25 | 2.4 | 49 | 0.0283 | 750 | 1,225 | 945 | 7,130 |
| 800 | 53 | 34.00 | 3.2 | 42.4 | 25 | 2.5 | 53 | 0.0221 | 680 | 1,410 | 1,065 | 8,890 |

# 3.6/6(7.2) kV CV (CE optional)*

3 CORES – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction :**

1. Conductor : Compact round stranded annealed copper
2. Conductor : Semi-conductive cross-linked polyethylene compound
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) compound
4. Insulation screen : Semi-conductive cross-linked polyehylene compound
5. Metallic screen : Copper tape
6. Filler : Polypropylene (Non-hygroscopic material)
7. Binding tape : Polyester or Spunbond tape
8. Sheath : Black Polyvinyl chloride (PVC), (Optional : PE)*

**Reference Standard :**
IEC 60502-2

**Classification**
Maximum conductor temperature : 90°C
Maximum circuit voltage : 7.2 kV
AC test voltage : 12.5 kV

**Application**
For general purpose power distribution In dry or wet Exposed In aerial, direct burial, conduit, open tray and under ground duct Installation.

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Diameter over Insulation mm (Approx.) | Thickness of sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Current Rating | | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | In free air at 40°C ambient A | direct burial in ground at 30°C A | |
| 10 | 6 | 3.72 | 2.5 | 10.1 | 1.9 | 31 | 1.83 | 2,870 | 80 | 80 | 1,110 |
| 16 | 6 | 4.69 | 2.5 | 11.0 | 2.0 | 34 | 1.15 | 2,520 | 110 | 110 | 1,380 |
| 25 | 6 | 5.90 | 2.5 | 12.3 | 2.1 | 37 | 0.727 | 2,190 | 140 | 145 | 1,780 |
| 35 | 6 | 6.95 | 2.5 | 13.3 | 2.1 | 39 | 0.524 | 1,970 | 170 | 175 | 2,160 |
| 50 | 6 | 8.33 | 2.5 | 14.7 | 2.2 | 42 | 0.387 | 1,740 | 210 | 205 | 2,670 |
| 70 | 12 | 9.73 | 2.5 | 16.1 | 2.3 | 46 | 0.268 | 1,550 | 260 | 250 | 3,410 |
| 95 | 15 | 11.43 | 2.5 | 17.8 | 2.5 | 50 | 0.193 | 1,370 | 315 | 300 | 4,390 |
| 120 | 18 | 12.95 | 2.5 | 19.3 | 2.6 | 53 | 0.153 | 1,250 | 365 | 340 | 5,290 |
| 150 | 18 | 14.27 | 2.5 | 20.6 | 2.7 | 57 | 0.124 | 1,160 | 415 | 385 | 6,250 |
| 185 | 30 | 15.98 | 2.5 | 22.3 | 2.8 | 61 | 0.0991 | 1,050 | 475 | 435 | 7,520 |
| 240 | 34 | 18.47 | 2.6 | 25.0 | 3.0 | 67 | 0.0754 | 970 | 570 | 505 | 9,570 |
| 300 | 34 | 20.68 | 2.8 | 27.7 | 3.2 | 73 | 0.0601 | 940 | 650 | 570 | 11,740 |
| 400 | 53 | 23.39 | 3.0 | 30.8 | 3.4 | 81 | 0.0470 | 900 | 750 | 650 | 14,690 |

# 6/10(12) kV CV (CE optional)*

1 CORES – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction :**

1. Conductor : Compact round stranded annealed copper
2. Conductor Screen : Semi-conductive cross-linked polyethylene compound
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) compound
4. Insulation screen : Semi-conductive cross-linked polyehylene compound
5. Metallic screen : Copper wires with copper contact tape
6. Blndlng tape : Polyester or Spunbond tape
7. Sheath : Black Polyvinyl chloride (PVC), (Optional : PE)*

**Reference Standard :**
IEC 60502-2

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 12 kV |
| AC test voltage | : 21 kV |

**Application**
For general purpose power distribution In dry or wet Exposed In aerial, direct burial, conduit, open tray and under ground duct Installation.

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nomlnal) | Diameter over Insulation mm (Approx.) | Area of metallic screen mm² | Thickness of sheath mm (Nomlnal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Mln.) | Current Rating | | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Mln.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | | In free air at 40°C ambient A | direct burial In ground at 30°C A | |
| 16 | 6 | 4.69 | 3.4 | 12.9 | 10 | 1.5 | 20 | 1.15 | 3,140 | 130 | 115 | 540 |
| 25 | 6 | 5.90 | 3.4 | 14.1 | 10 | 1.6 | 22 | 0.727 | 2,750 | 170 | 150 | 660 |
| 35 | 6 | 6.95 | 3.4 | 15.2 | 10 | 1.6 | 23 | 0.524 | 2,490 | 205 | 180 | 770 |
| 50 | 6 | 8.33 | 3.4 | 16.6 | 10 | 1.7 | 25 | 0.387 | 2,210 | 245 | 215 | 930 |
| 70 | 12 | 9.73 | 3.4 | 18.0 | 10 | 1.7 | 26 | 0.268 | 1,990 | 305 | 265 | 1,150 |
| 95 | 15 | 11.43 | 3.4 | 19.7 | 10 | 1.8 | 28 | 0.193 | 1,770 | 375 | 315 | 1,440 |
| 120 | 18 | 12.95 | 3.4 | 21.2 | 10 | 1.8 | 30 | 0.153 | 1,620 | 435 | 360 | 1,700 |
| 150 | 18 | 14.27 | 3.4 | 22.5 | 16 | 1.9 | 31 | 0.124 | 1,500 | 495 | 405 | 2,050 |
| 185 | 30 | 15.98 | 3.4 | 24.2 | 16 | 1.9 | 33 | 0.0991 | 1,370 | 570 | 455 | 2,430 |
| 240 | 34 | 18.47 | 3.4 | 26.7 | 25 | 2.0 | 36 | 0.0754 | 1,220 | 675 | 530 | 3,120 |
| 300 | 34 | 20.68 | 3.4 | 28.9 | 25 | 2.1 | 39 | 0.0601 | 1,120 | 780 | 600 | 3,740 |
| 400 | 53 | 23.39 | 3.4 | 31.6 | 25 | 2.2 | 42 | 0.0470 | 1,010 | 905 | 685 | 4,590 |
| 500 | 53 | 26.67 | 3.4 | 35.5 | 25 | 2.3 | 46 | 0.0366 | 890 | 1,055 | 780 | 5,730 |
| 630 | 53 | 30.22 | 3.4 | 39.0 | 25 | 2.4 | 50 | 0.0283 | 800 | 1,225 | 890 | 7,160 |
| 800 | 53 | 34.00 | 3.4 | 42.8 | 25 | 2.5 | 54 | 0.0221 | 720 | 1,410 | 1,000 | 8,920 |

# 6/10(12) kV CV (CE optional)*

3 CORES – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction :**

1. Conductor : Compact round stranded annealed copper
2. Conductor : Semi-conductive cross-linked polyethylene compound
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) compound
4. Insulation screen : Semi-conductive cross-linked polyehylene compound
5. Metallic screen : Copper tape
6. Filler : Polypropylene (Non-hygroscopic material)
7. Blndlng tape : Polyester or Spunbond tape
8. Sheath : Black Polyvinyl chloride (PVC), (Optional : PE)*

**Reference Standard :**
IEC 60502-2

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 12 kV |
| AC test voltage | : 21 kV |

**Application**
For general purpose power distribution In dry or wet Exposed In aerial, direct burial, conduit, open tray and under ground duct Installation.

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Diameter over Insulation mm (Approx.) | Thickness of sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Current Rating | | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area $mm^2$ | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | In free air at 40°C ambient A | direct burial In ground at 30°C A | |
| 16 | 6 | 4.69 | 3.4 | 12.9 | 2.1 | 38 | 1.15 | 3,140 | 110 | 110 | 1,630 |
| 25 | 6 | 5.90 | 3.4 | 14.1 | 2.2 | 41 | 0.727 | 2,750 | 140 | 145 | 2,040 |
| 35 | 6 | 6.95 | 3.4 | 15.2 | 2.3 | 43 | 0.524 | 2,490 | 175 | 175 | 2,460 |
| 50 | 6 | 8.33 | 3.4 | 16.6 | 2.4 | 47 | 0.387 | 2,210 | 210 | 205 | 2,990 |
| 70 | 12 | 9.73 | 3.4 | 18.0 | 2.5 | 50 | 0.268 | 1,990 | 260 | 250 | 3,760 |
| 95 | 15 | 11.43 | 3.4 | 19.7 | 2.6 | 54 | 0.193 | 1,770 | 315 | 300 | 4,740 |
| 120 | 18 | 12.95 | 3.4 | 21.2 | 2.7 | 58 | 0.153 | 1,620 | 365 | 340 | 5,650 |
| 150 | 18 | 14.27 | 3.4 | 22.5 | 2.8 | 61 | 0.124 | 1,500 | 415 | 385 | 6,630 |
| 185 | 30 | 15.98 | 3.4 | 24.2 | 2.9 | 65 | 0.0991 | 1,370 | 475 | 435 | 7,930 |
| 240 | 34 | 18.47 | 3.4 | 26.7 | 3.1 | 71 | 0.0754 | 1,220 | 570 | 505 | 9,970 |
| 300 | 34 | 20.68 | 3.4 | 28.9 | 3.3 | 76 | 0.0601 | 1,120 | 650 | 570 | 12,080 |
| 400 | 53 | 23.39 | 3.4 | 31.6 | 3.5 | 83 | 0.0470 | 1,010 | 750 | 655 | 14,950 |

# 8.7/15(17.5) kV CV (CE optional)*

1 CORES – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction :**

1. Conductor : Compact round stranded annealed copper
2. Conductor Screen : Semi-conductive cross-linked polyethylene compound
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) compound
4. Insulation screen : Semi-conductive cross-linked polyehylene compound
5. Metallic screen : Copper wires with copper contact tape
6. Blndlng tape : Polyester or Spunbond tape
7. Sheath : Black Polyvinyl chloride (PVC), (Optional : PE)*

**Reference Standard :**
IEC 60502-2

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 17.5 kV |
| AC test voltage | : 30.5 kV |

**Application**
For general purpose power distribution In dry or wet Exposed In aerial, direct burial, conduit, open tray and under ground duct Installation.

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Diameter over Insulation mm (Approx.) | Area of metallic screen mm² | Thickness of sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Current Rating | | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | | In free air at 40°C ambient A | direct burial In ground at 30°C A | |
| 25 | 6 | 5.90 | 4.5 | 16.4 | 10 | 1.7 | 25 | 0.727 | 3,350 | 170 | 150 | 750 |
| 35 | 6 | 6.95 | 4.5 | 17.5 | 10 | 1.7 | 26 | 0.524 | 3,050 | 205 | 180 | 870 |
| 50 | 6 | 8.33 | 4.5 | 18.8 | 10 | 1.7 | 27 | 0.387 | 2,730 | 245 | 215 | 1,020 |
| 70 | 12 | 9.73 | 4.5 | 20.2 | 10 | 1.8 | 29 | 0.268 | 2,470 | 305 | 260 | 1,250 |
| 95 | 15 | 11.43 | 4.5 | 21.9 | 10 | 1.8 | 30 | 0.193 | 2,210 | 375 | 315 | 1,540 |
| 120 | 18 | 12.95 | 4.5 | 23.5 | 10 | 1.9 | 32 | 0.153 | 2,020 | 435 | 360 | 1,820 |
| 150 | 18 | 14.27 | 4.5 | 24.8 | 16 | 1.9 | 34 | 0.124 | 1,890 | 495 | 400 | 2,160 |
| 185 | 30 | 15.98 | 4.5 | 26.5 | 16 | 2.0 | 36 | 0.0991 | 1,730 | 565 | 455 | 2,560 |
| 240 | 34 | 18.47 | 4.5 | 29.0 | 25 | 2.1 | 39 | 0.0754 | 1,550 | 675 | 530 | 3,260 |
| 300 | 34 | 20.68 | 4.5 | 31.2 | 25 | 2.2 | 41 | 0.0601 | 1,420 | 775 | 600 | 3,890 |
| 400 | 53 | 23.39 | 4.5 | 33.9 | 25 | 2.3 | 44 | 0.0470 | 1,290 | 900 | 685 | 4,760 |
| 500 | 53 | 26.67 | 4.5 | 37.7 | 25 | 2.4 | 49 | 0.0366 | 1,130 | 1,050 | 780 | 5,900 |
| 630 | 53 | 30.22 | 4.5 | 41.3 | 25 | 2.5 | 52 | 0.0283 | 1,020 | 1,220 | 890 | 7,360 |
| 800 | 53 | 34.00 | 4.5 | 45.1 | 25 | 2.6 | 56 | 0.0221 | 930 | 1,400 | 1,000 | 9,130 |

# 8.7/15(17.5) kV CV (CE optional)*

3 CORES – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction :**

1. Conductor : Compact round stranded annealed copper
2. Conductor : Semi-conductive cross-linked polyethylene compound
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) compound
4. Insulation screen : Semi-conductive cross-linked polyehylene compound
5. Metallic screen : Copper tape
6. Filler : Polypropylene (Non-hygroscopic material)
7. Binding tape : Polyester or Spunbond tape
8. Sheath : Black Polyvinyl chloride (PVC), (Optional : PE)*

**Reference Standard :**
IEC 60502-2

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 17.5 kV |
| AC test voltage | : 30.5 kV |

**Application**
For general purpose power distribution In dry or wet Exposed In aerial, direct burial, conduit, open tray and under ground duct Installation.

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Diameter over Insulation mm (Approx.) | Thickness of sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Current Rating | | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | In free air at 40°C ambient A | direct burial In ground at 30°C A | |
| 25 | 6 | 5.90 | 4.5 | 16.4 | 2.4 | 46 | 0.727 | 3,350 | 145 | 145 | 2,420 |
| 35 | 6 | 6.95 | 4.5 | 17.5 | 2.5 | 49 | 0.524 | 3,050 | 175 | 175 | 2,860 |
| 50 | 6 | 8.33 | 4.5 | 18.8 | 2.6 | 52 | 0.387 | 2,730 | 210 | 205 | 3,420 |
| 70 | 12 | 9.73 | 4.5 | 20.2 | 2.7 | 56 | 0.268 | 2,470 | 265 | 250 | 4,210 |
| 95 | 15 | 11.43 | 4.5 | 21.9 | 2.8 | 60 | 0.193 | 2,210 | 320 | 300 | 5,220 |
| 120 | 18 | 12.95 | 4.5 | 23.5 | 2.9 | 63 | 0.153 | 2,020 | 370 | 340 | 6,170 |
| 150 | 18 | 14.27 | 4.5 | 24.8 | 3.0 | 66 | 0.124 | 1,890 | 420 | 385 | 7,170 |
| 185 | 30 | 15.98 | 4.5 | 26.5 | 3.1 | 70 | 0.0991 | 1,730 | 480 | 435 | 8,510 |
| 240 | 34 | 18.47 | 4.5 | 29.0 | 3.3 | 76 | 0.0754 | 1,550 | 570 | 505 | 10,590 |
| 300 | 34 | 20.68 | 4.5 | 31.2 | 3.4 | 82 | 0.0601 | 1,420 | 655 | 570 | 12,710 |
| 400 | 53 | 23.39 | 4.5 | 33.9 | 3.7 | 88 | 0.0470 | 1,290 | 755 | 650 | 15,660 |

# 12/20(24) kV CV (CE optional)*

1 CORES – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction :**

1. Conductor : Compact round stranded annealed copper
2. Conductor Screen : Semi-conductive cross-linked polyethylene compound
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) compound
4. Insulation screen : Semi-conductive cross-linked polyehylene compound
5. Metallic screen : Copper wires with copper contact tape
6. Blndlng tape : Polyester or Spunbond tape
7. Sheath : Black Polyvinyl chloride (PVC), (Optional : PE)*

**Reference Standard :**
IEC 60502-2

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 24 kV |
| AC test voltage | : 42 kV |

**Application**
For general purpose power distribution In dry or wet Exposed In aerial, direct burial, conduit, open tray and under ground duct Installation.

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nomlnal) | Diameter over Insulation mm (Approx.) | Area of metallic screen mm² | Thickness of sheath mm (Nomlnal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Mln.) | Current Rating | | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Mln.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | | In free air at 40°C ambient A | direct burial In ground at 30°C A | |
| 35 | 6 | 6.95 | 5.5 | 19.5 | 10 | 1.8 | 28 | 0.524 | 3,500 | 205 | 180 | 960 |
| 50 | 6 | 8.33 | 5.5 | 20.9 | 10 | 1.8 | 29 | 0.387 | 3,140 | 245 | 215 | 1,110 |
| 70 | 12 | 9.73 | 5.5 | 22.3 | 10 | 1.9 | 31 | 0.268 | 2,850 | 305 | 260 | 1,360 |
| 95 | 15 | 11.43 | 5.5 | 24.0 | 10 | 1.9 | 33 | 0.193 | 2,570 | 375 | 315 | 1,650 |
| 120 | 18 | 12.95 | 5.5 | 25.5 | 10 | 2.0 | 35 | 0.153 | 2,360 | 435 | 355 | 1,940 |
| 150 | 18 | 14.27 | 5.5 | 26.9 | 16 | 2.0 | 36 | 0.124 | 2,210 | 490 | 400 | 2,280 |
| 185 | 30 | 15.98 | 5.5 | 28.6 | 16 | 2.1 | 38 | 0.0991 | 2,030 | 565 | 460 | 2,690 |
| 240 | 34 | 18.47 | 5.5 | 31.1 | 25 | 2.2 | 41 | 0.0754 | 1,830 | 670 | 530 | 3,400 |
| 300 | 34 | 20.68 | 5.5 | 33.3 | 25 | 2.2 | 43 | 0.0601 | 1,680 | 775 | 600 | 4,020 |
| 400 | 53 | 23.39 | 5.5 | 36.0 | 25 | 2.3 | 47 | 0.0470 | 1,520 | 900 | 690 | 4,890 |
| 500 | 53 | 26.67 | 5.5 | 39.8 | 25 | 2.4 | 51 | 0.0366 | 1,350 | 1,045 | 780 | 6,050 |
| 630 | 53 | 30.22 | 5.5 | 43.4 | 25 | 2.5 | 54 | 0.0283 | 1,220 | 1,215 | 890 | 7,520 |
| 800 | 53 | 34.00 | 5.5 | 47.2 | 25 | 2.7 | 59 | 0.0221 | 1,110 | 1,390 | 1,000 | 9,330 |

# 12/20(24) kV CV (CE optional)*

3 CORES – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction :**

1. Conductor : Compact round stranded annealed copper
2. Conductor : Semi-conductive cross-linked polyethylene compound
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) compound
4. Insulation screen : Semi-conductive cross-linked polyehylene compound
5. Metallic screen : Copper tape
6. Filler : Polypropylene (Non-hygroscopic material)
7. Blndlng tape : Polyester or Spunbond tape
8. Sheath : Black Polyvinyl chloride (PVC), (Optional : PE)*

**Reference Standard :**
IEC 60502-2

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 24 kV |
| AC test voltage | : 42 kV |

**Application**
For general purpose power distribution In dry or wet Exposed In aerial, direct burial, conduit, open tray and under ground duct Installation.

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Diameter over Insulation mm (Approx.) | Thickness of sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Mln.) | Current Rating | | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Mln.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | In free air at 40°C ambient A | direct burial In ground at 30°C A | |
| 35 | 6 | 6.95 | 5.5 | 19.5 | 2.6 | 54 | 0.524 | 3,500 | 180 | 175 | 3,240 |
| 50 | 6 | 8.33 | 5.5 | 20.9 | 2.7 | 57 | 0.387 | 3,140 | 215 | 205 | 3,820 |
| 70 | 12 | 9.73 | 5.5 | 22.3 | 2.8 | 61 | 0.268 | 2,850 | 265 | 250 | 4,640 |
| 95 | 15 | 11.43 | 5.5 | 24.0 | 2.9 | 65 | 0.193 | 2,570 | 325 | 300 | 5,680 |
| 120 | 18 | 12.95 | 5.5 | 25.5 | 3.0 | 68 | 0.153 | 2,360 | 370 | 340 | 6,650 |
| 150 | 18 | 14.27 | 5.5 | 26.9 | 3.1 | 71 | 0.124 | 2,210 | 420 | 385 | 7,670 |
| 185 | 30 | 15.98 | 5.5 | 28.6 | 3.3 | 76 | 0.0991 | 2,030 | 485 | 435 | 9,070 |
| 240 | 34 | 18.47 | 5.5 | 31.1 | 3.4 | 81 | 0.0754 | 1,830 | 575 | 505 | 11,160 |
| 300 | 34 | 20.68 | 5.5 | 33.3 | 3.6 | 87 | 0.0601 | 1,680 | 660 | 570 | 13,350 |
| 400 | 53 | 23.39 | 5.5 | 36.0 | 3.8 | 93 | 0.0470 | 1,520 | 760 | 645 | 16,310 |

# 18/30(36) kV CV (CE optional)*

1 CORES – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction :**

1. Conductor : Compact round stranded annealed copper
2. Conductor Screen : Semi-conductive cross-linked polyethylene compound
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) compound
4. Insulation screen : Semi-conductive cross-linked polyehylene compound
5. Metallic screen : Copper wires with copper contact tape
6. Blndlng tape : Polyester or Spunbond tape
7. Sheath : Black Polyvinyl chloride (PVC), (Optional : PE)*

**Reference Standard :**
IEC 60502-2

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 36 kV |
| AC test voltage | : 63 kV |

**Application**
For general purpose power distribution In dry or wet Exposed In aerial, direct burial, conduit, open tray and under ground duct Installation.

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Diameter over Insulation mm (Approx.) | Area of metallic screen mm² | Thickness of sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Current Rating | | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | | In free air at 40°C ambient A | direct burial In ground at 30°C A | |
| 50 | 6 | 8.33 | 8.0 | 26.1 | 10 | 2.0 | 35 | 0.387 | 4,030 | 245 | 215 | 1,390 |
| 70 | 12 | 9.73 | 8.0 | 27.5 | 10 | 2.0 | 37 | 0.268 | 3,690 | 305 | 260 | 1,630 |
| 95 | 15 | 11.43 | 8.0 | 29.2 | 10 | 2.1 | 39 | 0.193 | 3,350 | 375 | 315 | 1,950 |
| 120 | 18 | 12.95 | 8.0 | 30.7 | 10 | 2.1 | 40 | 0.153 | 3,100 | 430 | 355 | 2,240 |
| 150 | 18 | 14.27 | 8.0 | 32.1 | 16 | 2.2 | 42 | 0.124 | 2,910 | 490 | 400 | 2,620 |
| 185 | 30 | 15.98 | 8.0 | 33.8 | 16 | 2.2 | 44 | 0.0991 | 2,700 | 560 | 455 | 3,020 |
| 240 | 34 | 18.47 | 8.0 | 36.3 | 25 | 2.3 | 47 | 0.0754 | 2,440 | 665 | 530 | 3,750 |
| 300 | 34 | 20.68 | 8.0 | 38.5 | 25 | 2.4 | 49 | 0.0601 | 2,250 | 765 | 595 | 4,410 |
| 400 | 53 | 23.39 | 8.0 | 41.2 | 25 | 2.5 | 52 | 0.0470 | 2,060 | 890 | 680 | 5,310 |
| 500 | 53 | 26.67 | 8.0 | 45.0 | 25 | 2.6 | 56 | 0.0366 | 1,840 | 1,035 | 780 | 6,510 |
| 630 | 53 | 30.22 | 8.0 | 48.6 | 25 | 2.7 | 60 | 0.0283 | 1,670 | 1,200 | 890 | 8,010 |
| 800 | 53 | 34.00 | 8.0 | 52.4 | 25 | 2.8 | 64 | 0.0221 | 1,520 | 1,375 | 1,000 | 9,830 |

# 18/30(36) kV CV (CE optional)*

3 CORES – CROSSLinked POLYETHYLENE POWER CABLE

**Construction :**

1. Conductor : Compact round stranded annealed copper
2. Conductor : Semi-conductive cross-linked polyethylene compound
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE) compound
4. Insulation screen : Semi-conductive cross-linked polyehylene compound
5. Metallic screen : Copper tape
6. Filler : Polypropylene (Non-hygroscopic material)
7. Binding tape : Polyester or Spunbond tape
8. Sheath : Black Polyvinyl chloride (PVC), (Optional : PE)*

**Reference Standard :**
IEC 60502-2

**Classification**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 36 kV |
| AC test voltage | : 63 kV |

**Application**
For general purpose power distribution In dry or wet Exposed In aerial, direct burial, conduit, open tray and under ground duct Installation.

| Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Diameter over Insulation mm (Approx.) | Thickness of sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | DC. Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Current Rating | | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cross-sectional area mm² | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | In free air at 40°C ambient A | direct burial In ground at 30°C A | |
| 50 | 6 | 8.33 | 8.0 | 26.1 | 3.1 | 70.0 | 0.387 | 4,030 | 220 | 205 | 5,020 |
| 70 | 12 | 9.73 | 8.0 | 27.5 | 3.2 | 73.0 | 0.268 | 3,690 | 270 | 250 | 5,900 |
| 95 | 15 | 11.43 | 8.0 | 29.2 | 3.3 | 77.0 | 0.193 | 3,350 | 330 | 300 | 7,010 |
| 120 | 18 | 12.95 | 8.0 | 30.7 | 3.4 | 81.0 | 0.153 | 3,100 | 380 | 340 | 8,040 |
| 150 | 18 | 14.27 | 8.0 | 32.1 | 3.5 | 84.0 | 0.124 | 2,910 | 430 | 380 | 9,130 |
| 185 | 30 | 15.98 | 8.0 | 33.8 | 3.6 | 88.0 | 0.0991 | 2,700 | 490 | 435 | 10,560 |
| 240 | 34 | 18.47 | 8.0 | 36.3 | 3.8 | 94.0 | 0.0754 | 2,440 | 580 | 505 | 12,800 |
| 300 | 34 | 20.68 | 8.0 | 38.5 | 4.0 | 99.0 | 0.0601 | 2,250 | 660 | 570 | 15,080 |
| 400 | 53 | 23.39 | 8.0 | 41.2 | 4.2 | 106.0 | 0.0470 | 2,060 | 765 | 650 | 18,160 |

# บทที่ 5 สายทนไฟ

## 5.1 บทนำ

สายไฟฟ้าที่มีใช้ในปัจจุบันขณะนี้ส่วนมากเป็นฉนวน PVC เมื่อเกิดเพลิงไหม้ทำให้เกิดควัน ก๊าซ และความร้อนเป็นจำนวนมาก เป็นเหตุให้เกิดการเสียชีวิต และสูญเสียทรัพย์สิน ดังนั้นสายไฟฟ้าที่จะใช้ในอาคารสมัยใหม่จะต้องทำให้มีคุณสมบัติป้องกันสิ่งเหล่านี้ สายไฟฟ้าชนิดนี้เรียกว่า สายทนไฟ (Fire Performance Cables) จะใช้ในวงจรที่สำคัญ และยังสามารถจ่ายกระแสได้ในระยะเวลาหนึ่งเมื่อเกิดเพลิงไหม้

## 5.2 คุณสมบัติ

คุณสมบัติอันพึงประสงค์ของสายทนไฟ (Fire Performance Cables) ที่ดีควรมีอย่างน้อย 4 ประการดังนี้คือ

- Flame Propagation or Flame Retardant
- Acids and Corrosive Gas Emission
- Smoke Emission
- Fire Resistance

## 5.3 Flame Propagation or Flame Retardant

คือ มีคุณสมบัติการหน่วงเหนี่ยวลุกลามการไหม้ของสายไฟฟ้า เมื่อเกิดไฟไหม้สายไฟฟ้าจะช่วยลดปัญหาการลุกลามของไฟไปตามสายไฟฟ้า ดังนั้นบริเวณที่ถูกไฟไหม้จะไม่ขยายเป็นบริเวณกว้าง และเมื่อนำแหล่งไฟออกก็จะดับไปเอง (Self-extinguish)

**มาตรฐานการทดสอบ**

มาตรฐาน IEC 60332-1 มาตรฐานการทดสอบการหน่วงเหนี่ยวการลุกลาม ไฟของสายไฟจำนวนหนึ่งเส้นในแนวตั้ง โดยนำสายไฟยาว 550 mm. ยึดกับที่ยึดสายในแนวตั้งและ จุดหัวเผา โดยให้หัวเผาเอียงทำมุม 45 องศา แล้วทำการเผาสายไฟในเวลาที่กำหนด ตามตารางที่ 5.1 ด้านล่าง เมื่อเผาแล้ววัดจากปลายสายด้านบนลงมาถึงระยะที่ เปลวไฟลามมาถึงต้องได้มากกว่า 50 mm.

| Overall Diameter of test piece (D) ; mm | Time for flame application ; S |
|---|---|
| $D \leq 25$ | 60 |
| $25 < D \leq 50$ | 120 |
| $50 < D \leq 75$ | 240 |
| $D > 75$ | 480 |

ตารางที่ 5.1 เวลาการทดสอบ

**มาตรฐาน IEC 60332-3** มาตรฐานใช้สำหรับการทดสอบสายไฟฟ้าเพื่อกำหนดความสามารถในการต้านทานการลุกลามของไฟภายใต้สภาวะที่กำหนด โดยนำสายที่ต้องการทดสอบความยาว 3.5 m. จำนวนอย่างน้อย 3 ท่อน หรือมากกว่า ติดตั้งแบบแนวตั้งภายในตู้เผาขนาด (1 m x 2 m x 4 m) เมื่อเผาสิ้นสุดแล้ว ระยะที่ถูกเผาไหม้ต้องสูงไม่เกิน 2.5 m. วัดจากหัวเผา การทดสอบแบ่งเป็น 3 ประเภทดังตารางที่ 5.2

| Category | วัตถุดิบที่ติดไฟได้ (ลิตร/เมตร) | เวลาในการเผา (นาที) |
|---|---|---|
| A | 7 | 40 |
| B | 3.5 | 40 |
| C | 1.5 | 20 |

ตารางที่ 5.2 ประเภทของการทดสอบ

## 5.4 Acids and Corrosive Gas Emission

คือ สายไฟฟ้าเมื่อถูกไฟไหม้ส่วนประกอบบางส่วนจะทำให้เกิดก๊าซขึ้น ก๊าซบางอย่างก็จะทำให้เกิดกรด ซึ่งมีคุณสมบัติการกัดกร่อนสูง สายไฟฟ้าต้องไม่มีส่วนประกอบที่ทำให้เกิดสารฮาโลเจน (Zero Halogen)

**มาตรฐานการทดสอบ**

**มาตรฐาน IEC 60754-2** มาตรฐานการทดสอบนี้ใช้วัดค่าความเป็นกรดของก๊าซซึ่งถูกปล่อยออกมาใน ระหว่างการเผาไหม้ของวัตถุดิบที่นำมาจากส่วนต่างๆ ของตัวอย่างสายไฟ โดยเตรียมชิ้นทดสอบประมาณ 1000 mg. จากสายตัวอย่างแล้วนำมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปใส่ไว้ในถาดสำหรับเผา เตรียมระบบส่งอากาศและเตาเผาให้พร้อม แล้วนำถาดพร้อมชิ้นทดสอบเข้าเตาเผาแล้วเริ่มจับเวลา

อุณหภูมิในการเผาต้องไม่ต่ำกว่า 935 °C ใช้เวลา 30 นาที

นำน้ำที่ได้จากการควบแน่นควันไปตรวจสอบ ค่า pH และ ค่า Conductivity

ค่า pH ที่ได้ต้องไม่น้อยกว่า 4.3 และค่า Conductivity ต้องไม่เกิน 10 µS/mm

## 5.5 Smoke Emission

สายไฟฟ้าเมื่อถูกไฟไหม้ส่วนประกอบหลายอย่างจะทำให้เกิดควันขึ้น ควันเหล่านี้จะทำให้การมองเห็นลดลง และทำให้สำลักควันเสียชีวิต

**มาตรฐานการทดสอบ**

**มาตรฐาน IEC 61034-2** มาตรฐานการทดสอบในส่วนนี้ว่าด้วยการทดสอบเพื่อวัดความหนาแน่นของควันที่เกิดจากการเผาไหม้สายไฟฟ้าภายใต้สภาวะเงื่อนไขที่กำหนด โดยทดสอบในห้องทึบรูปทรงสี่เหลี่ยมมีขนาด 3 ลูกบาศก์เมตร ทำการเผาสายตัวอย่างความยาว 1 เมตรวางในแนวนอนด้านบนถาดแอลกอฮอล์ จากนั้นจึงปิดระบบหมุนเวียนอากาศแล้วจุดไฟที่ถาดแอลกอฮอล์ การทดสอบจะถือว่าเสร็จสิ้นหลังจากเปลวไฟดับ 5 นาทีแล้ว และไม่มีการลดของปริมาณแสงที่ส่องผ่าน และใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นไม่ควรเกิน 40 นาที บันทึกค่าต่ำสุดของค่าความเข้มแสงที่ผ่าน ความเข้มของแสงที่จดบันทึกไว้จากเครื่องรับแสง ต้องมีความเข้มแสงหลังการทดสอบไม่น้อยกว่า 60 % ก่อนการทดสอบ

## 5.6 Fire Resistance

สายไฟฟ้าที่ทนต่อการติดไฟไม่ก่อให้เกิดการลุกลามของไฟ และสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ปกติขณะเกิดการลุกไหม้ของสายอยู่

**มาตรฐานการทดสอบ**

**มาตรฐาน IEC 60331** มาตรฐานนี้ระบุถึงคุณสมบัติที่ต้องการของสายไฟฟ้าที่สามารถจะจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ปกติ และต้องไม่เกิดการบกพร่องด้านระบบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าตลอดระยะเวลา 90 นาทีของการทดสอบ หรือฟิวส์ 2 A ต้องไม่ขาด

**มาตรฐาน BS 6387** มาตรฐานนี้ระบุถึงคุณสมบัติที่ต้องการของสายไฟฟ้าที่ สามารถจะจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ และจะต้องไม่เกิดการลัดวงจรตลอดระยะเวลาการทดสอบ การทดสอบการทนไฟแบ่งเป็น 3 แบบ 8 ประเภท กำหนดเครื่องหมายด้วยตัวอักษรแบ่งตามคุณสมบัติการทนไฟ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5.3

| การทดสอบ | | เครื่องหมาย |
|---|---|---|
| การทนไฟ | 650°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง | A |
| | 750°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง | B |
| | 950°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง | C |
| | 950°C เป็นเวลา 20 นาที | S |
| การทนไฟและน้ำ | 650°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้น พ่นน้ำและทำการทดสอบ 650°C เป็นเวลา 15 นาที | W |
| การทนไฟและทนแรงกระแทก | 650°C เป็นเวลา 15 นาที โดยมีแรงกระแทก | X |
| | 750°C เป็นเวลา 15 นาที โดยมีแรงกระแทก | Y |
| | 950°C เป็นเวลา 15 นาที โดยมีแรงกระแทก | Z |

ตารางที่ 5.3 อุณหภูมิการทอสอบและเครื่องหมาย

## 5.7 Fire Performance Cables

สายทนไฟอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. สาย Low Smoke และ Halogen Free Cables
2. สาย Fire Resistant Cables

### 5.7.1 สาย Low Smoke และ Halogen Free

มีคุณสมบัติ 3 ประการคือ

- ต้านทานการลุกไหม้ Flame Retardant
- การปล่อยก๊าซกรด Acids and Corrosive Gas Emission
- การปล่อยควัน Smoke Emission

### 5.7.2 สาย Fire Resistant

สายประเภทนี้จะมี Mica ห่อหุ้มตัวนำ มีคุณสมบัติ 4 ประการคือ

- ต้านทานการลุกไหม้
- การปล่อยก๊าซกรด
- การปล่อยควัน
- ต้านทานการติดไฟ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ขณะเผาไฟ

## 5.8 Fire Performance Cables ของ BCC

# 450/750 V XL-LSHF (1 CORE)

LOW SMOKE & HALOGEN FREE FLAME RETARDANT CABLES (NON-SHEATHED)

**Standards Achieved :**

Construction : BS 7211
Flame propagation : BS EN 60332-3-24 Category C
: IEEE 1202
Acid gas emission : BS EN 60754-2
Smoke emission : BS EN 61034-2

**Classification :**

Maximum conductor temperature : 90°C
Maximum circuit voltage : 750 V
AC test voltage : 2,500 V
AC test voltage to comply with IEC 60502-1 : 3,500 V

**Construction :**

1. Conductor : Concentric stranded or Compacted stranded copper wires
2. Insulation : Cross-linked low smoke & halogen free compound (XL-LSHF), Black colour or requested colour

**Application :**

Preferably used for Installation into trunking and conduit which provide flame retardant, low smoke & corrosive gases properties in case of fire.

| No. of core | Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 90°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area $mm^2$ | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | |
| 1 | 1.5 | 7 | 1.56 | 0.7 | 3.2 | 12.1 | 0.010 | 20 |
| 1 | 2.5 | 7 | 2.01 | 0.8 | 3.9 | 7.41 | 0.009 | 31 |
| 1 | 4 | 7 | 2.55 | 0.8 | 4.4 | 4.61 | 0.0077 | 45 |
| 1 | 6 | 7 | 3.12 | 0.8 | 5.0 | 3.08 | 0.0065 | 65 |
| 1 | 10 | 6 | 3.72 | 1.0 | 6.0 | 1.83 | 0.0065 | 110 |
| 1 | 16 | 6 | 4.69 | 1.0 | 7.0 | 1.15 | 0.0050 | 170 |
| 1 | 25 | 6 | 5.90 | 1.2 | 8.7 | 0.727 | 0.0050 | 260 |
| 1 | 35 | 6 | 6.95 | 1.2 | 9.7 | 0.524 | 0.0043 | 360 |
| 1 | 50 | 6 | 8.33 | 1.4 | 12.0 | 0.387 | 0.0043 | 490 |
| 1 | 70 | 12 | 9.73 | 1.4 | 13.0 | 0.268 | 0.0035 | 690 |
| 1 | 95 | 15 | 11.43 | 1.6 | 15.5 | 0.193 | 0.0035 | 960 |
| 1 | 120 | 18 | 12.95 | 1.6 | 17.0 | 0.153 | 0.0032 | 1,200 |
| 1 | 150 | 18 | 14.27 | 1.8 | 19.0 | 0.124 | 0.0032 | 1,490 |
| 1 | 185 | 30 | 15.98 | 2.0 | 21.0 | 0.0991 | 0.0032 | 1,860 |
| 1 | 240 | 34 | 18.47 | 2.2 | 23.5 | 0.0754 | 0.0032 | 2,440 |
| 1 | 300 | 34 | 20.68 | 2.4 | 26.5 | 0.0601 | 0.0030 | 3,050 |
| 1 | 400 | 53 | 23.39 | 2.6 | 29.5 | 0.0470 | 0.0028 | 3,900 |
| 1 | 500 | 53 | 26.67 | 2.8 | 33.5 | 0.0366 | 0.0028 | 5,000 |
| 1 | 630 | 53 | 30.22 | 2.8 | 37.0 | 0.0283 | 0.0025 | 6,430 |

# 0.6/1 kV XLPE/LSHF (1 CORE)

## LOW SMOKE & HALOGEN FREE FLAME RETARDANT CABLES

**Standards Achieved :**

Construction : IEC 60228, IEC 60502-1
Flame propagation : IEC 60332-1-2
: IEC 60333 Categories A, B, C
Acid gas emission : IEC 60754-2
Smoke emission : IEC 61034-2

**Classification :**

Maximum conductor temperature : 90°C
Maximum circuit voltage : 1000 V
AC test voltage : 3,500 V

**Construction :**

1. Conductor : Concentric stranded or Compacted stranded copper wires
2. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE), Natural colour
3. Sheath Low smoke & halogen free compound (LSHF), Black colour, or requested colour

**Application :**

Preferably used for Installation into trunking and conduit which provide flame retardant, low smoke & corrosive gases properties in case of fire.

| No. of core | Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Thickness of sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area $mm^2$ | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | |
| 1 | 1.5 | 7 | 1.56 | 0.7 | 1.4 | 6.5 | 12.1 | 50 |
| 1 | 2.5 | 7 | 2.01 | 0.7 | 1.4 | 7.0 | 7.41 | 60 |
| 1 | 4 | 7 | 2.55 | 0.7 | 1.4 | 7.5 | 4.61 | 80 |
| 1 | 6 | 7 | 3.12 | 0.7 | 1.4 | 8.0 | 3.08 | 100 |
| 1 | 10 | 6 | 3.72 | 0.7 | 1.4 | 8.5 | 1.83 | 150 |
| 1 | 16 | 6 | 4.69 | 0.7 | 1.4 | 9.5 | 1.15 | 210 |
| 1 | 25 | 6 | 5.90 | 0.9 | 1.4 | 11.5 | 0.727 | 320 |
| 1 | 35 | 6 | 6.95 | 0.9 | 1.4 | 12.5 | 0.524 | 420 |
| 1 | 50 | 6 | 8.33 | 1.0 | 1.4 | 14.0 | 0.387 | 560 |
| 1 | 70 | 12 | 9.73 | 1.1 | 1.4 | 15.5 | 0.268 | 770 |
| 1 | 95 | 15 | 11.43 | 1.1 | 1.5 | 17.5 | 0.193 | 1,050 |
| 1 | 120 | 18 | 12.95 | 1.2 | 1.5 | 19.5 | 0.153 | 1,300 |
| 1 | 150 | 18 | 14.27 | 1.4 | 1.6 | 21.5 | 0.124 | 1,600 |
| 1 | 185 | 30 | 15.98 | 1.6 | 1.6 | 23.5 | 0.0991 | 2,000 |
| 1 | 240 | 34 | 18.47 | 1.7 | 1.7 | 26.5 | 0.0754 | 2,600 |
| 1 | 300 | 34 | 20.68 | 1.8 | 1.8 | 29.0 | 0.0601 | 3,230 |
| 1 | 400 | 53 | 23.39 | 2.0 | 1.9 | 32.5 | 0.0470 | 4,100 |
| 1 | 500 | 53 | 26.67 | 2.2 | 2.0 | 36.5 | 0.0366 | 5,260 |
| 1 | 630 | 53 | 30.22 | 2.4 | 2.2 | 41.0 | 0.0283 | 6,780 |
| 1 | 800 | 53 | 34.00 | 2.6 | 2.3 | 45.5 | 0.0221 | 8,630 |

# 0.6/1 kV XLPE/LSHF (3 CORES)

LOW SMOKE & HALOGEN FREE FIRE RESISTANT CABLES

**Standards Achieved :**

Construction : IEC 60228, IEC 60502-1
Flame propagation : IEC 60332-1-2
: IEC 60333 Categories A, B, C
Acid gas emission : IEC 60754-2
Smoke emission : IEC 61034-2

**Construction :**

1. Conductor : Concentric stranded or Compacted stranded copper wires
2. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE), Natural colour Brown, Black, Grey colour or requested colour
3. Filler : LSHF filler and/or Polypropylene (Non-hygroscopic material)
4. Binding tape : Polyester tape and/or Spunbond tape
5. Sheath : Low smoke & halogen free compound (LSHF), Black colour, or requested colour

**Classification :**

Maximum conductor temperature : 90°C
Maximum circuit voltage : 1000 V
AC test voltage : 3,500 V

**Application :**

Preferably used for installation into trunking and conduit which provide flame retardant, low smoke & corrosive gases properties in case of fire.

| No. of core | Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Thickness of sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area $mm^2$ | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | |
| 3 | 1.5 | 7 | 1.56 | 0.7 | 1.8 | 11.0 | 12.1 | 150 |
| 3 | 2.5 | 7 | 2.01 | 0.7 | 1.8 | 12.0 | 7.41 | 190 |
| 3 | 4 | 7 | 2.55 | 0.7 | 1.8 | 13.5 | 4.61 | 250 |
| 3 | 6 | 7 | 3.12 | 0.7 | 1.8 | 14.5 | 3.08 | 330 |
| 3 | 10 | 6 | 3.72 | 0.7 | 1.8 | 16.0 | 1.83 | 470 |
| 3 | 16 | 6 | 4.69 | 0.7 | 1.8 | 18.0 | 1.15 | 680 |
| 3 | 25 | 6 | 5.90 | 0.9 | 1.8 | 21.5 | 0.727 | 1,040 |
| 3 | 35 | 6 | 6.95 | 0.9 | 1.8 | 24.0 | 0.524 | 1,390 |
| 3 | 50 | 6 | 8.33 | 1.0 | 1.8 | 27.5 | 0.387 | 1,840 |
| 3 | 70 | 12 | 9.73 | 1.1 | 1.9 | 31.5 | 0.268 | 2,560 |
| 3 | 95 | 15 | 11.43 | 1.1 | 2.0 | 35.5 | 0.193 | 3,460 |
| 3 | 120 | 18 | 12.95 | 1.2 | 2.1 | 39.5 | 0.153 | 4,330 |
| 3 | 150 | 18 | 14.27 | 1.4 | 2.2 | 43.5 | 0.124 | 5,340 |
| 3 | 185 | 30 | 15.98 | 1.6 | 2.4 | 48.5 | 0.0991 | 6,680 |
| 3 | 240 | 34 | 18.47 | 1.7 | 2.6 | 55.0 | 0.0754 | 8,700 |
| 3 | 300 | 34 | 20.68 | 1.8 | 2.7 | 60.5 | 0.0601 | 10,800 |
| 3 | 400 | 53 | 23.39 | 2.0 | 3.0 | 68.0 | 0.0470 | 13,780 |

# 600/1000 V FRC-XL/LSHF (1 CORE)

LOW SMOKE & HALOGEN FREE FIRE RESISTANT CABLES (NON-SHEATHED)

**Reference Achieved :**

Construction : BS 7211

**Standards Achieved :**

Circuit Integrity : BS 6387 Categories C, W, Z
: IEC 60331-21
Flame propagation : IEC 60332-1-2
: IEC 60332-3-24 Category C
Acid gas emission : IEC 60754-2
Smoke emission : IEC 61034-2

**Construction :**

1. Conductor : Concentric stranded or Compacted stranded copper wires
2. Fire barrier tape : Mica tape
3. Insulation : Cross-linked low smoke & halogen free compound (XL-LSHF), Black colour or requested colourSmoke emission

**Classification :**

Maximum conductor temperature : 90°C
Maximum circuit voltage : 1000 V
AC test voltage : 3,500 V

**Application :**

Preferably used for Installation Into trunkIng and conduit which provide flame retardant, low smoke & corrosive gases properties In case of fire.

| No. of core | Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 90°C MΩ/km (Max.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area $mm^2$ | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | |
| 1 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 4.0 | 12.1 | 0.010 | 25 |
| 1 | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.8 | 4.5 | 7.41 | 0.009 | 40 |
| 1 | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.8 | 5.0 | 4.61 | 0.0077 | 55 |
| 1 | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.8 | 5.5 | 3.08 | 0.0065 | 75 |
| 1 | 10 | 6 | 3.72 | 1.0 | 6.5 | 1.83 | 0.0065 | 120 |
| 1 | 16 | 6 | 4.69 | 1.0 | 7.5 | 1.15 | 0.0050 | 180 |
| 1 | 25 | 6 | 5.90 | 1.2 | 9.5 | 0.727 | 0.0050 | 280 |
| 1 | 35 | 6 | 6.95 | 1.2 | 10.5 | 0.524 | 0.0043 | 375 |
| 1 | 50 | 6 | 8.33 | 1.4 | 12.5 | 0.387 | 0.0043 | 510 |
| 1 | 70 | 12 | 9.73 | 1.4 | 13.5 | 0.268 | 0.0035 | 715 |
| 1 | 95 | 15 | 11.43 | 1.6 | 16.0 | 0.193 | 0.0035 | 985 |
| 1 | 120 | 18 | 12.95 | 1.6 | 17.5 | 0.153 | 0.0032 | 1,230 |
| 1 | 150 | 18 | 14.27 | 1.8 | 19.5 | 0.124 | 0.0032 | 1,525 |
| 1 | 185 | 30 | 15.98 | 2.0 | 21.5 | 0.0991 | 0.0032 | 1,900 |
| 1 | 240 | 34 | 18.47 | 2.2 | 24.5 | 0.0754 | 0.0032 | 2,490 |
| 1 | 300 | 34 | 20.68 | 2.4 | 27.0 | 0.0601 | 0.0030 | 3,115 |
| 1 | 400 | 53 | 23.39 | 2.6 | 30.0 | 0.0470 | 0.0028 | 3,965 |

# 0.6/1 kV FRC-XLPE/LSHF (1 CORE)

LOW SMOKE & HALOGEN FREE FIRE RESISTANT CABLES

**Standards Achieved :**

Construction : IEC 60228, IEC 60502-1
Circuit Integrity : BS 6387 Categories C, W, Z
: IEC 60331-21
Flame propagation : IEC 60332-1-2
: IEC 60332-3-24 Categories C
Acid gas emission : IEC 60754-2
Smoke emission : IEC 61034-2

**Construction :**

1. Conductor : Concentric stranded or Compacted stranded copper wires
2. Fire barrier tape : Mica tape
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE), Natural colour
4. Sheath : Low smoke & halogen free compound (LSHF), Orange colour

**Classification :**

Maximum conductor temperature : 90°C
Maximum circuit voltage : 1000 V
AC test voltage : 3,500 V

**Application :**

Preferably used for Installation Into trunking and conduit which provide flame retardant, low smoke & corrosive gases properties and Maintain circuit Integrity In case of fire.

| No. of core | Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Thickness of sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area $mm^2$ | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | |
| 1 | 1.5 | 7 | 1.56 | 0.7 | 1.4 | 7.0 | 12.1 | 60 |
| 1 | 2.5 | 7 | 2.01 | 0.7 | 1.4 | 7.5 | 7.41 | 70 |
| 1 | 4 | 7 | 2.55 | 0.7 | 1.4 | 8.0 | 4.61 | 90 |
| 1 | 6 | 7 | 3.12 | 0.7 | 1.4 | 8.5 | 3.08 | 110 |
| 1 | 10 | 6 | 3.72 | 0.7 | 1.4 | 9.5 | 1.83 | 160 |
| 1 | 16 | 6 | 4.69 | 0.7 | 1.4 | 10.0 | 1.15 | 220 |
| 1 | 25 | 6 | 5.90 | 0.9 | 1.4 | 12.0 | 0.727 | 320 |
| 1 | 35 | 6 | 6.95 | 0.9 | 1.4 | 13.0 | 0.524 | 420 |
| 1 | 50 | 6 | 8.33 | 1.0 | 1.4 | 14.5 | 0.387 | 550 |
| 1 | 70 | 12 | 9.73 | 1.1 | 1.4 | 16.0 | 0.268 | 760 |
| 1 | 95 | 15 | 11.43 | 1.1 | 1.5 | 18.0 | 0.193 | 1,030 |
| 1 | 120 | 18 | 12.95 | 1.2 | 1.5 | 20.0 | 0.153 | 1,280 |
| 1 | 150 | 18 | 14.27 | 1.4 | 1.6 | 22.0 | 0.124 | 1,580 |
| 1 | 185 | 30 | 15.98 | 1.6 | 1.6 | 24.0 | 0.0991 | 1,950 |
| 1 | 240 | 34 | 18.47 | 1.7 | 1.7 | 27.0 | 0.0754 | 2,540 |
| 1 | 300 | 34 | 20.68 | 1.8 | 1.8 | 29.5 | 0.0601 | 3,160 |
| 1 | 400 | 53 | 23.39 | 2.0 | 1.9 | 33.0 | 0.0470 | 4,010 |

# 0.6/1 kV FRC-XLPE/LSHF (3 CORES)

## LOW SMOKE & HALOGEN FREE FIRE RESISTANT CABLES (NON-SHEATHED)

**Standards Achieved :**

Construction : IEC 60228, IEC 60502-1
Circuit Integrity : BS 6387 Categories C, W, Z
: IEC 60331-21
Flame propagation : IEC 60332-1-2
: IEC 60332-3-24 Categories C
Acid gas emission : IEC 60754-2
Smoke emission : IEC 61034-2

**Classification :**

Maximum conductor temperature : 90°C
Maximum circuit voltage : 1000 V
AC test voltage : 3,500 V

**Construction :**

1. Conductor : Concentric stranded or Compacted stranded copper wires
2. Fire barrier tape : Mica tape
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE),
Brown, Black, Grey colour or requested colour
4. Filler: LSHF rod
5. Binding tape : Fiberglass tape
6. Sheath : Low smoke & halogen free compound (LSHF), Orange colour

**Application :**

Preferably used for Installation into trunking and conduit which provide flame retardant, low smoke & corrosive gases properties and Maintain circuit Integrity in case of fire.

| No. of core | Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Thickness of sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area mm2 | No. of wires (Min.) | Diameter mm (Approx.) | | | | | |
| 3 | 1.5 | 7 | 1.56 | 0.7 | 1.8 | 13.5 | 12.1 | 190 |
| 3 | 2.5 | 7 | 2.01 | 0.7 | 1.8 | 14.5 | 7.41 | 240 |
| 3 | 4 | 7 | 2.55 | 0.7 | 1.8 | 15.5 | 4.61 | 300 |
| 3 | 6 | 7 | 3.12 | 0.7 | 1.8 | 17.0 | 3.08 | 380 |
| 3 | 10 | 6 | 3.72 | 0.7 | 1.8 | 18.0 | 1.83 | 520 |
| 3 | 16 | 6 | 4.69 | 0.7 | 1.8 | 20.0 | 1.15 | 740 |
| 3 | 25 | 6 | 5.90 | 0.9 | 1.8 | 24.0 | 0.727 | 1,100 |
| 3 | 35 | 6 | 6.95 | 0.9 | 1.8 | 26.5 | 0.524 | 1,430 |
| 3 | 50 | 6 | 8.33 | 1.0 | 1.8 | 30.0 | 0.387 | 1,880 |
| 3 | 70 | 12 | 9.73 | 1.1 | 1.9 | 33.5 | 0.268 | 2,600 |
| 3 | 95 | 15 | 11.43 | 1.1 | 2.0 | 37.5 | 0.193 | 3,490 |
| 3 | 120 | 18 | 12.95 | 1.2 | 2.1 | 41.5 | 0.153 | 4,350 |
| 3 | 150 | 18 | 14.27 | 1.4 | 2.2 | 45.5 | 0.124 | 5,340 |
| 3 | 185 | 30 | 15.98 | 1.6 | 2.4 | 51.0 | 0.0991 | 6,660 |
| 3 | 240 | 34 | 18.47 | 1.7 | 2.6 | 57.0 | 0.0754 | 8,650 |
| 3 | 300 | 34 | 20.68 | 1.8 | 2.7 | 62.5 | 0.0601 | 10,710 |
| 3 | 400 | 53 | 23.39 | 2.0 | 3.0 | 70.0 | 0.0470 | 13,620 |

# 0.6/1 kV FRC-XLPE/LSHF-S

## MULTI-CORE LOW SMOKE & HALOGEN FREE FIRE RESISTANT CONTROL CABLES WITH METALLIC SHIELD

**Standards Achieved :**

| | | |
|---|---|---|
| Construction | : | IEC 60228, IEC 60502-1 |
| Circuit Integrity | : | BS 6387 Categories C, W, Z |
| | : | IEC 60331-21 |
| Flame propagation | : | IEC 60332-1-2 |
| | : | IEC 60333 Categories A, B, C |
| Acid gas emission | : | IEC 60754-2 |
| Smoke emission | : | IEC 61034-2 |

1. Conductor : Concentric stranded or Compacted stranded copper wires
2. fire barrier tape : Mica tape
3. Insulation : Cross-linked polyethylene (XLPE), Black colour with marking number
4. Filler : LSHF filler and/or Polypropylene (Non-hygroscopic material)
5. Binding tape : Fiberglass tape
6. Inner sheath : Low smoke & halogen free compound (LSHF)
7. Metalic sheath: Annealed copper tape
9. Outer sheath : Low smoke & halogen free compound (LSHF), Orange colour

**Classification :**

| | |
|---|---|
| Maximum conductor temperature | : 90°C |
| Maximum circuit voltage | : 1000 V |
| AC test voltage | : 3,500 V |

**Application :**

Preferably used for Installation Into trunking and conduit which provide flame retardant, low smoke & corrosive gases properties In case of fire.

| No. of core | Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Thickness of Inner sheath mm (Approx.) | Thickness of outer sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area $mm^2$ | No. & dia. of wire No./mm | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | |
| 2 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 15.5 | 12.1 | 2,500 | 260 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 16.5 | 7.41 | 2,100 | 310 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 17.5 | 4.61 | 1,800 | 370 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 19.0 | 3.08 | 1,500 | 440 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 20.5 | 1.83 | 1,200 | 570 |
| 3 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 16.5 | 12.1 | 2,500 | 300 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 17.5 | 7.41 | 2,100 | 350 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 18.5 | 4.61 | 1,800 | 430 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 19.5 | 3.08 | 1,500 | 520 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 21.5 | 1.83 | 1,200 | 690 |
| 4 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 17.5 | 12.1 | 2,500 | 340 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 18.5 | 7.41 | 2,100 | 410 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 20.0 | 4.61 | 1,800 | 510 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 21.0 | 3.08 | 1,500 | 620 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 23.5 | 1.83 | 1,200 | 850 |
| 5 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 18.5 | 12.1 | 2,500 | 400 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 20.0 | 7.41 | 2,100 | 480 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 21.5 | 4.61 | 1,800 | 600 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 23.0 | 3.08 | 1,500 | 740 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 25.5 | 1.83 | 1,200 | 1,020 |

# 0.6/1 kV FRC-XLPE/LSHF-S (ต่อ)

MULTI-CORE LOW SMOKE & HALOGEN FREE FIRE RESISTANT CONTROL CABLES WITH METALLIC SHIELD

| No. of core | Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Thickness of Inner sheath mm (Approx.) | Thickness of outer sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area $mm^2$ | No. & dia. of wire No./mm | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | |
| 6 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 20.0 | 12.1 | 2,500 | 420 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 21.0 | 7.41 | 2,100 | 510 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 23.0 | 4.61 | 1,800 | 640 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 24.5 | 3.08 | 1,500 | 800 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 27.5 | 1.83 | 1,200 | 1,120 |
| 7 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 20.0 | 12.1 | 2,500 | 440 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 21.0 | 7.41 | 2,100 | 540 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 23.0 | 4.61 | 1,800 | 680 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 24.5 | 3.08 | 1,500 | 860 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 27.5 | 1.83 | 1,200 | 1,200 |
| 8 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 21.0 | 12.1 | 2,500 | 490 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 22.5 | 7.41 | 2,100 | 600 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 24.5 | 4.61 | 1,800 | 760 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 26.5 | 3.08 | 1,500 | 970 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 29.5 | 1.83 | 1,200 | 1,360 |
| 9 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 22.5 | 12.1 | 2,500 | 540 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 24.0 | 7.41 | 2,100 | 670 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 26.0 | 4.61 | 1,800 | 850 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 28.0 | 3.08 | 1,500 | 1,080 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 31.5 | 1.83 | 1,200 | 1,520 |
| 10 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 24.0 | 12.1 | 2,500 | 580 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 26.0 | 7.41 | 2,100 | 730 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 28.0 | 4.61 | 1,800 | 930 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 30.5 | 3.08 | 1,500 | 1,180 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 34.0 | 1.83 | 1,200 | 1,670 |
| 11 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 25.0 | 12.1 | 2,500 | 630 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 26.5 | 7.41 | 2,100 | 790 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 29.0 | 4.61 | 1,800 | 1,010 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 31.5 | 3.08 | 1,500 | 1,290 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 35.0 | 1.83 | 1,200 | 1,830 |

# 0.6/1 kV FRC-XLPE/LSHF-S (ต่อ)

MULTI-CORE LOW SMOKE & HALOGEN FREE FIRE RESISTANT CONTROL CABLES WITH METALLIC SHIELD

| No. of core | Conductor | | | Thickness of Insulation mm (Nominal) | Thickness of Inner sheath mm (Approx.) | Thickness of outer sheath mm (Nominal) | Overall diameter mm (Approx.) | Conductor resistance at 20°C Ω/km (Max.) | Insulation resistance at 20°C MΩ.km (Min.) | Cable weight kg/km (Approx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cross-sectional area $mm^2$ | No. & dia. of wire No./mm | Diameter mm (Approx.) | | | | | | | |
| 12 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 25.0 | 12.1 | 2,500 | 650 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 26.5 | 7.41 | 2,100 | 810 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 29.0 | 4.61 | 1,800 | 1,050 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 31.5 | 3.08 | 1,500 | 1,350 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 35.0 | 1.83 | 1,200 | 1,920 |
| 13 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 26.0 | 12.1 | 2,500 | 700 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 28.0 | 7.41 | 2,100 | 880 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 30.0 | 4.61 | 1,800 | 1,140 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 33.0 | 3.08 | 1,500 | 1,470 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 37.0 | 1.83 | 1,200 | 2,100 |
| 14 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 26.0 | 12.1 | 2,500 | 720 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 28.0 | 7.41 | 2,100 | 910 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 30.0 | 4.61 | 1,800 | 1,180 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 33.0 | 3.08 | 1,500 | 1,520 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 37.0 | 1.83 | 1,200 | 2,190 |
| 15 | 1.5 | 7/0.52 | 1.56 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 27.0 | 12.1 | 2,500 | 780 |
| | 2.5 | 7/0.67 | 2.01 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 29.0 | 7.41 | 2,100 | 990 |
| | 4 | 7/0.85 | 2.55 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 31.5 | 4.61 | 1,800 | 1,280 |
| | 6 | 7/1.04 | 3.12 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 34.5 | 3.08 | 1,500 | 1,650 |
| | 10 | 7/1.35 | 4.05 | 0.7 | 1.0 | 1.9 | 39.0 | 1.83 | 1,200 | 2,400 |

## 5.9 การใช้ Fire Performance Cables

**5.9.1** อาคารชุด อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่พิเศษ

วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต ต้องใช้สาย Fire Resistant Cables ชั้น CWZ

**5.9.2** โรงมหรสพ สถานบริการ โรงแรม

วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต ต้องใช้สาย Fire Resistant Cables สายไฟฟ้าวงจรอื่น ต้องใช้สายชนิดควันน้อย (Low Smoke) ไร้ฮาโลเจน (Non Halogen) ต้านทานเพลิงลุกไหม้ (Flame Retardant)

**5.9.3** อาคารเพื่อการสาธารณะใต้ฝังดิน

เมนสวิตซ์และสวิตซ์ ติดตั้งอยู่ในชั้นใต้ผิวดิน สายไฟฟ้าเข้าออกทั้งหมด จะต้องเป็น Fire Performance Cables วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิตต้องเป็นสาย Fire Resistant Cables สายไฟฟ้าวงจรอื่นทั้งหมด ต้องใช้สายชนิดควันน้อย (Low Smoke) ไร้ฮาโลเจน (Non Halogen) ต้านทานเพลิงลุกไหม้ (Flame Retardant)

# บทที่ 6 ท่อสาย

## 6.1 บทนำ

ในการเดินสายไฟฟ้านั้น ถึงแม้ว่าฉนวนที่หุ้มสายไฟฟ้า จะมีความแข็งแรงทนทานพอสมควร แต่ว่ามันก็ยังไม่แข็งแรงพอที่จะทนต่อแรงกระแทกต่างๆ จากภายนอกได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันสายไฟฟ้า ไม่ให้ได้รับความเสียหาย และสามารถใช้งานได้ยาวนาน ในปัจจุบันจึงนิยมที่จะเดินสายไฟฟ้าในท่อสาย (Raceways) ท่อสายเป็นอุปกรณ์ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อกลมหรือช่องสี่เหลี่ยมผิวในเรียบใช้ในการเดินสายไฟฟ้าโดยเฉพาะ

**ประโยชน์ของการใช้ท่อสาย มีดังนี้**

**1.** ป้องกันสายไฟฟ้าจากความเสียหายทางกายภาพ เช่น การถูกกระทบกระแทกจากของมีคม หรือถูกสารเคมีต่างๆ

**2.** ป้องกันอันตรายกับคนที่อาจจะไปแตะถูกสายไฟฟ้า เมื่อฉนวนของมันเสียหาย หรือมีการเสื่อมสภาพ

**3.** สะดวกต่อการร้อยสาย และ เปลี่ยนสายไฟฟ้าสายใหม่ เมื่อสายหมดอายุการใช้งาน

**4.** ท่อสายที่เป็นโลหะ จะต้องมีการต่อลงดิน ดังนั้น จะเป็นการป้องกันไฟฟ้าช๊อตได้

**5.** สามารถป้องกันไฟไหม้ได้ เนื่องจากถ้าเกิดการลัดวงจรภายในท่อประกายไฟ หรือความร้อนจะถูกจำกัดอยู่ภายในท่อ

ท่อสายอาจจะทำมาจากวัสดุที่เป็นโลหะ เช่น เหล็ก และ อะลูมิเนียม หรือวัสดุที่เป็นอโลหะ เช่น พลาสติก หรือแอสเบสโตส

## 6.2 ชนิดของท่อสาย

- ท่อสายที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน มีดังนี้
- ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit)
- ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit)
- ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing)
- ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit)
- ท่ออโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Conduit)
- รางเดินสาย (Wireways)
- รางเดินสายประกอบ (Auxiliary Gutters)

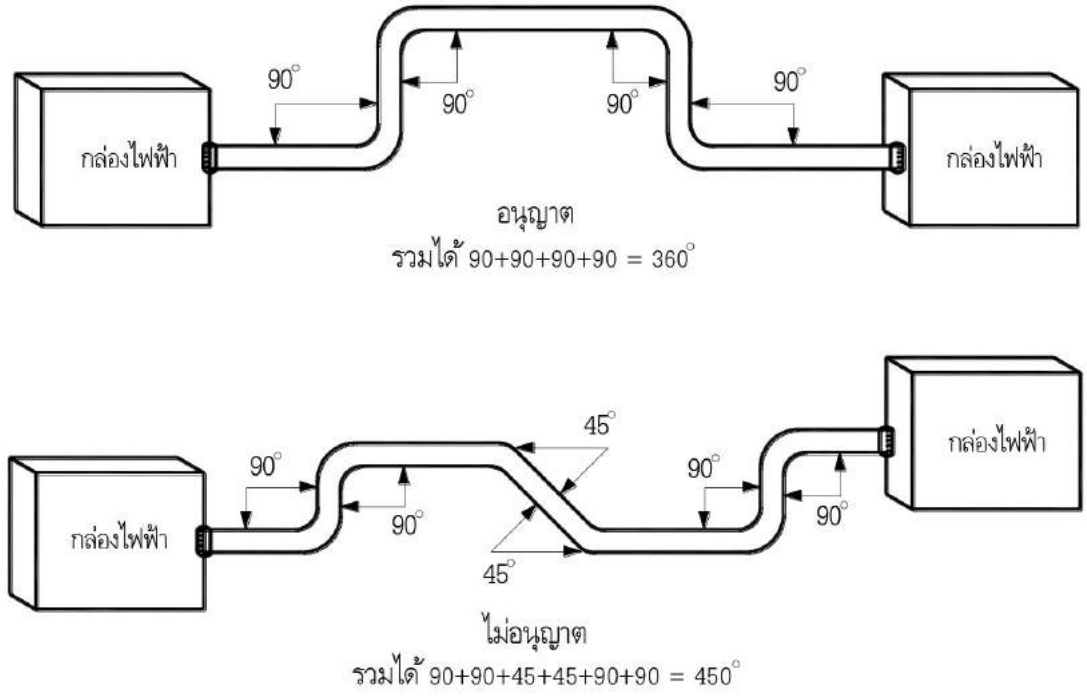
## 6.3 ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit, RMC)

ท่อโลหะหนาเป็นท่อที่มีความแข็งแรงที่สุด สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี ท่อชนิดนี้ถ้าทำมาจากเหล็กกล้าจะเรียกว่า ท่อ RSC (Rigid Steel Conduit) และส่วนใหญ่จะผ่านขบวนการชุบด้วยสังกะสี (Galvanized) ซึ่งจะช่วยป้องกันสนิมได้อย่างดี การใช้งานสามารถใช้งานได้ทุกสถานที่และสภาพอากาศทั้งภายนอกและภายในอาคาร รวมทั้งสามารถฝังใต้ดินได้ ท่อ RMC มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1⁄2" – 6" และความยาวท่อนละ 3.00 m

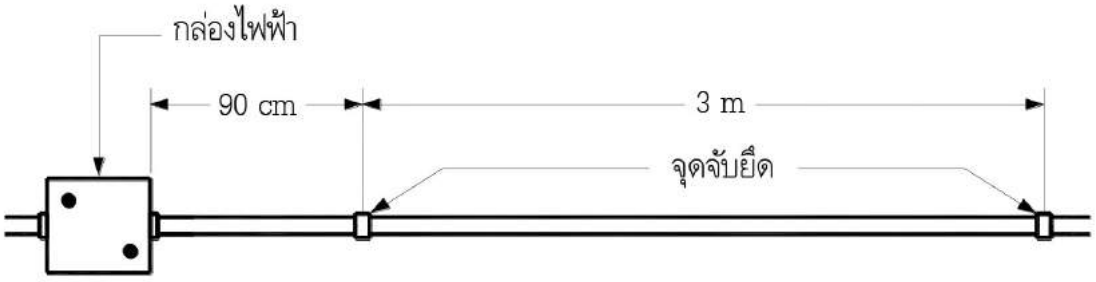
### การติดตั้งมีกฎเกณฑ์ดังนี้

ในสถานที่เปียก (Wet Location) ส่วนประกอบที่ใช้ยึดท่อ เช่น Bolt, Strap และ Screw เป็นต้น ต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้ ถ้าติดตั้งในที่ที่มีการผุกร่อน (Cinder Fill) ท่อจะต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้ หรือหุ้มท่อด้วยคอนกรีตหนาอย่างน้อย 2 นิ้ว ในการต่อท่อเข้ากับเครื่องประกอบ จะต้องใช้บุชชิ่ง (Bushing) เพื่อป้องกันฉนวนของสายไฟฟ้าเสียหาย ถ้ามีการดัดโค้ง

มุมดัดโค้งของท่อระหว่างจุดดึงสาย รวมกันจะต้องไม่เกิน 360 องศา นอกจากนี้ การเดินท่อจะต้องมีการจับยึดที่มั่นคงแข็งแรงทุกระยะไม่เกิน 3.0 m และห่างจากกล่องไฟฟ้า หรือจุดต่อไฟ ไม่เกิน 0.9 m




รูปที่ 6.1 มุมดัดโค้งท่อระหว่างจุดดึงสาย




รูปที่ 6.2 การติดตั้งท่อ RMC

## 6.4 ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit, IMC)

ท่อโลหะหนาปานกลางหรือ ท่อ IMC เป็นท่อที่มีความหนา น้อยกว่าท่อ RMC สามารถใช้งานแทนท่อ RMC ได้ทุกสถานที่ แต่มีราคาถูกกว่า การติดตั้ง การต่อสาย และ การต่อแยก รวมทั้งการต่อท่อ ทำในลักษณะเช่นเดียวกับท่อ RMC โดยท่อ IMC มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1⁄2" – 4" และความยาวท่อนละ 3 m

## 6.5 ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing, EMT)

ท่อโลหะบางหรือท่อ EMT เป็นท่อที่มีผนังบางกว่าท่อ RMC และ IMC จึงมีความแข็งแรงน้อยกว่าและมีราคาถูกกว่า สามารถใช้ได้เฉพาะภายในอาคารเท่านั้น ทั้งในที่เปิดโล่ง (Exposed) และ ที่ซ่อน (Conceal) เช่น เดินลอยตามผนัง เดินในฝ้าเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีตได้ ท่อ EMT จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1⁄2" – 2" และความยาวท่อนละ 3 m

ไม่ควรใช้ท่อ EMT ในที่ที่มีการกระทบกระแทกทางกล ไม่ใช้ฝังใต้ดินและไม่ใช้ในระบบแรงสูง ส่วนการติดตั้ง การต่อสายและการต่อแยก ทำในลักษณะเช่นเดียวกับท่อ RMC การต่อท่อ EMT ห้ามทำเกลียว การต่อท่อจะใช้ข้อต่อชนิดไม่มีเกลียว เช่น แบบใช้สกรูไข และไม่อนุญาตให้ใช้ท่อ EMT เป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน

## 6.6 ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit , FMC)

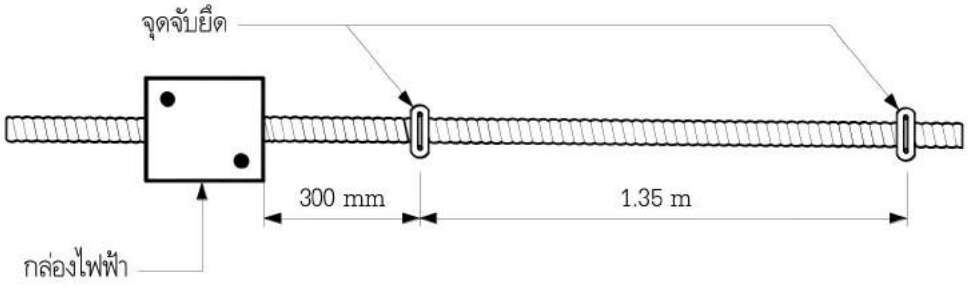
ท่อโลหะอ่อนทำมาจากเหล็กกล้าชุบสังกะสี ในลักษณะที่มีความอ่อนตัวสูง สามารถโค้งงอได้ ท่อโลหะอ่อนเหมาะสำหรับใช้งานกับอุปกรณ์ที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งาน เช่น มอเตอร์ เครื่องจักรต่างๆ หรือ ใช้กับงานที่ต้องการความโค้งงอด้วยมุมหักสูงๆ เช่น จุดต่อดวงโคม

ท่อโลหะอ่อนไม่อนุญาตให้ใช้ในบางกรณี ดังนี้

- ในปล่องลิฟท์ หรือ ปล่องขนของ
- ในห้องแบตเตอรี่
- ในสถานที่อันตราย
- ในสถานที่เปียก ยกเว้นเมื่อมีการป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในท่อ และใช้สายไฟฟ้าที่เหมาะ ฝังในดิน หรือ ฝังในคอนกรีต

การติดตั้งท่อ FMC จะต้องมีการจับยึดที่มั่นคงแข็งแรงทุกระยะไม่เกิน 1.50 m และห่างจากกล่องไฟฟ้า หรือ จากจุดต่อไฟ ไม่เกิน 0.30 m

ในการดัดโค้งท่อ FMC จะต้องมีมุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสาย รวมกันไม่เกิน 360 องศานอกจากนี้สามารถใช้ท่อโลหะอ่อนเป็นตัวนำสำหรับต่อลงดินได้ เมื่อท่อโลหะอ่อนมีความยาวไม่เกิน 1.80 m และ สายไฟภายในต่อกับเครื่องป้องกันกระแสเกินขนาดไม่เกิน 20 A




รูปที่ 6.3 การติดตั้งท่อโลหะอ่อน

## 6.7 ท่ออโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Conduit, RNC)

ท่อ และ อุปกรณ์ของท่อชนิดนี้ ทำมาจากสารอโลหะซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมทางกายภาพได้แก่ ไฟเบอร์ ใยหิน ซีเมนต์ พีวีซีอย่างแข็ง อีพอคซี่เสริมใยแก้ว โพลีเอทธิลีน ความหนาแน่นสูง เป็นต้น

ท่ออโลหะแข็งจะมีความทนทานต่อการกัดกร่อน และการกระทบกระแทกได้ดี ท่อชนิดนี้แม้ว่าความแข็งแรงจะน้อยกว่าท่อโลหะ แต่มันมีความทนทานต่อความชื้น และการกัดกร่อนจากสารเคมีในอากาศได้ดีกว่า

ท่ออโลหะแข็งสามารถใช้ได้ในสถานที่ดังนี้

- ในที่เปิดโล่ง (Exposed) ที่ป้องกันความเสียหายทางกายภาพ
- ในที่ซ่อน (Conceal) เช่น เดินซ่อนในผนัง พื้น และ เพดาน
- ในที่เปียก และ ชื้น โดยมีการป้องกันน้ำเข้าไปในท่อ
- สามารถฝังใต้ดินได้ เพราะมันทนต่อความชื้นและการผุกร่อนได้ แต่เพื่อความแข็งแรงส่วนมากจะหุ้มด้วยคอนกรีต ที่เรียกว่า Duct Bank

ท่ออโลหะแข็งไม่อนุญาตให้ใช้ในบางกรณีดังนี้ คือ ใช้เป็นเครื่องแขวนและจับยึดดวงโคม และในที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของท่อที่ระบุ

## 6.8 จำนวนสายไฟฟ้าสูงสุดในท่อร้อยสาย

การเดินสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย เป็นแบบการติดตั้งที่มีการใช้มากที่สุด ซึ่งจำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสายจะต้องมีจำนวนไม่มากเกินไป ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

1. เมื่อมีกระแสไหลผ่านสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย จะทำให้เกิดความร้อนขึ้น จึงจำเป็นต้องมีที่ว่างสำหรับการระบายความร้อน

2. พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้า ต้องเล็กกว่าพื้นที่หน้าตัดภายในของท่อร้อยสายพอสมควร เพื่อให้การดึงสายไฟฟ้าทำได้สะดวก และไม่ทำลายฉนวนของสายไฟฟ้า

เปอร์เซ็นต์สูงสุดของพื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้า ต่อพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย(% FILL) ต้องได้ตาม ตารางที่ 6.1

### ตารางที่ 6.1

พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

| จำนวนสายในท่อสาย | 1 | 2 | 3 | 4 | มากกว่า 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| สายไฟทุกชนิดยกเว้นสายชนิดปลอกตะกั่วหุ้ม | 53 | 31 | 40 | 40 | 40 |
| สายไฟชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม | 55 | 30 | 40 | 38 | 35 |

# ตารางที่ 6.2

## ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย

| ขนาดท่อ mm ( นิ้ว ) | พ.ท. หน้าตัดท่อ 100% ( $mm^2$ ) | 1 ตัวนำ 53% ( $mm^2$ ) | 2 ตัวนำ 31% ( $mm^2$ ) | 3 ตัวนำขึ้นไป 40% ( $mm^2$ ) |
|---|---|---|---|---|
| 15 ( 1/2 ) | 177 | 94 | 55 | 71 |
| 20 ( 3/4 ) | 314 | 166 | 97 | 126 |
| 25 ( 1 ) | 491 | 260 | 152 | 196 |
| 32 ( 1 1/4 ) | 804 | 426 | 249 | 322 |
| 40 ( 1 1/2 ) | 1257 | 666 | 390 | 503 |
| 50 ( 2 ) | 1963 | 1041 | 609 | 785 |
| 65 ( 2 1/2 ) | 3318 | 1759 | 1029 | 1327 |
| 80 ( 3 ) | 5027 | 2664 | 1558 | 2011 |
| 90 ( 3 1/2 ) | 6362 | 3372 | 1972 | 2545 |
| 100 ( 4 ) | 7854 | 4163 | 2435 | 3142 |
| 125 ( 5 ) | 12272 | 6504 | 3804 | 4909 |
| 150 ( 6 ) | 17671 | 9366 | 5478 | 7069 |

หมายเหตุ

– พื้นที่หน้าตัดท่อร้อยสาย คิดจากสูตร

$$A = \frac{\P}{4}d^2$$

โดยที่

A = พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$)

d = เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)

**ตัวอย่างที่ 6.1** ท่อขนาด 80 mm (3 นิ้ว) มีพื้นที่หน้าตัดเท่าใด และถ้าใช้บรรจุสาย 4 เส้นพื้นที่หน้าตัดรวมของสายต้องไม่เกินเท่าใด

วิธีทำ

$$A = \frac{\pi}{4}d^2$$

$$= \frac{\pi}{4} \times (80)^2 = 5027 \text{ mm}^2$$

สาย 4 เส้น ต้องใช้ไม่เกิน 40 %

$\therefore$ พื้นที่หน้าตัดรวมของสายต้องไม่เกิน

$$= 5027 \times 0.4$$

$$= 2011 \text{ mm}^2$$

# 6.9. มิติสายไฟฟ้า

## ตารางที่ 6.3

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและพื้นที่น่าตัดของสายไฟฟ้า

| ขนาดสาย | สาย IEC 01 | | สาย NYY 1/C | | สาย NYY 3/C | | สาย NYY 4 / C | | สาย XLPE 1/C | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ขนาดสาย ($mm^2$) | เส้นผ่าศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) | เส้นผ่าศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) | เส้นผ่าศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้า ตัด ($mm^2$) | เส้นผ่าศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) |
| 1 | - | - | 8.8 | 60.8 | - | - | - | - | - | - |
| 1.5 | 3.3 | 8.6 | 9.2 | 66.5 | - | - | - | - | 6.5 | 33.1 |
| 2.5 | 4.0 | 12.6 | 9.8 | 75.4 | - | - | - | - | 7.0 | 38.4 |
| 4 | 4.6 | 16.6 | 10.5 | 86.6 | - | - | - | - | 7.5 | 44.1 |
| 6 | 5.2 | 21.2 | 11.0 | 95.0 | - | - | - | - | 8.0 | 50.2 |
| 10 | 6.7 | 35.2 | 12.0 | 113 | - | - | - | - | 8.5 | 56.7 |
| 16 | 7.8 | 47.7 | 13.0 | 133 | - | - | - | - | 9.5 | 70.8 |
| 25 | 9.7 | 73.8 | 14.5 | 165 | - | - | - | - | 11.5 | 104 |
| 35 | 10.9 | 93.3 | 16.0 | 201 | - | - | - | - | 12.5 | 123 |
| 50 | 12.8 | 129 | 17.0 | 227 | 36.0 | 1018 | 39.5 | 1225 | 14.0 | 154 |
| 70 | 14.6 | 167 | 19.0 | 284 | 40.5 | 1288 | 44.5 | 1555 | 15.5 | 189 |
| 95 | 17.1 | 230 | 21.5 | 363 | 46.0 | 1662 | 51.5 | 2083 | 17.5 | 241 |
| 120 | 18.8 | 278 | 23.0 | 416 | 50.5 | 2003 | 56.0 | 2463 | 19.5 | 299 |
| 150 | 20.9 | 343 | 26.0 | 531 | 56.0 | 2463 | 62.0 | 3019 | 21.5 | 363 |
| 185 | 23.3 | 426 | 28.0 | 616 | 61.5 | 2971 | 68.0 | 3632 | 23.8 | 434 |
| 240 | 26.6 | 556 | 31.5 | 779 | 69.0 | 3739 | 76.5 | 4596 | 26.5 | 552 |
| 300 | 29.6 | 688 | 35.0 | 962 | 76.0 | 4537 | 85.0 | 5675 | 29.0 | 661 |
| 400 | 33.2 | 866 | 38.5 | 1164 | - | - | - | - | 32.5 | 830 |
| 500 | - | - | 43.0 | 1452 | - | - | - | - | 36.5 | 1046 |

## 6.10 ตัวอย่างการคำนวณขนาดท่อร้อยสาย

**ตัวอย่างที่ 6.2** สาย IEC 01 ขนาด 35 $mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัดเท่าใด

วิธีทำ

สาย IEC 01 35 $mm^2$ มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10.9 mm

$$\therefore \text{พื้นที่หน้าตัด} = \frac{\pi}{4}d^2$$

$$= \frac{\pi}{4} \times (10.9)^2 = 93.3 \text{ mm}^2$$

**ตัวอย่างที่ 6.3** ต้องการร้อยสาย IEC 01 จำนวน 5 เส้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 3 x 150 $mm^2$
- 1 x 70 $mm^2$
- G – 10 $mm^2$

จะต้องใช้ท่อขนาดเท่าใด

วิธีทำ

จากตาราง มิติสายไฟฟ้า

| | | | |
|---|---|---|---|
| สาย 150 $mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด | = 3 x 343 | = 1029 | $mm^2$ |
| สาย 70 $mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด | = 1 x 167 | = 167 | $mm^2$ |
| สาย 10 $mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด | = 1 x 35 | = 35 | $mm^2$ |
| พื้นที่หน้าตัดรวม | | = 1231 | $mm^2$ |

วิธีทำ

จากตาราง ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย

ท่อขนาด 50 mm (2") 40% ของพื้นที่หน้าตัด = 785 $mm^2$

ท่อขนาด 65 mm (2 1/2) 40% ของพื้นที่หน้าตัด = 1327 $mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม = 1231 $mm^2$

∴ เลือกใช้ท่อขนาด 65 mm

**ตัวอย่างที่ 6.4** ต้องการร้อยสายไฟฟ้า NYY 3 x 240 $mm^2$ ในท่อร้อยสาย จะต้องใช้ท่อร้อยสาย ขนาดเท่าใด

วิธีทำ

จากตาราง ขนาดสาย NYY

สาย 240 $mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด = 779 $mm^2$

ดังนั้นพื้นที่หน้าตัดรวม = 3 x 779 $mm^2$

= 2337 $mm^2$

จากตาราง ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย

ท่อ 80 mm, (3") 40% ของพื้นที่หน้าตัด = 2011 $mm^2$

ท่อ 90 mm, (3 1/2") 40% ของพื้นที่หน้าตัด = 2545 $mm^2$

ดังนั้นเลือกใช้ท่อขนาด 90 mm (3 1/2")

**ตัวอย่างที่ 6.5** สาย XLPE ขนาด 95 $mm^2$
ถ้าเดินในท่อร้อยสายขนาด 65 mm จะได้มากที่สุดกี่เส้น

วิธีทำ

จากตารางขนาดสาย XLPE ขนาด 95 $mm^2$

มีพื้นที่หน้าตัด = 241 $mm^2$

และจากตารางขนาดพื้นที่หน้าตัดของสายได้ว่า 40%

ของพื้นที่หน้าตัดของที่ขนาด 65 mm = 1327 $mm^2$

$\therefore$ ได้จำนวนสายมากที่สุดคือ 1327 / 241 = 5.51 เส้น

จำนวนสายมากที่สุดคือ 5 เส้น

# บทที่ 7 พิกัดกระแสไฟฟ้าของสายไฟฟ้าและตาราง

## 7.1 บทนำ

สายไฟฟ้าเป็นวัสดุอย่างหนึ่งที่สำคัญที่สุดในระบบไฟฟ้า เกี่ยวข้องกับการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า และระบบอื่นๆที่ใช้ไฟฟ้า ดังนั้นพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าต่างๆจึงสำคัญอย่างยิ่งในระบบไฟฟ้า ทั้งนี้วิศวกรและช่างต้องรู้และเข้าใจสายไฟฟ้าต่างๆเป็นอย่างดี เพื่อที่จะสามารถคำนวนและเลือกใช้สายไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม ซึ่งหากเลือกขนาดของสายไฟฟ้าใหญ่เกินไปก็จะเกิดความสิ้นเปลือง หรือหากเลือกสายไฟฟ้าขนาดเล็กเกินไปก็จะไม่เพียงพอต่อการใช้งานอาจทำให้เกิดความร้อนหรือลัดวงจรขึ้นได้

## 7.2 การนำกระแสของสายไฟฟ้า

การนำกระแสของสายไฟฟ้า มีปัจจัยอยู่หลายประการ ที่สำคัญ มีดังนี้

**1) ตัวนำ** (Conductor)

- ใช้โลหะ 2 ชนิดคือ Copper, Aluminum
- เมื่อมีกระแสไหลผ่านตัวนำ จะเกิดกำลังสูญเสียขึ้น คือ $I^2 R$
- กำลังสูญเสียนี้จะทำให้เกิดความร้อน

**2) ฉนวน** (Insulation)

- ใช้กันมากมี 2 ชนิดคือ PVC 70° C, XLPE 90° C
- ความร้อนจากตัวนำ ทำให้อุณหภูมิฉนวนสูงขึ้น แต่จะเกินค่าพิกัดอุณหภูมิฉนวนไม่ได้

– ดังนั้น พิกัดอุณหภูมิของฉนวนจะเป็นตัวกำหนด การนำกระแสของสายไฟฟ้า

**3) อุณหภูมิโดยรอบ** (Ambient Temperature)

อุณหภูมิโดยรอบ เป็นตัวกำหนด ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Temperature Rise) ของฉนวนอุณหภูมิโดยรอบสูง สายไฟฟ้าก็จะนำกระแสได้น้อยลง

– Ambient Temperature

– Air30°C (40°C)

– Underground 20°C (30°C)

**4) ความต้านทานความร้อนดิน** (Soil Thermal Resistivity)

สายไฟฟ้าที่ฝังดินโดยตรงหรือเดินในท่อฝังดิน ความสามารถการระบายความร้อนของดิน จะเป็นตัวกำหนด การนำกระแสของสายไฟฟ้า

– Soil Thermal Resistivity

– ดินแห้ง (Dry) 2.5 Km/ W

– ดินชื้น (Moist) 1.0 Km/ W

**5) วิธีการติดตั้ง** (Method of Installation)

การเดินสายไฟฟ้าทำได้หลายแบบแต่ละแบบจะมีความสามารถในการระบายความร้อนไม่เหมือนกัน และวิธีการติดตั้งมีผลต่อการนำกระแสของสายไฟฟ้า

**6) กลุ่มวงจร** (Grouping)

เมื่อมีวงจรไฟฟ้าหลายวงจรอยู่ใกล้กันความร้อนจากวงจรไฟฟ้าข้างเคียงจะทำให้ อุณหภูมิสูงขึ้น การนำกระแสของสายไฟฟ้าจะลดลง วงจรของสายไฟฟ้าหลายวงจรที่ติดตั้งใกล้กันจะต้องใช้ตัวคูณปรับค่า (Rating Factor)

## 7.3 พิกัดการนำกระแสสายไฟฟ้า ตามมาตรฐาน IEC

เนื่องจากการนำกระแสของสายไฟฟ้า มีความสำคัญมาก IEC จึงได้จัดทำมาตรฐานเกี่ยวกับเรื่องนี้ คือ IEC 60287 Electric Cables (Calculation of the Current Rating), IEC 60364–5–52 Electrical Installation of Buildings Wiring Systems การติดตั้งสายไฟฟ้า (Installation Methods) ทำได้หลายแบบ ตาม British Standard อาจทำได้มากกว่า 120 วิธี แต่สำหรับพิกัดกระแสสายไฟฟ้านั้น การติดตั้งไฟฟ้านั้นมีวิธีใกล้เคียงกันมาก ซึ่งสามารถจัดเป็นกลุ่มเดียวกันได้ เรียกว่า Reference Method แบ่งเป็น A, B, C, D, E, F และ G

ค่าพิกัดกระแสสายไฟฟ้าของ IEC ตามตารางใช้สำหรับ 1 วงจร ถ้ามีวงจรมากขึ้น และ สภาพเปลี่ยนไปจะต้องใช้ ตัวคูณปรับค่า Rating Factors ตัวคูณปรับค่า Rating Factors มีอยู่หลายตาราง พิกัดกระแสไฟฟ้าของ IEC หลายประเทศได้นำไปปรับแต่งให้เหมาะสมกับการใช้งานของประเทศของตน มาตรฐานพิกัดสายไฟฟ้าของประเทศที่ทำได้สมบูรณ์ คือ British Standard BS 7671 : 2008 Requirements for Electrical Installations ส่วนที่เกี่ยวกับพิกัดกระแสสายไฟฟ้า คือ Appendix 4 Current–Carrying Capacity and Voltage Drop of Cables

## 7.4 พิกัดกระแสของสายไฟฟ้าตามสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)

การปรับปรุงตารางพิกัดกระแสสายไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า มาตรฐานเก่าสายไฟฟ้าใช้ตาม มอก. 11 – 2531 เมื่อทางกระทรวงอุตสาหกรรม ได้ยกเลิก มอก.11 – 2531 และให้ใช้ มอก. 11 – 2553 ตารางพิกัดกระแสเดิม จึงใช้ไม่ได้ จึงได้มีการปรับปรุงมาตรฐานการติดตั้งและ จัดทำตารางขึ้นมาใหม่ ในการจัดทำตารางใหม่ได้ ทำตามหลักการ ของ มาตรฐาน IEC และ BS และ ได้ ปรับปรุงตารางต่างๆ เพื่อให้เหมาะกับ สภาพของประเทศไทย การปรับปรุง มี ดังนี้

- Ambient Temperature
  - Air จาก 30°C เป็น 40°C
  - Underground จาก 20°C เป็น 30°C
  - Soil Thermal Resistivity จาก2.5 Km/ W เป็น 1.0 Km/ W

Reference Method ลักษณะการติดตั้งกลุ่มที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

## 7.5 วิธีการติดตั้ง

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของ วสท. ฉบับปรับปรุงมีรูปแบบการติดตั้ง และลักษณะการติดตั้งสายไฟฟ้า แบ่งเป็น 7 กลุ่ม

**กลุ่มที่ 1**

สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมี /ไม่มีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะ หรืออโลหะ ภายในฝ้าเพดานที่เป็น ฉนวนความร้อน หรือ ผนังกันไฟ ดังตาราง ที่ 5–20

**กลุ่มที่ 2**

สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมี /ไม่มีเปลือกนอกเดินในท่อโลหะ หรืออโลหะเดินเกาะผนังหรือฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกัน ดังตารางที่ 5–20

**กลุ่มที่ 3**

สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอกเดินเกาะผนัง หรือเพดานที่ไม่มีสิ่งปิดหุ้มที่คล้ายกัน ดังตารางที่ 5–21

**กลุ่มที่ 4**

สายเคเบิ้ลแกนเดี่ยวหุ้มฉนวน มี / ไม่มีเปลือกนอกวางเรียงแบบมีระยะห่างเดินบนฉนวนลูกถ้วยอากาศ ดังตารางที่ 5–22

**กลุ่มที่ 5**

สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอกเดินในท่อโลหะหรืออโลหะฝังดิน ดังตารางที่ 5–23

**กลุ่มที่ 6**

สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกน หุ้มฉนวนมีเปลือกนอกฝังดินโดยตรง ดังตารางที่ 5–23

**กลุ่มที่ 7**

สายเคเบิ้ลแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอกวางบนรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ, รางเคเบิลแบบระบายอากาศหรือรางเคเบิลแบบบันได ดังตารางที่ 5–30 และ 5–31

## 7.6 ตารางพิกัดสายไฟฟ้าของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของ วสท.มีตารางที่เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าอยู่ 30 ตาราง คือ ตารางที่ 5 – 8 และ ตารางที่ 5–20 ถึง 5–48

# ตารางที่ 5–20

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในช่องเดินสายในอากาศ

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 1 | | | | กลุ่มที่ 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนตัวนำกระแส | 2 | | 3 | | 2 | | 3 | |
| ลักษณะตัวนำกระแส | แกนเดียว | หลายแกน | แกนเดียว | หลายแกน | แกนเดียว | หลายแกน | แกนเดียว | หลายแกน |
| รูปแบบการติดตั้ง | | | | | | | | |
| รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน | 60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06,60227 IEC 10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น | | | | | | | |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | | | | | | |
| 1 | 10 | 10 | 9 | 9 | 12 | 11 | 10 | 10 |
| 1.5 | 13 | 12 | 12 | 11 | 15 | 14 | 13 | 13 |
| 2.5 | 17 | 16 | 16 | 15 | 21 | 20 | 18 | 17 |
| 4 | 23 | 22 | 21 | 20 | 28 | 26 | 24 | 23 |
| 6 | 30 | 28 | 27 | 25 | 36 | 33 | 31 | 30 |
| 10 | 40 | 37 | 37 | 34 | 50 | 45 | 44 | 40 |
| 16 | 53 | 50 | 49 | 45 | 66 | 60 | 59 | 54 |
| 25 | 70 | 65 | 64 | 59 | 88 | 78 | 77 | 70 |
| 35 | 86 | 80 | 77 | 72 | 109 | 97 | 96 | 86 |
| 50 | 104 | 96 | 94 | 86 | 131 | 116 | 117 | 103 |
| 70 | 131 | 121 | 118 | 109 | 167 | 146 | 149 | 130 |
| 95 | 158 | 145 | 143 | 131 | 202 | 175 | 180 | 156 |
| 120 | 183 | 167 | 164 | 150 | 234 | 202 | 208 | 179 |
| 150 | 209 | 191 | 188 | 171 | 261 | 224 | 228 | 196 |
| 185 | 238 | 216 | 213 | 194 | 297 | 256 | 258 | 222 |
| 240 | 279 | 253 | 249 | 227 | 348 | 299 | 301 | 258 |
| 300 | 319 | 291 | 285 | 259 | 398 | 343 | 343 | 295 |
| 400 | - | - | - | - | 475 | - | 406 | - |
| 500 | - | - | - | - | 545 | - | 464 | - |

## ตารางที่ 5–20 (ต่อ)

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–20)

1) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 ºC ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–43

2) ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ในช่องเดินสายให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–8

3) ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5–47

4) ดูคำอธิบายรหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งานในตารางที่ 5–48

# ตารางที่ 5–21

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดง หุ้มฉนวน มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 หรือ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินเกาะผนังในอากาศ

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 3 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนตัวนำกระแส | 2 | ไม่เกิน 3 | | ไม่เกิน 3 | |
| ลักษณะสาย | แบน | กลม | | กลม | |
| ลักษณะตัวนำกระแส | หลายแกน | แกนเดียว | | หลายแกน | |
| ประเภทฉนวน | พีวีซี | พีวีซี | ครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน | พีวีซี | ครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน |
| อุณหภูมิตัวนำ | 70°C | 70°C | 90°C | 70°C | 90°C |
| รูปแบบการติดตั้ง | | หรือ | | หรือ | |
| รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน | VAF, VAF-G | NYY, IEC 60502-1 | IEC 60502-1 | NYY, NYY-G 60227 IEC 10, IEC 60502-1 | IEC 60502-1 |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | | | |
| 1 | 14 | 12 | 16 | 12 | 15 |
| 1.5 | 17 | 16 | 21 | 15 | 20 |
| 2.5 | 23 | 22 | 28 | 21 | 27 |
| 4 | 32 | 29 | 37 | 28 | 36 |
| 6 | 41 | 37 | 49 | 36 | 47 |
| 10 | 56 | 51 | 67 | 50 | 65 |
| 16 | 74 | 69 | 90 | 66 | 87 |
| 25 | - | 90 | 118 | 84 | 108 |
| 35 | - | 112 | 147 | 104 | 134 |
| 50 | - | 145 | 190 | 125 | 163 |

# ตารางที่ 5–21 (ต่อ)

| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 70 | - | 186 | 244 | 160 | 208 |
| 95 | - | 227 | 297 | 194 | 253 |
| 120 | - | 264 | 345 | 225 | 293 |
| 150 | - | 304 | 397 | 260 | 338 |
| 185 | - | 348 | 455 | 297 | 386 |
| 240 | - | 411 | 537 | 351 | 455 |
| 300 | - | 474 | 620 | 404 | 524 |
| 400 | - | 552 | 722 | - | - |
| 500 | - | 629 | 823 | - | - |

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–21)

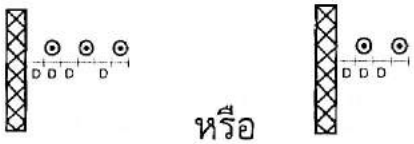
1) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–43

2) ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5–47

3) ดูคำอธิบายรหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งานในตารางที่ 5–48

# ตารางที่ 5-22

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงแกนเดียวหุ้มฉนวนพีวีซี มอก.11-2553 สำหรับขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 450/750 โวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 4 | |
|---|---|---|
| รูปแบบการติดตั้ง | หรือ |  หรือ |
| รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน | 60227 IEC 01, 60227 IEC 10, NYY | |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | |
| 4 | 30 | 37 |
| 6 | 39 | 48 |
| 10 | 56 | 67 |
| 16 | 78 | 92 |
| 25 | 113 | 127 |
| 35 | 141 | 157 |
| 50 | 171 | 191 |
| 70 | 221 | 244 |
| 95 | 271 | 297 |
| 120 | 315 | 345 |
| 150 | 365 | 397 |
| 185 | 418 | 453 |
| 240 | 495 | 535 |
| 300 | 573 | 617 |
| 400 | 692 | 741 |

## ตารางที่ 5–22 (ต่อ)

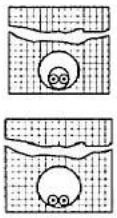
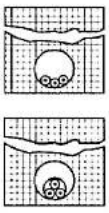
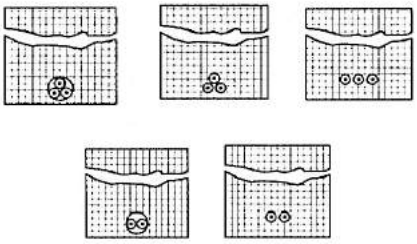
หมายเหตุ (ตารางที่ 5–22)

1) ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้ง ในตารางที่ 5–47

2) ดูคำอธิบายรหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน ในตารางที่ 5–48

# ตารางที่ 5-23

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 30°C ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 5 | | กลุ่มที่ 6 |
|---|---|---|---|
| จำนวนตัวนำกระแส | 2 | 3 | ไม่เกิน 3 |
| ลักษณะตัวนำ | แกนเดียว / หลายแกน | แกนเดียว / หลายแกน | แกนเดียว / หลายแกน |
| รูปแบบการติดตั้ง |  |  |  |
| รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน | NYY, NYY-G, ตามมาตรฐาน IEC 60502-1 | | |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | |
| 1 | 17 | 15 | 21 |
| 1.5 | 21 | 19 | 26 |
| 2.5 | 28 | 25 | 35 |
| 4 | 36 | 33 | 45 |
| 6 | 46 | 41 | 57 |
| 10 | 62 | 55 | 76 |
| 16 | 81 | 72 | 99 |
| 25 | 106 | 94 | 128 |
| 35 | 129 | 114 | 154 |
| 50 | 153 | 136 | 181 |
| 70 | 190 | 168 | 223 |
| 95 | 232 | 204 | 267 |

# ตารางที่ 5–23 (ต่อ)

| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | |
|---|---|---|---|
| 120 | 265 | 234 | 304 |
| 150 | 303 | 266 | 342 |
| 185 | 344 | 303 | 386 |
| 240 | 404 | 361 | 448 |
| 300 | 462 | 404 | 507 |
| 400 | 529 | 462 | 577 |
| 500 | 605 | 527 | 654 |

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–23)

1) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 30°C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–44

2) ในกรณีเดินเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–45 หรือ 5–46

3) ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ในท่อร้อยสาย ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–8

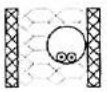
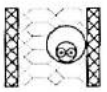
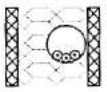
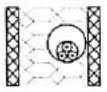
4) ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้ง ในตารางที่ 5–47

5) ดูคำอธิบายรหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน ในตารางที่ 5–48

6) งานติดตั้งระบบไฟฟ้าที่เป็นทรัพย์สินของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ให้พิจารณาขนาดกระแสตามมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ยกเว้นไม่มีกำหนดไว้

# ตารางที่ 5-27

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินร้อยในท่อในอากาศ

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 1 | | | | กลุ่มที่ 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนตัวนำกระแส | 2 | | 3 | | 2 | | 3 | |
| ลักษณะตัวนำกระแส | แกนเดียว | หลายแกน | แกนเดียว | หลายแกน | แกนเดียว | หลายแกน | แกนเดียว | หลายแกน |
| รูปแบบการติดตั้ง |  |  |  |  | | | | |
| รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน | IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น | | | | | | | |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | | | | | | |
| 1 | 13 | 13 | 12 | 12 | 15 | 15 | 14 | 14 |
| 1.5 | 17 | 17 | 15 | 15 | 21 | 20 | 18 | 18 |
| 2.5 | 24 | 23 | 21 | 20 | 28 | 27 | 25 | 24 |
| 4 | 32 | 30 | 28 | 27 | 38 | 36 | 34 | 32 |
| 6 | 41 | 38 | 36 | 35 | 49 | 46 | 44 | 40 |
| 10 | 56 | 52 | 49 | 46 | 68 | 63 | 60 | 55 |
| 16 | 74 | 69 | 66 | 62 | 91 | 83 | 80 | 73 |
| 25 | 96 | 90 | 86 | 81 | 121 | 108 | 106 | 96 |
| 35 | 119 | 110 | 106 | 99 | 149 | 133 | 131 | 116 |
| 50 | 144 | 132 | 128 | 118 | 180 | 159 | 159 | 140 |
| 70 | 182 | 167 | 163 | 149 | 230 | 201 | 202 | 177 |
| 95 | 219 | 200 | 197- | 179 | 278 | 241 | 245 | 212 |

# ตารางที่ 5–27 (ต่อ)

| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 253 | 230 | 227 | 207 | 322 | 278 | 284 | 244 |
| 150 | 289 | 264 | 259 | 236 | 358 | 304 | 311 | 273 |
| 185 | 329 | 299 | 295 | 268 | 409 | 349 | 349 | 309 |
| 240 | 386 | 351 | 346 | 315 | 480 | 418 | 410 | 362 |
| 300 | 442 | 402 | 396 | 360 | 549 | 484 | 468 | 414 |
| 400 | - | - | - | - | 622 | - | 531 | - |
| 500 | - | - | - | - | 713 | - | 606 | - |

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–27)

1) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 °C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–43

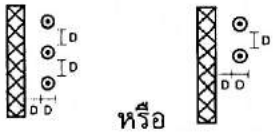
2) ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ในท่อร้อยสายให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–8

3) ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5–47

4) ดูคำอธิบายรหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งานในตารางที่ 5–48

# ตารางที่ 5-28

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าแกนเดียวตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน สำหรับขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 4 | |
|---|---|---|
| รูปแบบการติดตั้ง |   | |
| รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน | ตามมาตรฐาน IEC 60502-1 | |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | |
| 4 | 47 | 54 |
| 6 | 60 | 68 |
| 10 | 82 | 90 |
| 16 | 110 | 124 |
| 25 | 147 | 166 |
| 35 | 183 | 206 |
| 50 | 224 | 250 |
| 70 | 289 | 321 |
| 95 | 354 | 391 |
| 120 | 413 | 455 |
| 150 | 480 | 525 |
| 185 | 551 | 602 |
| 240 | 654 | 711 |
| 300 | 758 | 821 |
| 400 | 917 | 987 |
| 500 | 1,064 | 1,140 |

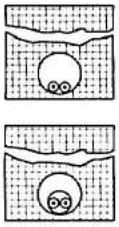
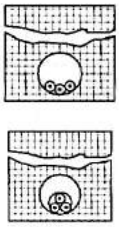
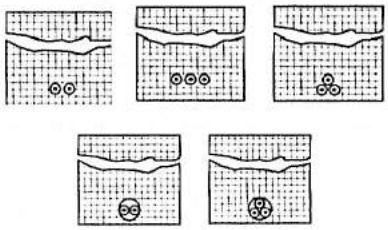
## ตารางที่ 5–28 (ต่อ)

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–28)

ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5–47

# ตารางที่ 5-29

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก ขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 30°C ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 5 | | กลุ่มที่ 6 |
|---|---|---|---|
| จำนวนตัวนำกระแส | 2 | 3 | ไม่เกิน 3 |
| ลักษณะตัวนำ | แกนเดียว / หลายแกน | แกนเดียว / หลายแกน | แกนเดียว / หลายแกน |
| รูปแบบการติดตั้ง |  |  |  |
| รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน | IEC 60502-1 | | |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | |
| 1.5 | 25 | 22 | 33 |
| 2.5 | 33 | 29 | 43 |
| 4 | 43 | 38 | 55 |
| 6 | 54 | 47 | 70 |
| 10 | 71 | 63 | 92 |
| 16 | 94 | 83 | 119 |
| 25 | 124 | 109 | 152 |
| 35 | 150 | 132 | 184 |
| 50 | 180 | 159 | 217 |
| 70 | 223 | 196 | 266 |
| 95 | 271 | 238 | 318 |
| 120 | 313 | 275 | 362 |
| 150 | 355 | 312 | 406 |
| 185 | 406 | 356 | 459 |
| 240 | 477 | 418 | 533 |
| 300 | 543 | 475 | 601 |
| 400 | 625 | 545 | 684 |
| 500 | 717 | 623 | 777 |

## ตารางที่ 5–29 (ต่อ)

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–29)

1) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 30 °C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–44

2) ในกรณีเดินเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตาราง 5–45 หรือ 5–46

3) ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ในท่อร้อยสายให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–8

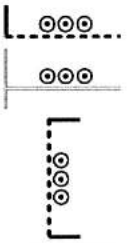
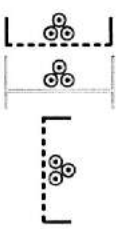
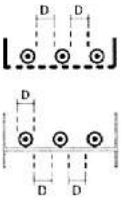
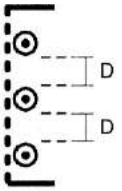
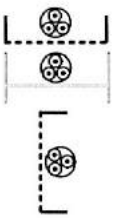
4) ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้ง ในตารางที่ 5–47

5) ดูคำอธิบายรหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน ในตารางที่ 5–48

6) งานติดตั้งระบบไฟฟ้าที่เป็นทรัพย์สินของการไฟฟ้าฯ ให้พิจารณาขนาดกระแสตามมาตรฐานการไฟฟ้าฯ ยกเว้นไม่มีกำหนดไว้

# ตารางที่ 5–30

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศไม่มีฝาปิด หรือรางเคเบิลแบบบันได

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 7 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ลักษณะตัวนำกระแส | แกนเดียว | | | | หลายแกน |
| รูปแบบการติดตั้ง |  |  |  |  |  |
| รหัสชนิดเคเบิลใช้งาน | 60227 IEC 10, NYY, NYY-G และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น | | | | |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | | | |
| 1 | - | - | - | - | 13 |
| 1.5 | - | - | - | - | 16 |
| 2.5 | - | - | - | - | 22 |
| 4 | - | - | - | - | 30 |
| 6 | - | - | - | - | 37 |
| 10 | - | - | - | - | 52 |
| 16 | - | - | - | - | 70 |
| 25 | 99 | 96 | 127 | 113 | 88 |
| 35 | 124 | 119 | 157 | 141 | 110 |
| 50 | 151 | 145 | 191 | 171 | 133 |
| 70 | 196 | 188 | 244 | 221 | 171 |
| 95 | 239 | 230 | 297 | 271 | 207 |

# ตารางที่ 5–30 (ต่อ)

| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 279 | 268 | 345 | 315 | 240 |
| 150 | 324 | 310 | 397 | 365 | 278 |
| 185 | 371 | 356 | 453 | 418 | 317 |
| 240 | 441 | 422 | 535 | 495 | 374 |
| 300 | 511 | 488 | 617 | 573 | 432 |
| 400 | 599 | 571 | 741 | 692 | - |
| 500 | 686 | 652 | 854 | 800 | - |

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–30)

1) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–43

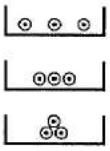
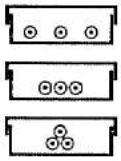
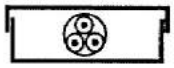
2) ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–40 และตารางที่ 5–41 สำหรับสายแกนเดียวและสายหลายแกน ตามลำดับ

3) ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5–47

4) ดูคำอธิบายรหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน ในตารางที่ 5–48

# ตารางที่ 5–31

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบ มี/ไม่มี ฝาปิด

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 7 | | | |
|---|---|---|---|---|
| ลักษณะตัวนำ | แกนเดียว | | หลายแกน | |
| รูปแบบการติดตั้ง |  |  | |  |
| รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน | 60227 IEC 10, NYY, NYY-G, ตามมาตรฐาน IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันต่ำ เป็นต้น | | | |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | | |
| 1 | - | - | 12 | 10 |
| 1.5 | - | - | 15 | 13 |
| 2.5 | - | - | 21 | 17 |
| 4 | - | - | 28 | 23 |
| 6 | - | - | 36 | 30 |
| 10 | - | - | 50 | 40 |
| 16 | - | - | 66 | 54 |
| 25 | 90 | 77 | 84 | 70 |
| 35 | 112 | 96 | 104 | 86 |
| 50 | 145 | 117 | 125 | 103 |
| 70 | 186 | 149 | 160 | 130 |
| 95 | 227 | 180 | 194 | 156 |
| 120 | 264 | 208 | 225 | 179 |
| 150 | 304 | 228 | 260 | 196 |
| 185 | 348 | 258 | 297 | 222 |
| 240 | 411 | 301 | 351 | 258 |
| 300 | 474 | 343 | 404 | 295 |
| 400 | 552 | 406 | - | - |
| 500 | 629 | 464 | - | - |

## ตารางที่ 5–31 (ต่อ)

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–31)

1) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 °C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–43

2) ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร สำหรับรางเคเบิลแบบมีฝาปิดให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–31(ก) และสำหรับรางเคเบิลแบบไม่มีฝาปิดให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–41

ยกเว้น การจัดวางระยะห่างระหว่างกลุ่มวงจรมากกว่าสองเท่าของผลรวมเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของตัวนำกระแส ไม่ต้องนำตัวคูณปรับค่าตามตารางมาพิจารณา

## ตารางที่ 5–31(ก)

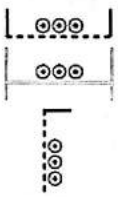
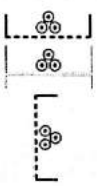
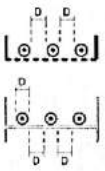
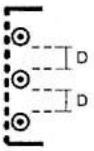
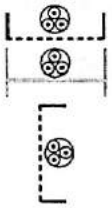
| จำนวนกลุ่มวงจร | ตัวคูณปรับค่า |
|---|---|
| 2 | 0.8 |
| 3 | 0.7 |
| 4 | 0.65 |
| 5 | 0.6 |
| 6 | 0.57 |
| 7 | 0.54 |
| 8 | 0.52 |
| 9 | 0.50 |
| 10-12 | 0.45 |
| 13-16 | 0.41 |
| 17-20 | 0.38 |

3) ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5–47

4) ดูคำอธิบายรหัสชนิดเคเบิลใช้งาน ในตารางที่ 5–48

# ตารางที่ 5-32

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศ ไม่มีฝาปิด หรือรางเคเบิลแบบบันได

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 7 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ลักษณะตัวนำกระแส | แกนเดียว | | | | หลายแกน |
| รูปแบบการติดตั้ง |  |  |  |  |  |
| รหัสชนิดเคเบิลใช้งาน | IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น | | | | |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | | | |
| 1 | - | - | - | - | 16 |
| 1.5 | - | - | - | - | 21 |
| 2.5 | - | - | - | - | 29 |
| 4 | - | - | - | - | 38 |
| 6 | - | - | - | - | 49 |
| 10 | - | - | - | - | 68 |
| 16 | - | - | - | - | 91 |
| 25 | 128 | 123 | 166 | 147 | 116 |
| 35 | 160 | 154 | 206 | 183 | 144 |
| 50 | 197 | 188 | 250 | 224 | 175 |
| 70 | 254 | 244 | 321 | 289 | 224 |
| 95 | 311 | 298 | 391 | 354 | 271- |

# ตารางที่ 5–32 (ต่อ)

| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 364 | 349 | 455 | 413 | 315 |
| 150 | 422 | 404 | 525 | 480 | 363 |
| 185 | 485 | 464 | 602 | 551 | 415 |
| 240 | 577 | 552 | 711 | 654 | 490 |
| 300 | 670 | 640 | 821 | 758 | 565 |
| 400 | 790 | 749 | 987 | 917 | - |
| 500 | 908 | 861 | 1,140 | 1,064 | -- |

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–32)

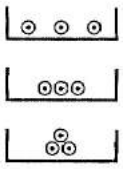
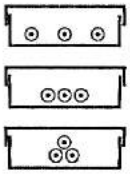
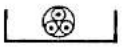
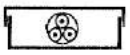
1) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–43

2) ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–40 และตารางที่ 5–41 สำหรับสายแกนเดียวและสายหลายแกน ตามลำดับ

3) ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5–47

# ตารางที่ 5-33

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบ มี/ไม่มีฝาปิด

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 7 | | | |
|---|---|---|---|---|
| ลักษณะตัวนำ | แกนเดียว | | หลายแกน | |
| รูปแบบการติดตั้ง |  |  |  |  |
| รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน | IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น | | | |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | | |
| 1 | - | - | 15 | 14 |
| 1.5 | - | - | 20 | 18 |
| 2.5 | - | - | 27 | 24 |
| 4 | - | - | 36 | 32 |
| 6 | - | - | 47 | 40 |
| 10 | - | - | 65 | 55 |
| 16 | - | - | 87 | 73 |
| 25 | 118 | 106 | 108 | 96 |
| 35 | 147 | 131 | 134 | 116 |
| 50 | 190 | 159 | 163 | 140 |
| 70 | 244 | 202 | 208 | 177 |
| 95 | 297 | 245 | 253 | 212 |
| 120 | 345 | 284 | 293 | 244 |
| 150 | 397 | 311 | 338 | 273 |
| 185 | 455 | 349 | 386 | 309 |
| 240 | 537 | 410 | 455 | 362 |
| 300 | 620 | 468 | 524 | 414 |
| 400 | 722 | 531 | - | - |
| 500 | 823 | 606 | - | - |

## ตารางที่ 5–33 (ต่อ)

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–33)

1) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 °C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–43

2) ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร สำหรับรางเคเบิลแบบมีฝาปิดให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–33(ก) และสำหรับรางเคเบิลแบบไม่มีฝาปิดให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–41

ยกเว้น การจัดวางระยะห่างระหว่างกลุ่มวงจรมากกว่าสองเท่าของผลรวมเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของตัวนำกระแส ไม่ต้องนำตัวคูณปรับค่าตามตารางมาพิจารณา

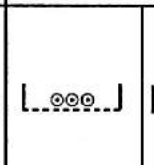
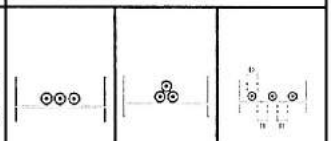
## ตารางที่ 5–33 (ก)

| จำนวนกลุ่มวงจร | ตัวคูณปรับค่า |
|---|---|
| 2 | 0.8 |
| 3 | 0.7 |
| 4 | 0.65 |
| 5 | 0.6 |
| 6 | 0.57 |
| 7 | 0.54 |
| 8 | 0.52 |
| 9 | 0.50 |
| 10-12 | 0.45 |
| 13-16 | 0.41 |
| 17-20 | 0.38 |

3) ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5–47

# ตารางที่ 5–36

ขนาดกระแสของสายเคเบิล ตัวนำทองแดงแกนเดียวหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน เปลือกนอกพีวีซี มีชีลด์ ขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ตั้งแต่ 3.6/6 กิโลโวลต์ ถึง 18/30 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศ หรือบนรางเคเบิลแบบบันได

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 7 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนตัวนำกระแส | 3 | | | | | | | | |
| รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้ | ตามมาตรฐาน IEC 60502-2 | | | | | | | | |
| ชนิดรางเคเบิล | แบบระบายอากาศ | | | | | | แบบบันได | | |
| รูปแบบการติดตั้ง |  | | | | | |  | | |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | | | | | | | | |
| 50 | 217 | 217 | 255 | อยู่ระหว่างการพิจารณา | 217 | อยู่ระหว่างการพิจารณา | 221 | 217 | 260 |
| 70 | 270 | 269 | 317 | | 269 | | 276 | 269 | 324 |
| 95 | 329 | 329 | 387 | | 329 | | 336 | 329 | 395 |
| 120 | 380 | 379 | 446 | | 379 | | 388 | 379 | 455 |
| 150 | 429 | 430 | 499 | | 430 | | 438 | 430 | 509 |
| 185 | 490 | 494 | 568 | | 494 | | 501 | 494 | 580 |
| 240 | 577 | 583 | 664 | | 583 | | 589 | 583 | 678 |
| 300 | 659 | 669 | 754 | | 669 | | 672 | 669 | 770 |
| 400 | 746 | 769 | 837 | | 769 | | 762 | 769 | 854 |

## ตารางที่ 5–36 (ต่อ)

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–36)

1) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 °C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–43

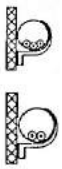
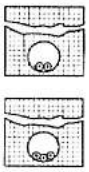
2) ในกรณีเดินเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–40

3) ตัวนำชีลด์มีการต่อลงดินที่ปลายทั้ง 2 ด้าน และ / หรือต่อลงดินหลายตำแหน่ง

4) ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5–47

# ตารางที่ 5–37

ขนาดกระแสของสายเคเบิล ตัวนำทองแดงแกนเดียวหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน เปลือกนอกพีวีซี มีชีลด์ ขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ตั้งแต่ 3.6/6 กิโลโวลต์ ถึง 18/30 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C (เดินร้อยในท่อในอากาศ) และ 30°C (ร้อยท่อฝังดิน)

| ลักษณะการติดตั้ง | กลุ่มที่ 2 | กลุ่มที่ 5 |
|---|---|---|
| จำนวนตัวนำกระแส | ไม่เกิน 3 | |
| ลักษณะตัวนำ | แกนเดียว | |
| รูปแบบการติดตั้ง |  |  |
| รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน | ตามมาตรฐาน IEC 60502-2 | |
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | |
| 35 | 148 | 149 |
| 50 | 175 | 178 |
| 70 | 215 | 218 |
| 95 | 265 | 265 |
| 120 | 303 | 303 |
| 150 | 348 | 341 |
| 185 | 396 | 386 |
| 240 | 478 | 454 |
| 300 | 551 | 521 |
| 400 | 636 | 607 |
| 500 | 730 | 706 |

## ตารางที่ 5–37 (ต่อ)

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–37)

1) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40ºC (เดินร้อยในท่อในอากาศ) และ 30ºC (ร้อยท่อฝังดิน) ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5–43 และ 5–44 ตามลำดับ

2) งานติดตั้งระบบไฟฟ้าที่เป็นทรัพย์สินของการไฟฟ้าฯ ให้พิจารณาขนาดกระแสตามมาตรฐานการไฟฟ้าฯ ยกเว้นไม่มีกำหนดไว้

# ตารางที่ 5–38

ขนาดกระแสสายเคเบิลตัวนำทองแดงแกนเดียวหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 30°C ขนาดแรงดัน ($U_0/U$) 3.6/6 ถึง 18/30 กิโลโวลต์ เดินใน duct bank ไม่เกิน 8 ท่อ

| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแสต่อ 1 วงจร (แอมแปร์) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จำนวนวงจรทั้งหมด | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 35 | 175 | 160 | 147 | 137 | 130 | 122 | 116 | 110 |
| 50 | 210 | 191 | 175 | 162 | 153 | 144 | 136 | 130 |
| 70 | 251 | 228 | 208 | 193 | 182 | 171 | 161 | 154 |
| 95 | 313 | 282 | 256 | 236 | 222 | 208 | 196 | 187 |
| 120 | 357 | 322 | 292 | 270 | 254 | 238 | 224 | 213 |
| 150 | 405 | 362 | 327 | 300 | 282 | 263 | 248 | 235 |
| 185 | 461 | 410 | 369 | 339 | 318 | 296 | 278 | 264 |
| 240 | 535 | 475 | 427 | 392 | 367 | 342 | 321 | 305 |
| 300 | 611 | 539 | 481 | 440 | 411 | 382 | 358 | 339 |
| 400 | 694 | 619 | 553 | 507 | 473 | 440 | 412 | 391 |
| 500 | 797 | 695 | 616 | 560 | 522 | 483 | 451 | 427 |

## ตารางที่ 5–38 (ต่อ)

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–38)

1) การคำนวณอิงจากมาตรฐาน IEC 60287 ตามสภาพเงื่อนไขดังต่อไปนี้

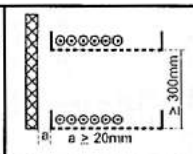
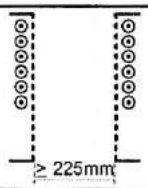
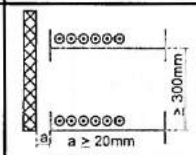
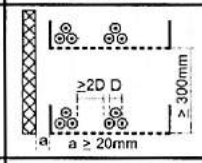
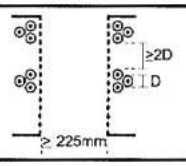
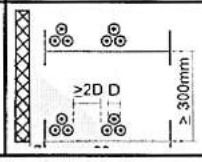
– สำหรับระบบแรงสูง ชีลด์ มีต่อการลงดินลักษณะต่อปลายทั้งสองด้านและ/หรือ ต่อลงดินหลายจุด

– มีเคเบิล (ตัวนำกระแส) 3 เส้นใน 1 ท่อ

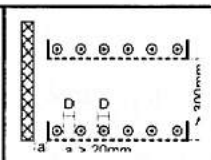
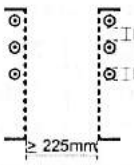
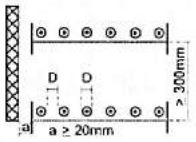
2) งานติดตั้งระบบไฟฟ้าที่เป็นทรัพย์สินของการไฟฟ้าฯ ให้พิจารณาขนาดกระแสตามมาตรฐานการไฟฟ้าฯ ยกเว้นไม่มีกำหนดไว้

# ตารางที่ 5–40

ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสสำหรับสายเคเบิลแกนเดียว วางบนรางเคเบิลเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร

| วิธีการติดตั้ง | | จำนวนรางเคเบิล | จำนวนกลุ่มวงจรต่อรางเคเบิล | | | | | | ลักษณะการจัดเรียงเคเบิล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5-6 | 7-9 | |
| รางเคเบิลแบบระบายอากาศ (หมายเหตุ 2)) |  | 1 | 1.00 | 0.91 | 0.87 | 0.82 | 0.78 | 0.77 | รูปแบบวางชิดกันในแนวนอน |
| | | 2 | 0.96 | 0.87 | 0.81 | 0.78 | 0.74 | 0.69 | |
| | | 3 | 0.95 | 0.85 | 0.78 | 0.75 | 0.70 | 0.65 | |
| รางเคเบิลแบบระบายอากาศวางแนวตั้ง (หมายเหตุ 3)) |  | 1 | 1.00 | 0.86 | 0.80 | 0.75 | 0.71 | 0.70 | รูปแบบวางชิดกันในแนวตั้ง |
| | | 2 | 0.95 | 0.84 | 0.77 | 0.72 | 0.67 | 0.66 | |
| รางเคเบิลแบบบันได (หมายเหตุ 2)) |  | 1 | 1.00 | 0.97 | 0.96 | 0.94 | 0.93 | 0.92 | รูปแบบวางชิดกันในแนวนอน |
| | | 2 | 0.98 | 0.93 | 0.89 | 0.88 | 0.86 | 0.83 | |
| | | 3 | 0.97 | 0.90 | 0.86 | 0.83 | 0.80 | 0.77 | |
| รางเคเบิลแบบระบายอากาศ (หมายเหตุ 2)) |  | 1 | 1.00 | 0.98 | 0.96 | 0.93 | 0.89 | - | รูปแบบวางชิดกันแบบสามเหลี่ยม ห่างกันไม่น้อยกว่า 2 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิล |
| | | 2 | 0.97 | 0.93 | 0.89 | 0.85 | 0.80 | - | |
| | | 3 | 0.96 | 0.92 | 0.86 | 0.82 | 0.76 | - | |
| รางเคเบิลแบบระบายอากาศวางแนวตั้ง (หมายเหตุ 3)) |  | 1 | 1.00 | 0.91 | 0.89 | 0.88 | 0.87 | - | |
| | | 2 | 1.00 | 0.90 | 0.86 | 0.85 | 0.83 | - | |
| รางเคเบิลแบบบันได (หมายเหตุ 2)) |  | 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - | |
| | | 2 | 0.97 | 0.95 | 0.93 | 0.92 | 0.91 | - | |
| | | 3 | 0.96 | 0.94 | 0.90 | 0.89 | 0.86 | | |

# ตารางที่ 5–40 (ต่อ)

| วิธีการติดตั้ง | | จำนวนรางเคเบิล | จำนวนกลุ่มวงจรต่อรางเคเบิล | | | | | | ลักษณะการจัดเรียงเคเบิล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5-6 | 7-9 | |
| รางเคเบิลแบบระบายอากาศ (หมายเหตุ 2)) |  | 1 | 1.00 | 0.93 | 0.90 | 0.87 | 0.83 | - | รูปแบบวางห่างกันไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิล |
| | | 2 | 0.97 | 0.89 | 0.85 | 0.81 | 0.76 | - | |
| | | 3 | 0.96 | 0.88 | 0.82 | 0.78 | 0.72 | - | |
| รางเคเบิลแบบระบายอากาศวางแนวตั้ง (หมายเหตุ 3)) |  | 1 | 1.00 | 0.91 | 0.89 | 0.88 | 0.87 | - | |
| | | 2 | 0.94 | 0.90 | 0.86 | 0.85 | 0.83 | - | |
| รางเคเบิลแบบบันได (หมายเหตุ 2)) |  | 1 | 1.00 | 0.97 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | - | |
| | | 2 | 0.97 | 0.94 | 0.93 | 0.92 | 0.91 | - | |
| | | 3 | 0.96 | 0.93 | 0.92 | 0.91 | 0.88 | - | |

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–40)

1) ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการวางสายไฟฟ้าชั้นเดียวเท่านั้น

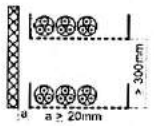
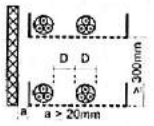
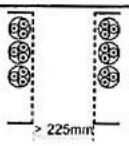
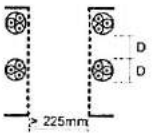
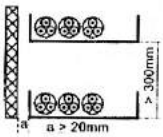
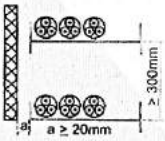
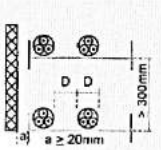
2) ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิลในแนวนอนที่มีระยะห่างระหว่างรางเคเบิลในแนวดิ่งไม่น้อยกว่า 300 มม. และติดตั้งรางเคเบิลห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 20 มม.เท่านั้น

3) ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิลในแนวดิ่งที่มีระยะห่างระหว่างรางเคเบิลในแนวราบไม่น้อยกว่า 225 มม.เท่านั้น

4) ในกรณีที่จำนวนรางเคเบิลมากกว่าหนึ่งราง ตัวคูณปรับค่าให้คิดจากรางเคเบิลที่มีกลุ่มวงจรมากที่สุด

# ตารางที่ 5-41

ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสสำหรับสายเคเบิลหลายแกน วางบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศ แบบด้านล่างทึบ หรือแบบบันได เมื่อวางเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร

| วิธีการติดตั้ง | | จำนวนรางเคเบิล | จำนวนเคเบิลต่อรางเคเบิล | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5-6 | 7-9 |
| รางเคเบิลแบบระบายอากาศ (หมายเหตุ 2)) |  | 1 | 1.0 | 0.88 | 0.82 | 0.77 | 0.73 | 0.72 |
| | | 2 | 1.0 | 0.87 | 0.80 | 0.77 | 0.73 | 0.68 |
| | | 3 | 1.0 | 0.86 | 0.79 | 0.76 | 0.71 | 0.66 |
| | | 4-6 | 1.0 | 0.84 | 0.77 | 0.73 | 0.68 | 0.64 |
| |  | 1 | 1.0 | 1.0 | 0.98 | 0.95 | 0.91 | - |
| | | 2 | 1.0 | 0.99 | 0.96 | 0.92 | 0.87 | - |
| | | 3 | 1.0 | 0.98 | 0.95 | 0.91 | 0.85 | - |
| รางเคเบิลแบบระบายอากาศวางแนวตั้ง (หมายเหตุ 3)) |  | 1 | 1.0 | 0.88 | 0.82 | 0.77 | 0.73 | 0.72 |
| | | 2 | 1.0 | 0.88 | 0.81 | 0.76 | 0.71 | 0.70 |
| |  | 1 | 1.0 | 0.91 | 0.89 | 0.88 | 0.87 | - |
| | | 2 | 1.0 | 0.91 | 0.88 | 0.87 | 0.85 | - |
| รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ (หมายเหตุ 2)) |  | 1 | 0.97 | 0.84 | 0.78 | 0.75 | 0.71 | 0.68 |
| | | 2 | 0.97 | 0.83 | 0.76 | 0.72 | 0.68 | 0.63 |
| | | 3 | 0.97 | 0.82 | 0.75 | 0.71 | 0.66 | 0.61 |
| | | 4-6 | 0.97 | 0.81 | 0.73 | 0.69 | 0.63 | 0.58 |
| รางเคเบิลแบบบันได (หมายเหตุ 2)) |  | 1 | 1.0 | 0.87 | 0.82 | 0.80 | 0.79 | 0.78 |
| | | 2 | 1.0 | 0.86 | 0.80 | 0.78 | 0.76 | 0.73 |
| | | 3 | 1.0 | 0.85 | 0.79 | 0.76 | 0.73 | 0.70 |
| | | 4-6 | 1.0 | 0.84 | 0.77 | 0.73 | 0.68 | 0.64 |
| |  | 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | - |
| | | 2 | 1.0 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | - |
| | | 3 | 1.0 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.93 | - |

## ตารางที่ 5–41 (ต่อ)

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–41)

1) ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการวางสายไฟฟ้าชั้นเดียวเท่านั้น

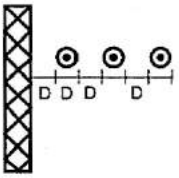
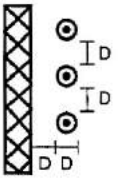
2) ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิลในแนวนอนที่มีระยะห่างระหว่างรางเคเบิลในแนวดิ่งไม่น้อยกว่า 300 มม. และติดตั้งรางเคเบิลห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 20 มม.เท่านั้น

3) ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิลในแนวดิ่งที่มีระยะห่างระหว่างรางเคเบิลในแนวราบไม่น้อยกว่า 225 มม.เท่านั้น

4) ในกรณีที่จำนวนรางเคเบิลมากกว่าหนึ่งราง ตัวคูณปรับค่าให้คิดจากรางเคเบิลที่มีกลุ่มวงจรมากที่สุด

# ตารางที่ 5-42

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าอลูมิเนียมหุ้มฉนวนพีวีซีตาม มอก.293-2541 ขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 450/750 โวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ

| รูปแบบการติดตั้ง |  |  |
|---|---|---|
| ขนาดสาย (ตร.มม.) | ขนาดกระแส (แอมแปร์) | |
| 25 | 97 | 86 |
| 35 | 121 | 108 |
| 50 | 147 | 132 |
| 70 | 189 | 171 |
| 95 | 231 | 210 |
| 120 | 268 | 245 |
| 150 | 310 | 284 |
| 185 | 354 | 327 |
| 240 | 419 | 389 |
| 300 | 485 | 452 |
| 400 | 584 | 547 |
| 500 | 674 | 635 |

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-42)

อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-37

# ตารางที่ 5-43

ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 ºC ใช้กับค่าขนาดกระแสของเคเบิล เมื่อเดินในอากาศ

| อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส) | ฉนวน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | PVC | XLPE หรือ EPR | เอ็มไอ | |
| | | | 70°C | 105°C |
| 11-15 | 1.34 | 1.23 | 1.41 | 1.21 |
| 16-20 | 1.29 | 1.19 | 1.34 | 1.16 |
| 21-25 | 1.22 | 1.14 | 1.26 | 1.13 |
| 26-30 | 1.15 | 1.10 | 1.18 | 1.09 |
| 31-35 | 1.08 | 1.05 | 1.09 | 1.04 |
| 36-40 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 41-45 | 0.91 | 0.96 | 0.91 | 0.96 |
| 46-50 | 0.82 | 0.90 | 0.79 | 0.91 |
| 51-55 | 0.70 | 0.84 | 0.67 | 0.87 |
| 56-60 | 0.57 | 0.78 | 0.53 | 0.82 |
| 61-65 | - | 0.71 | - | 0.76 |
| 66-70 | - | 0.64 | - | 0.70 |
| 71-75 | - | 0.55 | - | 0.65 |
| 76-80 | - | 0.45 | - | 0.59 |
| 81-85 | - | - | - | 0.51 |
| 86-90 | - | - | - | 0.43 |
| 91-95 | - | - | - | 0.35 |

# ตารางที่ 5-44

ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบแตกต่างจาก 30°C ใช้กับค่าขนาดกระแสของเคเบิล เมื่อเดินใต้ดิน

| อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส) | ฉนวน | |
|---|---|---|
| | PVC | XLPE หรือ EPR |
| 11-15 | 1.18 | 1.12 |
| 16-20 | 1.12 | 1.08 |
| 21-25 | 1.07 | 1.03 |
| 26-30 | 1.0 | 1.0 |
| 31-35 | 0.94 | 0.96 |
| 36-40 | 0.87 | 0.91 |
| 41-45 | 0.80 | 0.86 |
| 46-50 | 0.71 | 0.82 |
| 51-55 | 0.62 | 0.76 |
| 56-60 | 0.51 | 0.70 |
| 61-65 | - | 0.65 |
| 66-70 | - | 0.57 |
| 71-75 | - | 0.49 |
| 76-80 | - | 0.41 |

## ตารางที่ 5–45

ตัวคูณปรับค่าสำหรับสายเคเบิลแกนเดียว หรือหลายแกน ขนาดแรงดัน ($U_0/U$) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ ฝังดินโดยตรง เมื่อวางเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร วางเรียงกันแนวระดับ

| จำนวนวงจร | ระยะห่างระหว่างผิวด้านนอกเคเบิล แต่ละวงจร (มม.) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | วางชิดกัน | เส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิล 1 เส้น | 125 | 250 | 500 |
| 2 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.90 |
| 3 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 |
| 4 | 0.60 | 0.60 | 0.70 | 0.75 | 0.80 |
| 5 | 0.55 | 0.55 | 0.65 | 0.70 | 0.80 |
| 6 | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.70 | 0.80 |

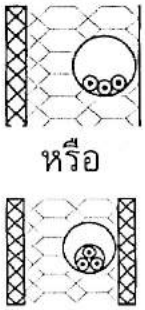
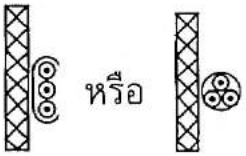
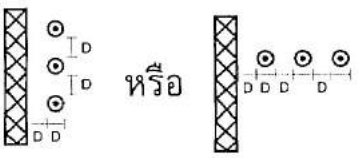
## ตารางที่ 5–46

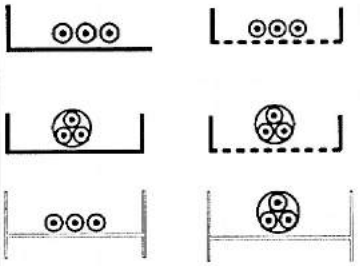
ตัวคูณปรับค่าสำหรับสายเคเบิลแกนเดียว หรือหลายแกน ขนาดแรงดัน (U0/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ ร้อยท่อฝังดินโดยตรง เมื่อวางเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร วางเรียงกันแนวระดับ

| จำนวนวงจร | ระยะห่างระหว่างผิวด้านนอกท่อ แต่ละวงจร (มม.) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | วางชิดกัน | 250 | 500 | 1,000 |
| 2 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 0.95 |
| 3 | 0.75 | 0.85 | 0.90 | 0.95 |
| 4 | 0.70 | 0.80 | 0.85 | 0.90 |
| 5 | 0.65 | 0.80 | 0.85 | 0.90 |
| 6 | 0.60 | 0.80 | 0.80 | 0.90 |

# ตารางที่ 5-47

## รูปแบบการติดตั้งอ้างอิง

| วิธีการเดินสาย | รูปแบบการติดตั้ง | ลักษณะการติดตั้ง | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินช่องเดินสายโลหะหรืออโลหะภายในฝ้าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อน หรือผนังกันไฟ |  หรือ | กลุ่มที่ 1 | ฝ้าเพดาน หรือผนังกันไฟที่เป็นฉนวนความร้อนคือวัสดุที่มีค่าการนำทางความร้อน (thermal conductance) อย่างน้อย 10 W/m2 K* |
| สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในช่องเดินสายโลหะหรืออโลหะเดินเกาะผนังหรือเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกัน | หรือ | กลุ่มที่ 2 | กรณีฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกันผนังนั้นจะต้องมีค่าความต้านทานความร้อน (thermal resistivity) ไม่เกิน 2 K m/W |
| สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินเกาะผนัง หรือเพดาน ที่ไม่มีสิ่งปิดหุ้มที่คล้ายกัน |  หรือ | กลุ่มที่ 3 | - |
| สายเคเบิลแกนเดียวหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก วางเรียงกันแบบมีระยะห่าง เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ |  หรือ | กลุ่มที่ 4 | ระยะห่างถึงผนังและระหว่างเคเบิลไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิล |

| | | | |
|---|---|---|---|
| สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะฝังดิน | หรือ | กลุ่มที่ 5 | - |
| สายแกนเดียว หรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก ฝังดินโดยตรง | หรือ | กลุ่มที่ 6 | - |
| สายเคเบิลแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก วางบนรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ, รางเคเบิลแบบระบายอากาศ หรือรางเคเบิลแบบบันได |  | กลุ่มที่ 7 | รางเคเบิลแบบระบายอากาศจะต้องมีพื้นที่รูระบายอากาศไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของพื้นผิวรางเคเบิลทั้งหมด |

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–47)

*หากไม่มีเอกสารยืนยันว่าค่าการนำความร้อนมีค่าน้อยกว่า 10 $W/m^2.K$ ให้ถือว่าการเดินสายร้อยท่อภายในฝ้าเพดานหรือผนังกันไฟใดๆ จะต้องมีค่าขนาดกระแสตามลักษณะการติดตั้งตามกลุ่มที่ 1 นี้ ระบุไว้

# ตารางที่ 5-48

ข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดง หุ้มฉนวนพีวีซี ตาม มอก. 11-2553

| รหัสชนิดเคเบิล/ชื่อเรียก | ขนาดสาย (ตร.มม.) | ลักษณะตัวนำ | จำนวนแกน | อุณหภูมิตัวนำ | เปลือกนอก | แรงดันไฟฟ้า U /U (โวลต์) | การใช้งาน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 60227 IEC 01 | 1.5-400 | เดี่ยวแข็ง (Solid)หรือตีเกลียว (Stranded) | แกนเดียว | 70°C | ไม่มี | 450/750 | •ใช้งานทั่วไป<br>•เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย<br>•ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง |
| 60227 IEC 02 | 1.5-240 | ฝอย (Flexible) | แกนเดียว | 70°C | ไม่มี | 450/750 | •ใช้งานทั่วไป<br>•เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย<br>•ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง |
| 60227 IEC 05 | 0.5-1.0 | เดี่ยวแข็ง (Solid) | แกนเดียว | 70°C | ไม่มี | 300/500 | •ใช้งานทั่วไป<br>•เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย<br>•ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง |
| 60227 IEC 06 | 0.5-1.0 | ฝอย (Flexible) | แกนเดียว | 70°C | ไม่มี | 300/500 | •ใช้งานทั่วไป<br>•เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย<br>•ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง |

# ตารางที่ 5–48 (ต่อ 1)

| รหัสชนิดเคเบิล/ชื่อเรียก | ขนาดสาย (ตร.มม.) | ลักษณะตัวนำ | จำนวนแกน | อุณหภูมิตัวนำ | เปลือกนอก | แรงดันไฟฟ้า U /U (โวลต์) | การใช้งาน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 60227 IEC 07 | 0.5-2.5 | เดี่ยวแข็ง (Solid) | แกนเดียว | 90°C | ไม่มี | 300/500 | •ใช้งานทั่วไป<br>•เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย<br>•ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง |
| 60227 IEC 08 | 0.5-2.5 | ฝอย (Flexible) | แกนเดียว | 90°C | ไม่มี | 300/500 | • ใช้งานทั่วไป<br>• เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย<br>• ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง |
| 60227 IEC 10 | 1.5-35 | ตีเกลียว (Stranded) | หลายแกน (มี/ไม่มีสายดิน) | 70°C | มี | 300/500 | • ใช้งานทั่วไป<br>• เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย<br>• วางบนรางเคเบิล<br>• ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง |
| 60227 IEC 41 | 0.8 | ตีเกลียว (Stranded) | 2 แกน | 70°C | ไม่มี | 300/300 | • ใช้งานภายในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ |
| 60227 IEC 43 | 0.5-0.75 | ฝอย (Flexible) | 1 แกน | 70°C | มี | 300/300 | • ใช้ต่อไฟประดับตกแต่งภายในอาคาร |

# ตารางที่ 5-48 (ต่อ 2)

| รหัสชนิดเคเบิล/ชื่อเรียก | ขนาดสาย (ตร.มม.) | ลักษณะตัวนำ | จำนวนแกน | อุณหภูมิตัวนำ | เปลือกนอก | แรงดันไฟฟ้า U /U (โวลต์) | การใช้งาน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 60227 IEC 52 | 0.5-0.75 | ฝอย (Flexible) | หลายแกน (มี/ไม่มีสายดิน) | 70°C | มี | 300/300 | • ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้<br>• ใช้งานภายในเครื่องใช้ไฟฟ้า |
| 60227 IEC 53 | 0.75-2.5 | ฝอย (Flexible) | หลายแกน (มี/ไม่มีสายดิน) | 70°C | มี | 300/500 | • ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้ (ใช้งานหนัก)<br>• ใช้ต่อเข้าดวงโคม |
| 60227 IEC 56 | 0.5-0.75 | ฝอย (Flexible) | หลายแกน (มี/ไม่มีสายดิน) | 90°C | มี | 300/300 | • ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้ (ใช้งานหนัก) |
| 60227 IEC 57 | 0.75-2.5 | ฝอย (Flexible) | หลายแกน (มี/ไม่มีสายดิน) | 90°C | มี | 300/500 | • ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้ (ใช้งานหนัก)<br>• ใช้ในดวงโคมไฟฟ้าที่มี/ไม่มีบัลลาสต์<br>• ใช้ในป้ายโฆษณา/ป้ายไฟฟ้า |

# ตารางที่ 5–48 (ต่อ 3)

| รหัสชนิดเคเบิล/ชื่อเรียก | ขนาดสาย (ตร.มม.) | ลักษณะตัวนำ | จำนวนแกน | อุณหภูมิตัวนำ | เปลือกนอก | แรงดันไฟฟ้า Uo/U (โวลต์) | การใช้งาน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NYY | 1-500 | ตีเกลียว (Stranded) | แกนเดี่ยว | 70°C | มี | 450/750 | • ใช้งานทั่วไป<br>• วางบนรางเคเบิล<br>• ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง |
| | 50-300 | | หลายแกน | | | | |
| NYY-G | 25-300 | | หลายแกนมีสายดิน | | | | |
| VAF<br>VAF-G | 1-16 | เดี่ยวแข็ง (Solid) หรือตีเกลียว (Stranded) | 2 แกน<br>2 แกนมีสายดิน | 70°C | มี | 300/500 | • เดินเกาะผนัง<br>• เดินในช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อ<br>• ห้ามฝังดิน |
| VCT<br>VCT-G | 4-35 | ฝอย (Flexible) | แกนเดี่ยว หลายแกน และหลายแกนมีสายดิน | 70°C | มี | 450/750 | • ใช้งานทั่วไป<br>• ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้า<br>• วางบนรางเคเบิล<br>• ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง |

หมายเหตุ (ตารางที่ 5–48)

การใช้งานต้องสอดคล้องกับวิธีการเดินสายด้วย

# บทที่ 8 การคำนวณหาขนาดสายไฟฟ้า

## 8.1 บทนำ

การเลือกชนิดและขนาดของสายไฟฟ้าสำหรับงานหนึ่งๆ มีความสำคัญมาก ช่างและวิศวกรจะต้องเกี่ยวข้องกับการเลือกขนาดสายไฟฟ้าตลอดชีวิตการทำงาน ดังนั้นช่างและวิศวกรต้องศึกษาและฝึกหัดการคำนวณการเลือกขนาดสายไฟฟ้าให้เข้าใจถ่องแท้

วิธีการติดตั้งและตารางพิกัดสายไฟฟ้า อยู่ในบทที่ 5 ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของ วสท. บทนี้มีความสำคัญมาก ช่างและวิศวกรต้องศึกษาให้เข้าใจหลักการต่างๆ ของบทนี้เพื่อให้สามารถคำนวณและเลือกได้อย่างถูกต้อง

## 8.2 กลุ่มการติดตั้ง

การติดตั้งไฟฟ้าสามารถแบ่งได้เป็น 7 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีพิกัดกระแสไฟฟ้าต่างกันตามตารางพิกัดกระแสสายไฟฟ้า

กลุ่มการติดตั้ง ทั้ง 7 กลุ่ม มีดังนี้

- กลุ่มที่ 1

  สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมี / ไม่มีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะ ภายในฝ้าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อน หรือผนังกันไฟ

- กลุ่มที่ 2
  สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมี / ไม่มีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะเดินเกาะผนังหรือฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกัน
- กลุ่มที่ 3
  สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินเกาะผนังหรือเพดาน ที่ไม่มีสิ่งปิดหุ้มที่คล้ายกัน
- กลุ่มที่ 4
  สายเคเบิ้ลแกนเดี่ยวหุ้มฉนวน มี / ไม่มีเปลือกนอก วางเรียงแบบมี ระยะห่างเดินบนฉนวนลูกถ้วยอากาศ
- กลุ่มที่ 5
  สายแกนเดี่ยวหรือแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก เดินใน ท่อโลหะ หรืออโลหะฝังดิน
- กลุ่มที่ 6 สายแกนเดี่ยว หรือหลายแกน หุ้มฉนวน มีเปลือกนอก ฝังดินโดยตรง
- กลุ่มที่ 7 สายเคเบิ้ลแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก วางบน รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ , รางเคเบิลแบบระบายอากาศ หรือ รางเคเบิลแบบบันได

## 8.3 ขั้นตอนการคำนวณ

การแบ่งขั้นตอนการหาขนาดสายไฟฟ้า

– เพื่อให้การคำนวณหาขนาดสายไฟฟ้า ทำได้อย่างมีระบบอาจแบ่งการคำนวณหาขนาดสายไฟฟ้าเป็น 8 ขั้นตอน

– ช่าง หรือ วิศวกรใหม่ ควรทำตาม ขั้นตอน ที่ให้ไว้

– สำหรับ วิศวกรอาวุโส หรือ ช่างที่ชำนาญแล้วอาจจะเลยบางขั้นตอนได้

– ช่างหรือวิศวกรทุกท่าน ควรต้องคำนวณเอง หลายๆ ครั้งเพื่อให้เกิดความเข้าใจและความชำนาญ

ขั้นตอนการหาขนาดของสายไฟฟ้า

1. กำหนดกระแสออกแบบ Design Current ( Ib )
   หรือกระแสโหลด ( IL )
2. กำหนดขนาดอุปกรณ์ป้องกัน ( In )
3. เลือกวิธีติดตั้ง Method of Installation
4. เลือกชนิดของสายไฟฟ้า
   - ชนิดฉนวน PVC, XLPE
   - จำนวนแกน 1, 2, 3, 4 Cores
5. เลือก ลักษณะการติดตั้ง
   กลุ่มที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
   และเลือกตารางที่จะใช้
6. หา ตัวคูณปรับค่า Rating Factors
7. หาขนาดกระแสสายไฟฟ้า

$$I_t = I_n \ / \ (Ca \times Cg)$$

8. เลือกขนาดสายไฟฟ้าจากตารางที่เลือกไว้

## 8.4 ตัวอย่างการคำนวณหาชนิดและขนาดสายไฟฟ้า

**ตัวอย่างที่ 8.1** วงจรย่อย 1 ph, 230 V กระแสออกแบบ 12 A เดินในท่อร้อยสาย Ambient Temperature 40°C ให้หาขนาด สาย IEC 01 และถ้าเดิน 2 วงจร ในท่อเดียวกันโดยกระแสออกแบบเท่าเดิมขนาดสายจะต้องเป็นเท่าใด

ขั้นตอนที่ 1

| |
|---|
| $I_b$ = 12 A |

ขั้นตอนที่ 2

เลือก CB ให้ $I_n > I_b$

เลือก $I_n$ = 16 A หรือ 20 A

ขั้นตอนที่ 3

การติดตั้งในท่อร้อยสาย

ขั้นตอนที่ 4

เลือกสาย IEC 01 ฉนวน PVC 70°C

เป็น สายแกนเดียว

ขั้นตอนที่ 5

เลือก ลักษณะการติดตั้ง กลุ่มที่ 2 เดินในท่อร้อยสาย

ตารางที่ 5 – 20 แกนเดียว 2 ตัวนำกระแส

ขั้นตอนที่ 6

หา ตัวคูณปรับค่า Rating Factor ตารางที่ 5 – 43

Ambient Temperature 40°C, $C_a$ = 1.00

ขั้นตอนที่ 7

$I_t$ = 16 / 1.00 = 16 A

หรือ $I_t$ = 20/ 1.00 = 20 A

ขั้นตอนที่ 8

จากตาราง 5 – 20

สาย IEC 01 ในท่อ 2 x 2.5 $mm^2$ (21 A)

2 x 4 $mm^2$ (28 A)

∴ สามารถใช้ CB 16 A

2 (2 x 2.5 $mm^2$)

หรือ CB 20 A

เดิน 2 วงจร ในท่อเดียวกัน

หา ตัวคูณปรับค่า Rating Factor ตารางที่ 5 – 8

2 วงจร ตัวคูณ = 0.80

ขั้นตอนที่ 7

$I_t$ = 16/ 0.8 = 20 A

หรือ $I_t$ = 20/ 0.8 = 25 A

ขั้นตอนที่ 8

จาก ตาราง 5 – 20

สาย IEC 01 ในท่อ 2 x 2.5 $mm^2$ (21 A)

2 x 4 $mm^2$ (28 A)

∴ สามารถใช้ CB 16 A

2 (2 x 2.5 $mm^2$)

หรือ CB 20 A

2 (2 x 4 $mm^2$)

**ตัวอย่างที่ 8.2** ระบบไฟฟ้า 3 ph, 4 w, 230/ 400 V มี วงจรย่อย 3 ชุดๆ ละ 14 A ใช้ Neutral ร่วมใช้ สาย IEC 01 เดินใน ท่อร้อยสาย Ambient Temperature 40°C ถ้าวงจรย่อยใช้ Neutral แยกกันและร้อยในท่อร้อยสายเดียวกันให้หาขนาดสาย

ขั้นตอนที่ 1

| | | |
|---|---|---|
| $I_b$ | = | 14 A |

ขั้นตอนที่ 2

เลือก CB 20 A

ขั้นตอนที่ 3

การติดตั้งในท่อร้อยสาย

ขั้นตอนที่ 4

เลือกสาย IEC 01 ฉนวน PVC 70°C

เป็น สายแกนเดียว

ขั้นตอนที่ 5

เลือกลักษณะการติดตั้ง กลุ่มที่ 2 เดินในท่อร้อยสาย

ตารางที่ 5 – 20 แกนเดียว 3 ตัวนำกระแส

ระบบไฟฟ้า 3 ph, 4 w ใช้ Neutral ร่วมเดินในท่อร้อยสาย

ปกติจะออกแบบให้ Balanced ซึ่งการใช้งานจริง

อาจ Off Balanced ไปบ้าง ถือว่า Neutral ไม่นำกระแส

$\therefore$ จำนวนตัวนำกระแส = 3

ขั้นตอนที่ 6

หา ตัวคูณปรับค่า Rating Factor ตารางที่ 5 – 43

Ambient Temperature 40°C, $C_a$ = 1.00

ขั้นตอนที่ 7

$I_t$ = 20/ 1.00 = 20 A

ขั้นตอนที่ 8

จาก ตาราง 5 – 20

สายแกนเดียว ในท่อมี 3 เส้น

สาย 4 x 4 $mm^2$ (24 A)

เดิน 3 วงจร ในท่อเดียวกัน

หา ตัวคูณปรับค่า Rating Factor ตารางที่ 5 – 8

3 วงจร ตัวคูณ = 0.70

ขั้นตอนที่ 9

$I_t$ = 20/0.7 = 28.6 A

ขั้นตอนที่ 10

จาก ตาราง 5 – 20

สาย IEC 01 ในท่อ 2 x 4 $mm^2$ (28 A)

2 x 6 $mm^2$ (36 A)

∴ CB 20 A

3 ( 2 x 6 $mm^2$)

**ตัวอย่างที่ 8.3** วงจรสายป้อน 3 ph, 4 w, 230/400 V กระแสโหลด 100 A, เดินในท่อร้อยสาย Ambient Temperature 45°C ใช้ สายแกนเดียว IEC 01 สาย 4 แกน NYY และสาย แกนเดียว XLPE

ขั้นตอนที่ 1

| | | |
|---|---|---|
| $I_L$ | = | 100 A |

ขั้นตอนที่ 2

เลือก CB 125 A

ขั้นตอนที่ 3

การติดตั้งในท่อร้อยสาย

ขั้นตอนที่ 4

ใช้สาย IEC 01 สายแกนเดียว

ใช้สาย NYY 4 แกน

ขั้นตอนที่ 5

เลือก ลักษณะการติดตั้ง กลุ่มที่ 2 เดินในท่อร้อยสาย

ตารางที่ 5 – 20 แกนเดียว 3 ตัวนำกระแส

ตารางที่ 5 – 20 หลายแกน 3 ตัวนำกระแส

ขั้นตอนที่ 6

ตัวคูณปรับค่า Rating Factor ตารางที่ 5 – 43

Ambient Temperature 45°C, $C_a$ = 0.91

ขั้นตอนที่ 7

$I_t$ = 125/0.91 = 137 A

ขั้นตอนที่ 8

จาก ตาราง 5 – 20

ตัวนำกระแส 3

สายแกนเดียว IEC 01 4 x 70 $mm^2$ (149 A)

สายหลายแกน NYY 4 x 95 $mm^2$ (156 A)

สาย แกนเดียว XLPE

ขั้นตอนที่ 9

ตัวคูณปรับค่า Rating Factor ตารางที่ 5–43

Ambient Temperature 45°C, $C_a$ = 0.96

**ตัวอย่างที่ 8.4** วงจรสายป้อน 3 ph, 4 w, 230/400 V เดินในท่อร้อยสายฝังใต้ดินจำนวน 3 ท่อ ติดตั้งชิดกัน แต่ละท่อ กระแสโหลด 200 A Ambient Temperature ใต้ดิน 30°C และใช้สาย XLPE แกนเดียว 0.6/1 kV

ขั้นตอนที่ 1

| | | |
|---|---|---|
| $I_L$ | = | 200 A |

ขั้นตอนที่ 2

เลือก CB In = 250 A

ขั้นตอนที่ 3

การติดตั้งในท่อร้อยสาย

วางชิดกัน จำนวน 3 ท่อ

ขั้นตอนที่ 4

ใช้สาย แกนเดียว XLPE ติดตั้งในท่อร้อยสาย

ขั้นตอนที่ 5

เลือก ลักษณะการติดตั้ง กลุ่มที่ 5

สาย XLPE เดินท่อร้อยสาย ฝังใต้ดิน

ตารางที่ 5 – 29 แกนเดียว 3 ตัวนำกระแส

ขั้นตอนที่ 6

ตัวคูณปรับค่า Rating Factor ตารางที่ 5 – 46

จำนวน 3 วงจร วางชิดกัน

$C_g$ = 0.75

ขั้นตอนที่ 7

$I_t$ = 250/0.75 = 333 A

ขั้นตอนที่ 8

จาก ตาราง 5 – 29

จำนวนตัวนำกระแส 3

4 x 185 $mm^2$ (356 A)

**ตัวอย่างที่ 8.5** สายป้อน 3 ph, 4 w 230/400 V เดินบนรางเคเบิล แบบระบายอากาศ (Perforated Trays) วางชิดในแนวนอน กระแสโหลดวงจรละ 300 A สายไฟฟ้าใช้สาย XLPE แกนเดียว 0.6/1 kV Ambient Temperature 40°C ขนาดสายสำหรับ 1 วงจร ขนาดสายสำหรับ 4 วงจร, วางชิดกัน

ขั้นตอนที่ 1

$I_L$ = 300 A

ขั้นตอนที่ 2

เลือก CB 375 A

ขั้นตอนที่ 3

การติดตั้งบนรางเคเบิล แบบระบายอากาศวางชิดกันในแนวนอน

ขั้นตอนที่ 4

ใช้สาย XLPE แกนเดียว 0.6/1 kV

ขั้นตอนที่ 5

เลือกลักษณะการติดตั้ง กลุ่มที่ 7 เดินบนรางเคเบิลสายแกนเดียว

ขั้นตอนที่ 6

หา ตัวคูณปรับค่า Rating Factor ตารางที่ 5 – 40

1 วงจร $C_g$ = 1.00

4 วงจร $C_g$ = 0.82

ขั้นตอนที่ 7

1 วงจร $I_t$ = 375/1.00 = 375 A

4 วงจร $I_t$ = 375/0.82 = 457 A

ขั้นตอนที่ 8

จาก ตาราง 5 – 32 แกนเดียว วางชิดกัน

| | | |
|---|---|---|
| 1 วงจร ขนาดสาย | 4 x 150 $mm^2$ | (422 A) |
| 4 วงจร ขนาดสาย | 4 (4 x 185 $mm^2$) | (485 A) |

**ตัวอย่างที่ 8.6** สายเมนแรงต่ำจากหม้อแปลงเดินบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศ (Perforated Trays) หม้อแปลง 1000 kVA, 22 kV/230 – 400 V Ambient Temperature 45°C ใช้ สาย XLPE แกนเดียว 0.6/1 kV ใช้สายควบ 4 ชุด ใช้สายควบ 7 ชุด วางชิดกันในแนวนอน

ขั้นตอนที่ 1

หม้อแปลง 1000 kVA, 230/400 V

$$I_n = \frac{1000 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 1443 \text{ A}$$

ขั้นตอนที่ 2

ขนาดสายหม้อแปลงคิด 125 % กระแสพิกัด

$$I_b = 1.25 \times 1443 = 1804 \text{ A}$$

ขั้นตอนที่ 3

การติดตั้ง รางเคเบิลระบายอากาศ

- ใช้สายควบ 4 ชุด
- ใช้สายควบ 7 ชุด

ขั้นตอนที่ 4

ใช้สาย XLPE แกนเดียว 0.6/1 kV

ขั้นตอนที่ 5

เลือกลักษณะการติดตั้ง กลุ่มที่ 7 เดินบนรางเคเบิลวางชิดกันในแนวนอน

ขั้นตอนที่ 6

หา ตัวคูณปรับค่า Rating Factor

Ambient Temperature 45°C ตารางที่ 5 – 43

สาย XLPE $C_a$ = 0.96

สายควบ ตารางที่ 5 – 40

ควบ 4 ชุด $C_g$ = 0.82

ควบ 7 ชุด $C_g$ = 0.77

ขั้นตอนที่ 7

ควบ 4 ชุด

$I$ = 1804/4 = 451 A

$I_t$ = 451/(0.96 x 0.82) = 573 A

ควบ 7 ชุด

$I$ = 1804/ 7 = 258 A

$I_t$ = 258/(0.96 x 0.77) = 349 A

ขั้นตอนที่ 8

เลือกขนาดสาย จากตาราง 5 – 32

ควบ 4 ชุด $I_t$ = 573 A

4 (4 x 240 $mm^2$) (577 A)

ควบ 7 ชุด $I_t$ = 349 A

7 (4 x 120 $mm^2$ ) (364 A)

**ตัวอย่างที่ 8.7** สายป้อน 3 ph, 4 w 230/400 V เดินบน รางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบไม่มีฝาปิด และ มีฝาปิด กระแสโหลด วงจรละ 100 A สายไฟฟ้าใช้ สาย XLPE หลายแกน 0.6/1 kV Ambient Temperature 40°C ขนาดสายสำหรับ 1 วงจร ขนาดสายสำหรับ 5 วงจร

ขั้นตอนที่ 1

$I_L$ = 100 A

ขั้นตอนที่ 2

เลือก CB 125 A

ขั้นตอนที่ 3

การติดตั้งบน รางเคเบิลชนิด ด้านล่างทึบ ไม่มีฝาปิด

ขั้นตอนที่ 4

ใช้สาย XLPE หลายแกน 0.6/1 kV

ขั้นตอนที่ 5

เลือกลักษณะการติดตั้งกลุ่มที่ 7 เดินบนรางเคเบิลสายหลายแกน

ขั้นตอนที่ 6

หา ตัวคูณปรับค่า Rating Factor ตารางที่ 5 – 41

1 วงจร $C_g$ = 0.97

5 วงจร $C_g$ = 0.71

ขั้นตอนที่ 7

1 วงจร $I_t$ = 125/0.97 = 129 A

5 วงจร $I_t$ = 125/0.71 = 176 A

ขั้นตอนที่ 8

จาก ตารางที่ 5 – 33 หลายแกน

1 วงจร ขนาดสาย 4 x 35 $mm^2$ (134 A)

5 วงจร ขนาดสาย 5 (4 x 70 $mm^2$) (208 A)

การติดตั้งบน รางเคเบิลชนิด ด้านล่างทึบ มีฝาปิด

ขั้นตอนที่ 1

$I_L$ = 100 A

ขั้นตอนที่ 2

เลือก CB 125 A

ขั้นตอนที่ 3

การติดตั้งบน รางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบ มีฝาปิด

ขั้นตอนที่ 4

ใช้สาย XLPE หลายแกน 0.6 / 1 kV

ขั้นตอนที่ 5

เลือกลักษณะการติดตั้ง กลุ่มที่ 7 เดินบนรางเคเบิลสายหลายแกน

ขั้นตอนที่ 6

หาตัวคูณปรับค่า Rating Factor ตารางที่ 5 – 33 (ก)

1 วงจร $C_g$ = 1.00

5 วงจร $C_g$ = 0.60

ขั้นตอนที่ 7

1 วงจร $I_t$ = 125/1.00 = 125 A

5 วงจร $I_t$ = 125 / 0.60 = 208 A

ขั้นตอนที่ 8

จาก ตาราง 5 – 33 หลายแกน

1 วงจร ขนาดสาย 4/C 50 $mm^2$ (140 A)

5 วงจร ขนาดสาย 5 (4/ C 95 $mm^2$) (212 A)

# บทที่ 9 แรงดันตก

## 9.1 บทนำ

แรงดันตก (Voltage Drop) คือ ความแตกต่างระหว่างขนาดแรงดันไฟฟ้าที่จุดแหล่งจ่ายต้นทาง และจุดรับไฟฟ้า เกิดเนื่องจากการที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายไฟฟ้าที่มีค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance) ของตัวสายไฟฟ้าเอง

แรงดันตกเป็นปัญหาที่สำคัญมากปัญหาหนึ่ง ที่จะต้องพิจารณาเมื่อใช้สายไฟฟ้าที่มีความยาวมากๆ ผลของแรงดันตกต่อบริภัณฑ์ไฟฟ้ามีมากมาย เช่น มีผลต่อความสว่างของหลอดไฟฟ้า เพราะความสว่างของหลอดไฟฟ้าจะแปรตามแรงดันยกกำลังสอง เมื่อแรงดันตกลงไป จะทำให้ความสว่างลดลงไปเป็นอันมาก ถ้าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) การที่แรงดันตกจะทำให้การสตาร์ทยาก บัลลาสต์ร้อนเกินไป เป็นต้น

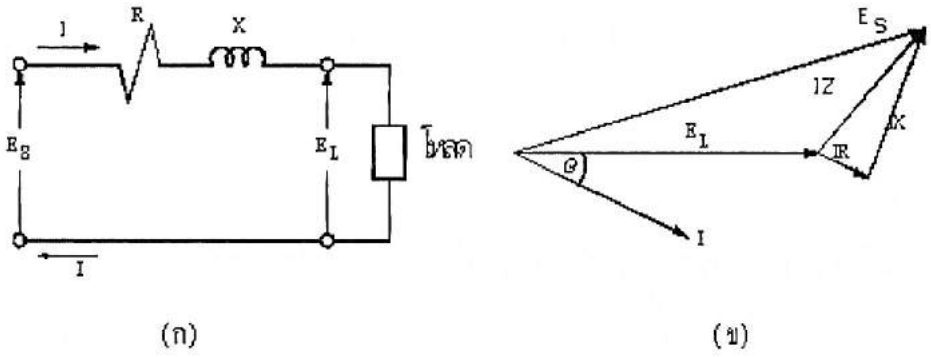
## 9.2 แรงดันตกสำหรับระบบแรงต่ำ

– กรณีรับไฟแรงต่ำจากการไฟฟ้า แรงดันตกคิดจากเครื่องวัดฯ จนถึงจุดใช้ไฟจุดสุดท้ายรวมกันต้องไม่เกิน 5% จากแรงดันที่ระบุ

– กรณีรับไฟแรงสูงจากการไฟฟ้า แรงดันตกคิดจากบริภัณฑ์ประธานแรงต่ำจนถึงจุดใช้ไฟจุดสุดท้ายรวมกันต้องไม่เกิน 5% จากแรงดันที่ระบุ

## 9.3 การคำนวณแรงดันตก

พิจารณาวงจรสมมูล 1 เฟส และเฟสเซอร์ไดอะแกรม ดังรูปที่ 9.1




รูปที่ 9.1 ก) วงจรสมมูล ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรม

$$E_S = E_L < 0 + I <-\theta\ (R + jX)$$

$$= E_L + I\ (\cos\theta - j \sin\theta)\ (R + jX)$$

$$= E_L + I\ (R \cos\theta + X \sin\theta - j\ R \sin\theta + j\ X \cos\theta)$$

$$= (E_L + IR \cos\theta + IX \sin\theta) + j\ (X \cos\theta - R \sin\theta)$$

| Real Part | Imaginary Part |
|---|---|
| Real Part | มีค่ามาก |
| Imaginary Part | มีค่าน้อย |

สามารถหาค่าโดยประมาณได้

$$E_S - E_L = IR \cos\theta + IX \sin\theta$$

ได้สูตรการคำนวณค่าแรงดันตกในระบบไฟฟ้า ดังนี้

1 เฟส 2 สาย $VD \approx 2\ I\ (R \cos\theta + X \sin\theta)$

3 เฟส 4 สาย $VD \approx \sqrt{3}\ I\ (R \cos\theta + X \sin\theta)$

โดย VD = แรงดันตก (V)
I = กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (A)
R = ค่าความต้านทานทางเดียวของสายไฟฟ้า (Ω)
X = ค่ารีแอกแตนซ์ทางเดียวของสายไฟฟ้า (Ω)
cos θ = ค่าตัวประกอบกำลังของโหลด (P.F.)
$E_L$ = แรงดันที่โหลด
$E_S$ = แรงดันที่ต้นทาง

## 9.4 ค่า I, cos θ, R และ X ของสายไฟฟ้า

**9.4.1** ค่า I และ cos θ

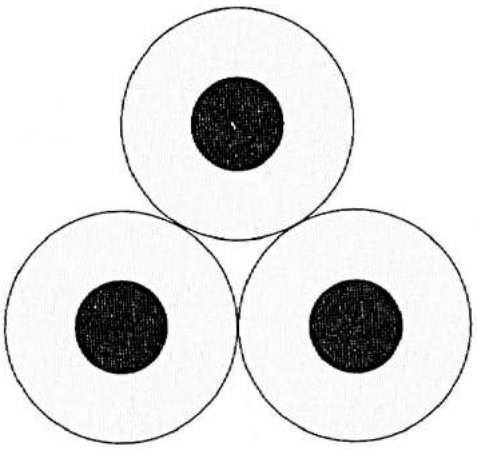
ค่ากระแสไฟฟ้า (I), cos θ เป็นคุณสมบัติของโหลด ถ้าโหลดใหญ่ ค่ากระแสไฟฟ้า (I) ก็จะสูง สำหรับค่า cos θ คือ Power Factor ของโหลด โดยทั่วไป จะไม่ทราบค่า ค่าเฉลี่ยจะอยู่ระหว่าง 80% Lagging ถึง 100%

**9.4.2** ค่า R และ X

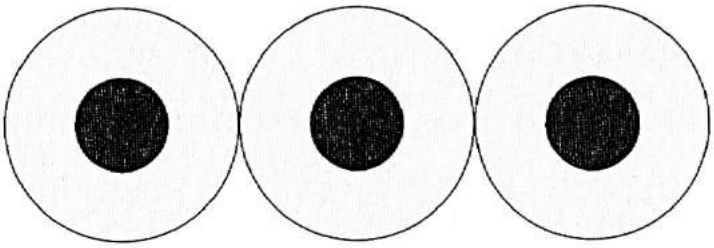
ค่าความต้านทาน (R) ของสายไฟฟ้า สามารถหาได้จากมาตรฐานสายไฟฟ้า ซึ่งให้ค่าที่อุณหภูมิ 20 ˚C สำหรับการคำนวณแรงดันตกให้ปรับค่าความต้านทานนี้ไปที่อุณหภูมิ 70˚C สำหรับสาย PVC และ อุณหภูมิ 90˚C สำหรับสาย XLPE

ส่วนค่ารีแอกแตนซ์ (X) ของสายไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ และระยะห่างระหว่างตัวนำ สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส อาจจัดการวางสายได้หลายแบบซึ่งจะให้ค่า X ต่างกัน คือ

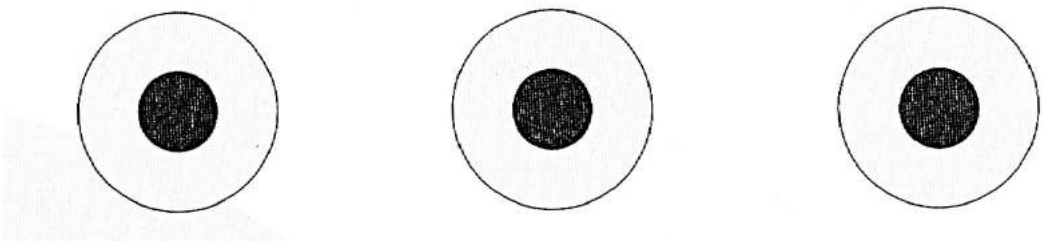
1. การเรียงสายแบบ Trefoil จะให้ค่า X น้อยที่สุด
2. การเรียงสายแบบ Touching Flat
3. การเรียงสายแบบ Spaced Flat จะให้ค่า X มากที่สุด



รูปที่ 9.2 การวางสายไฟฟ้าแบบ Trefoil



รูปที่ 9.3 การวางสายไฟฟ้าแบบ Touching Flat



รูปที่ 9.4 การวางสายไฟฟ้าแบบ Spaced Flat

สำหรับสายไฟฟ้าขนาดถึง 16 $mm^2$ ค่า R จะสูง ส่วนค่า X จะต่ำ ดังนั้นจึงจะละเลยค่า X แรงดันตกสูงสุดจะอยู่ที่ P.F. 100% สายไฟฟ้าตั้งแต่ขนาด 25 $mm^2$ ถึง 500 $mm^2$ จะให้ค่า R และ X เพื่อให้สามารถคำนวณแรงดันตกตาม P.F. ต่างๆได้

ค่า R, X การติดตั้งกลุ่มที่ 2 สาย PVC 70°C จาก BS 7671 : 2008

| ขนาดสายไฟฟ้า | R (mΩ/m) | X (mΩ/m) |
|---|---|---|
| 2.5 | 9.0 | - |
| 50 | 0.48 | 0.15 |
| 120 | 0.20 | 0.14 |

**ตัวอย่างที่ 9.1** วงจรไฟฟ้า 230 V, 1 เฟส ใช้สายไฟฟ้าแกนเดียว PVC ขนาด 2.5 $mm^2$ กระแสโหลด 15 A โหลดอยู่ที่ปลายทางระยะ 50 m ให้ค่า R = 9.0 mΩ/m ไม่คิดค่า X แรงดันตกจะเป็นเท่าใด

วิธีทำ

$$VD = 2 \times I \times R$$

$$= 2 \times 15 \times 9 \times 50 \quad mV$$

$$= \frac{2 \times 15 \times 9 \times 50}{1000}$$

$$= 13.5 \text{ V}$$

$$=$$

$$= 5.87 \%$$

**ตัวอย่างที่ 9.2** ระบบไฟฟ้า 400 V, 3 เฟส จ่ายไฟให้โหลดสามเฟสสมดุล 100A ซึ่งอยู่ห่างไป 100 m สายแกนเดียวฉนวน PVC ขนาด 50 $mm^2$ R = 0.48 mΩ/m, X = 0.15 mΩ/m จงคำนวณหาแรงดันตก

วิธีทำ

เนื่องจากไม่ทราบค่า P.F. ของโหลด

สมมุติให้ P.F. มีค่า 1.00, 0.95, 0.90, 0.85 และ 0.80 Lagging แล้วคำนวณหาค่าแรงดันตกในแต่ละกรณี

จากตารางหาค่า

R = 0.48 Ω

X = 0.15 Ω

1) P.F. = 100% cos θ = 1.00, sin θ = 0

VD = $\sqrt{3}$ I (R cos θ + X sin θ)

= $\sqrt{3}$ x 100x 100 (0.48 x 1 + 0.15 x 0)

= 8.31 V

2) P.F. = 0.95 Lagging cos θ = 0.95, sin θ = 0.31

VD = $\sqrt{3}$ I (R cos θ + X sin θ)

= $\sqrt{3}$ x 100 x 100 (0.48 x 0.95 + 0.15 x 0.31)

= 8.70 V

3) P.F. = 0.90 Lagging cos θ = 0.9, sin θ = 0.44

VD = $\sqrt{3}$ I (R cos θ + X sin θ)

= $\sqrt{3}$ x 100 x 100 (0.48x0.9 + 0.15 x 0.44)

= 8.63 V

4) P.F. = 0.85 Lagging cos θ = 0.85, sin θ = 0.53

VD = $\sqrt{3}$ I (R cos θ + X sin θ)

= $\sqrt{3}$ x 100 x 100 (0.48 x 0.85 + 0.15x 0.54)

= 8.47 V

5) P.F. = 0.80 Lagging cos θ = 0.80, sin θ = 0.6

VD = $\sqrt{3}$ I (R cos θ + X sin θ)

= $\sqrt{3}$ x 100 x 100 (0.48 x 0.80 + 0.15 x 0.6)

= 8.21 V

จากค่าแรงดันตกที่คำนวณได้ จะเห็นได้ว่า
แรงดันตกสูงสุดเกิดที่ P.F. = 0.95 Lagging
สำหรับสายไฟฟ้าขนาดอื่นๆ ก็สามารถคำนวณได้เช่นเดียวกัน แต่แรงดันตกสูงสุดจะเกิดที่ค่า P.F. ต่างไป ขึ้นอยู่กับ R และ X ของสายไฟฟ้านั้นๆ

## 9.5 แรงดันตกในวงจร

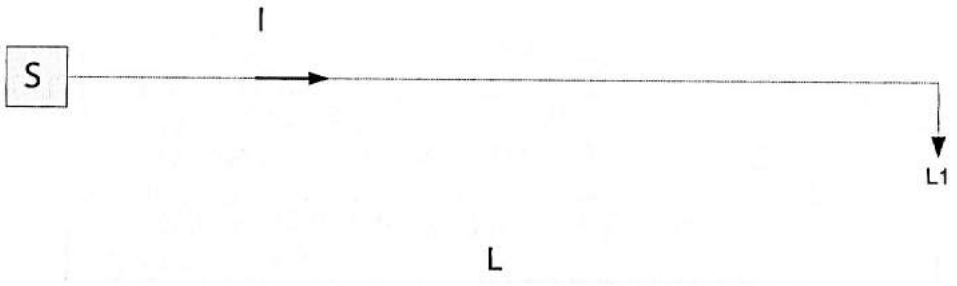
ในการใช้งานในวงจร โหลดจะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

**Concentrated Load** คือ วงจรที่โหลดมีเพียงชุดเดียว และอยู่ที่ปลายสายแรงดันตกของการจ่ายโหลดลักษณะนี้จะมีค่าสูงสุด

**Distributed Load** คือ วงจรที่มีโหลดหลายชุดกระจายไปตามความยาวสายแรงดันตกของการจ่ายโหลดลักษณะนี้จะมีค่าน้อยกว่าแบบแรก

ถ้าวงจรประกอบด้วยโหลดจำนวนหลายๆ ชุด แรงดันตกของ Distributed Load จะน้อยกว่าแรงดันตกของ Concentrated Load ประมาณ 2 เท่า

**Concentrated Load**

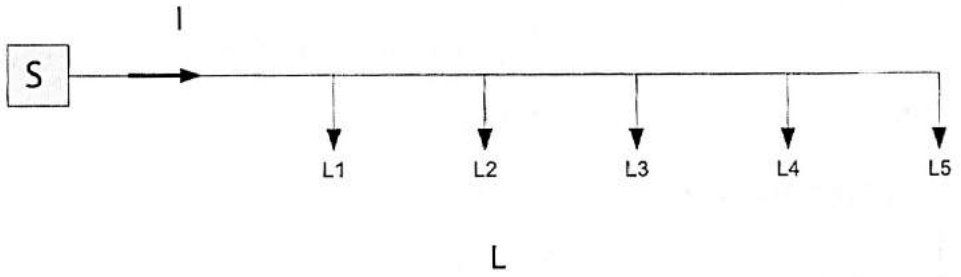



รูปที่ 9.5 Concentrated Load

Concentrated Load ของวงจร มีลักษณะเช่นเดียวกับโหลดของสายป้อน จึงสามารถใช้ตารางได้ทันที เมื่ออ่านจากตารางระยะทางโหลด จะได้ L = 25 m

**Distributed Load**

จะแสดงการคำนวณแรงดันตกในวงจรที่ประกอบด้วยโหลดที่มีการติดตั้งแบบ Distributed Load จำนวน 5 ชุด เท่าๆ กัน




รูปที่ 9.6 Distributed Load

## 9.6 ตารางแรงดันตก

เพื่อให้การคำนวณแรงดันตกทำได้สะดวกขึ้น มาตรฐานหลายฉบับจะทำตารางให้ โดยตารางจะให้เป็นแต่ละขนาด แต่ละชนิดตามการติดตั้งเป็น mV/A/m ดังนั้น ถ้าทราบกระแสและระยะทางก็สามารถคำนวณได้ ตารางทั้งหมดให้ไว้ในภาค ผนวก

**ตัวอย่างที่ 9.3** สายไฟฟ้าแกนเดียวฉนวน PVC 70°C ขนาน 120 $mm^2$ ใช้ในระบบ 3 เฟส 4 สาย มีแรงดันตก 0.4 mV/A/m ถ้าสายไฟฟ้า นำกระแส 200 A ระยะทาง 100 m แรงดันตกเป็นเท่าใด

วิธีทำ

$$VD = \frac{0.4 \times 200 \times 100}{1000}$$

$$= 8 \text{ V}$$

อธิบายตารางของสายไฟฟ้าและชนิดการติดตั้งแบบต่างๆ ให้ไว้ในภาคผนวก

# บทที่ 10 การต่อลงดิน (Grounding)

## 10.1 บทนำ

ข้อกำหนดที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งในการออกแบบ และ ติดตั้งระบบไฟฟ้า คือ การต่อลงดิน (Grounding หรือ Earthing) มาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้าที่สำคัญ ๆ ของโลก เช่น NEC และ IEC ต่างก็ให้ความสำคัญในเรื่องนี้เป็นอย่างมาก เช่น

NEC Article 250 “Grounding”

IEC 364-5-54 “Earthing Arrangement and Protective Conductors”

สำหรับประเทศไทยนั้น วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ได้จัดทำข้อกำหนดเกี่ยวกับการต่อลงดินไว้ในบทที่ 4 “การต่อลงดิน” ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

ข้อกำหนดในการต่อลงดินของ วสท. ส่วนมากแปลและเรียบเรียงจาก NEC Article 250

การต่อลงดิน มีประโยชน์อยู่ 2 ประการ คือ

1. เพื่อป้องกันอันตราย ที่จะเกิดกับบุคคลที่บังเอิญไปสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่มีแรงดันไฟฟ้าเนื่องจากการรั่วไหลหรือ การเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า

2. เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอุปกรณ์ หรือ ระบบไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน

## 10.2 ชนิดการต่อลงดินและส่วนประกอบต่าง ๆ

การต่อลงดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Grounding)

2. การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding)

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า หมายถึง การต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้าที่มีกระแสไหลผ่านลงดิน เช่น การต่อจุดนิวทรัล (Neutral Point) ลงดิน

การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า หมายถึง การต่อส่วนที่เป็นโลหะ ที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของอุปกรณ์ต่างๆ ลงดิน

การต่อลงดินมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

1. หลักดิน หรือ ระบบหลักดิน (Grounding Electrode or Grounding Electrode System)

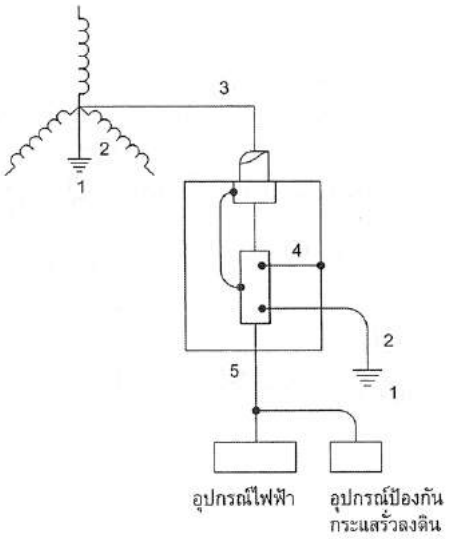
2. สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor)

3. สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor)

4. สายต่อฝากหลัก (Main Bonding Jumper)

5. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor)

ดังแสดงในรูปที่ 10.1




รูปที่ 10.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบการต่อลงดิน

## 10.3 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Grounding)

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า หมายถึง การต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้า ซึ่งมีกระแสไหลผ่าน เช่น จุดนิวทรัล (Neutral Point) ลงดิน

จุดประสงค์ของการต่อลงดินของระบบไฟฟ้ามีดังต่อไปนี้ คือ

1. เพื่อจำกัดแรงดันเกิน (Over Voltage) ที่ส่วนต่างๆ ของระบบไฟฟ้า ซึ่งอาจเกิดจากฟ้าผ่า (Lightning) เสิร์จในสาย (Line Surges) หรือ สัมผัสกับสายแรงสูง (H.V. Lines) โดยบังเอิญ

2. เพื่อให้ค่าแรงดันเทียบกับดินขณะระบบทำงานปกติมีค่าอยู่ตัว

3. เพื่อช่วยให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้น เมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน

### 10.3.1 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC System Grounding)

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับอาจแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. ระบบซึ่งทำงานที่ระดับแรงดันต่ำกว่า 50 V
2. ระบบซึ่งทำงานที่ระดับแรงดันตั้งแต่ 50 – 1000 V
3. ระบบซึ่งทำงานที่ระดับแรงดันตั้งแต่ 1 kV ขึ้นไป

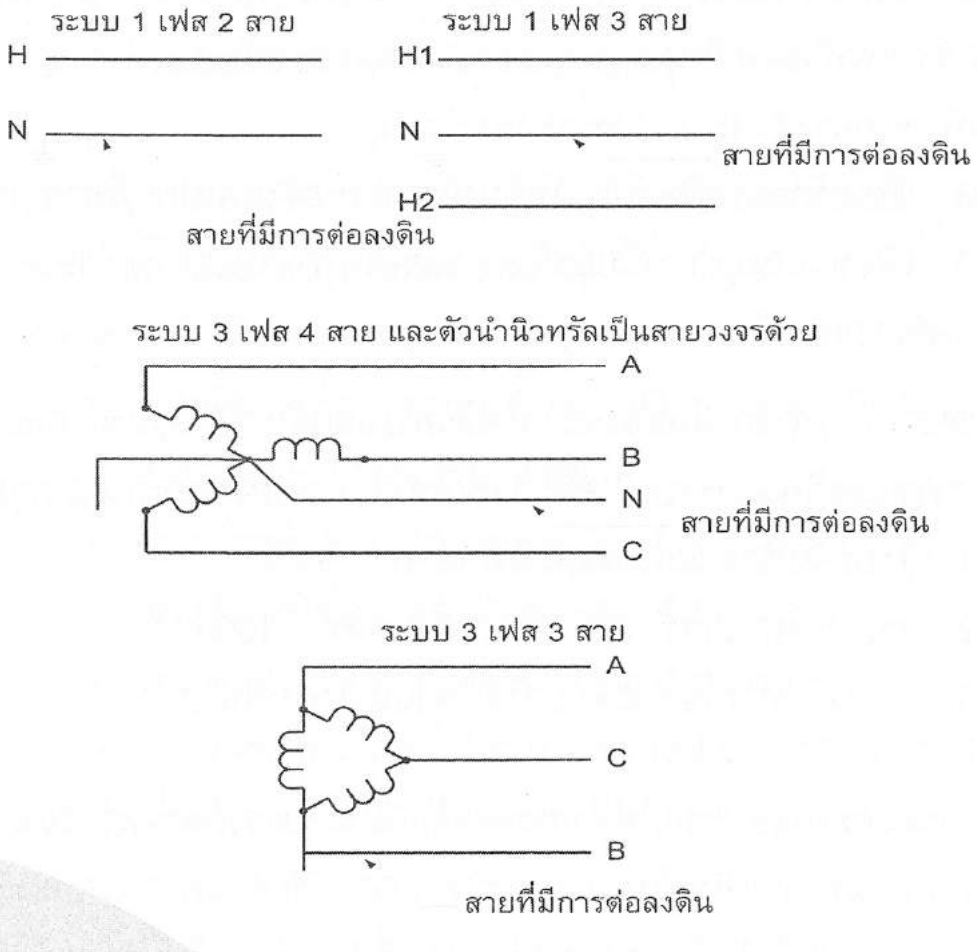
**การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันต่ำกว่า 50 V** (NEC)

ระบบซึ่งทำงานที่ระดับแรงดันต่ำกว่า 50 V จะต้องทำการต่อลงดินเมื่อ

- แรงดันที่ได้รับไฟจากหม้อแปลง ซึ่งมีแหล่งจ่ายไฟแรงดันเกิน 150 V
- หม้อแปลงได้รับจากไฟแหล่งจ่ายไฟ ที่ไม่มีการต่อลงดิน (Ungrounded System)
- ตัวนำแรงดันต่ำ ติดตั้งแบบสายเหนือดินนอกอาคาร

## การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 50–1000 V

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าแบบนี้ มีลักษณะดังรูป 10.2 ซึ่งเป็นตัวอย่างการต่อลงดินของระบบไฟฟ้า ชนิด 1 เฟส 2 สาย, 1 เฟส 3 สาย, 3 เฟส 3 สาย และ 3 เฟส 4 สาย




รูปที่ 10.2 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 50 V–1000 V

### 10.3.2 ขนาดสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

การเลือกขนาดสายต่อหลักดินสำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ จะใช้ตามตารางที่ 10.1 เป็นเกณฑ์ โดยเลือกตามขนาดสายประธานของระบบ สายประธานของแต่ละเฟสที่ต่อขนานกันให้คิดขนาดรวมกัน แล้วนำมาหาขนาดสายต่อหลักดิน

## ตารางที่ 10.1

ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

| ขนาดตัวนำประธาน (ตัวนำทองแดง) ($mm^2$) | ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) ($mm^2$) |
|---|---|
| ไม่เกิน 35 | 10 (หมายเหตุ) |
| เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50 | 16 |
| เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95 | 25 |
| เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185 | 35 |
| เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300 | 50 |
| เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500 | 70 |
| เกิน 500 | 95 |

**หมายเหตุ** แนะนำให้ติดตั้งในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง ท่อโลหะบาง หรือ ท่ออโลหะ

**ตัวอย่างที่ 10.1** บ้านหลังหนึ่งใช้ไฟฟ้ามิเตอร์ 15 (45) A 1 เฟส 2 สาย ใช้สายไฟขนาด 2 x 16 $mm^2$ IEC 01 สายต่อหลักดินจะใช้ขนาดเท่าใด

**วิธีทำ**

จากตารางที่ 10.1

สายเมนขนาด 16 $mm^2$

ใช้สายต่อหลักดินขนาด 10 $mm^2$

**ตัวอย่างที่ 10.2** สถานประกอบการแห่งหนึ่ง ใช้ไฟฟ้ามิเตอร์ 400 A 3 เฟส 4 สาย ใช้สายไฟ NYY ขนาด 2 (4 x 150 $mm^2$) ในท่อขนาดกลาง (IMC) 2 x 80 mm (3″) สายต่อหลักดินจะใช้ขนาดเท่าใด

**วิธีทำ**

สายเฟสใช้ขนาด 2 x 150 = 300 $mm^2$

จากตารางที่ 10.1 สายประธานขนาด 185–300 $mm^2$

ใช้สายต่อหลักดินขนาด 50 $mm^2$

**ตัวอย่างที่ 10.3** สถานประกอบการใช้หม้อแปลงขนาด 1000 kVA, 22 kV / 230– 400 V 3 เฟส 4 สาย ทางด้านแรงดันต่ำ จะต้องใช้สายต่อหลักดินขนาดเท่าใด

**วิธีทำ**

หม้อแปลง 1000 kVA

แรงดันด้านแรงต่ำ 230/400V

$$\text{กระแสพิกัด} = \frac{1000 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 1443 \text{ A}$$

$$I_c \geq 1.25 \times 1443 = 1804 \text{ A}$$

ใช้สาย NYY เดินบนรางเคเบิล

6 (3 x 240, 1 x 120 $mm^2$)

ขนาดสายเฟสรวม 6 x 240 = 1440 $mm^2$

จากตาราง 10.1 ขนาดสายประธานเกิน 500 $mm^2$

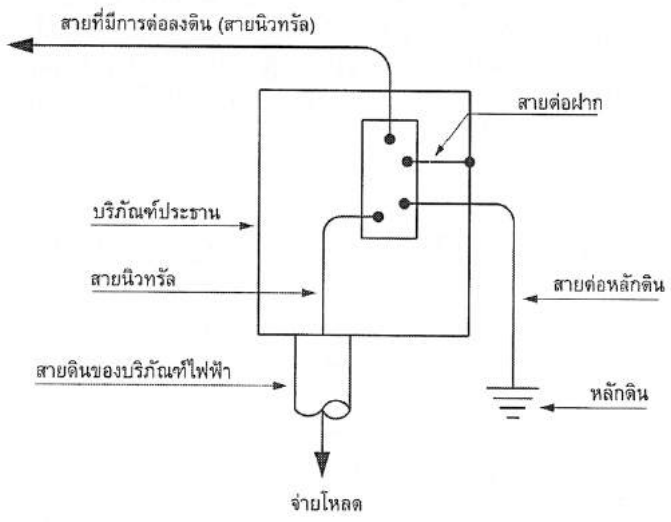
ใช้สายต่อหลักดินขนาด 95 $mm^2$

## 10.4 การต่อลงดินของบริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment Grounding)

การต่อลงดินที่บริภัณฑ์ประธาน หมายถึง การต่อสิ่งห่อหุ้มโลหะต่างๆ และ สายนิวทรัลที่บริภัณฑ์ประธานลงดิน บริภัณฑ์ประธานจะเป็นจุดต่อรวมของสายดินดังต่อไปนี้

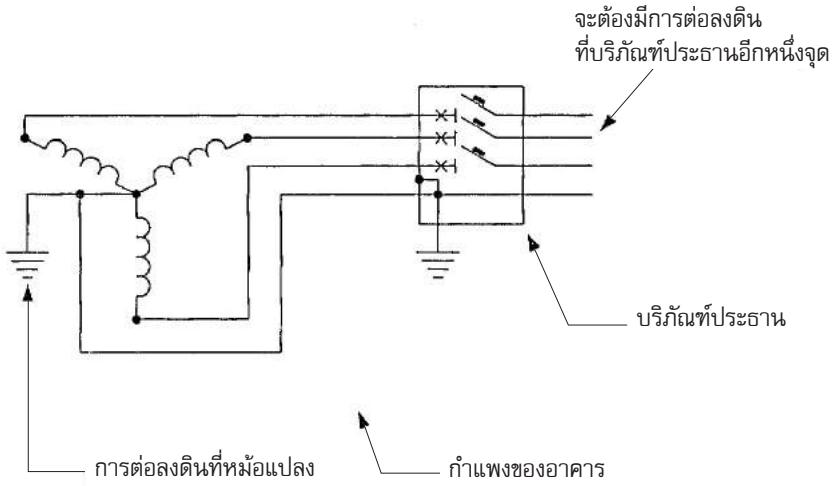
1. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductors)
2. สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductors)
3. สายต่อฝากหลัก (Main Bonding Jumper)
4. สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductors)

การต่อลงดินของบริภัณฑ์ประธาน จะต้องกระทำทางด้านไฟเข้าเสมอ (Supply Side) ดังแสดงในรูปที่ 10.3




รูปที่ 10.3 แสดงสายต่างๆ ที่บริภัณฑ์ประธาน

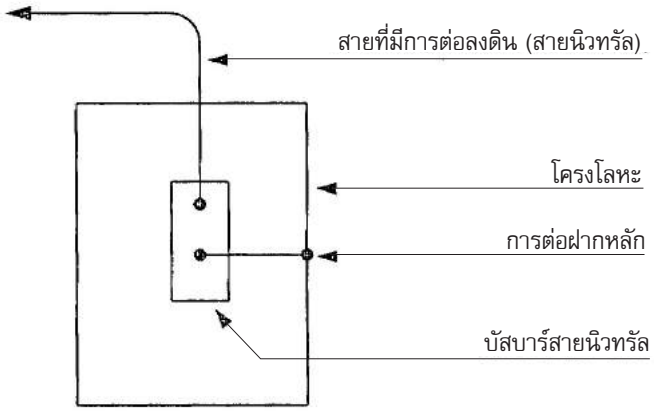
สถานประกอบการที่รับไฟฟ้าผ่านหม้อแปลงที่ติดตั้งนอกอาคาร จะต้องมีการต่อลงดิน 2 จุด คือ ที่ใกล้หม้อแปลงหนึ่งจุด และที่บริภัณฑ์ประธานอีกหนึ่งจุดดังแสดงในรูปที่ 10.4




รูปที่ 10.4 การต่อลงดินที่หม้อแปลงนอกอาคารและที่บริภัณฑ์ประธาน

### 10.4.1 การต่อฝากหลัก (Main Bonding Jumper)

การต่อที่สำคัญอีกอย่างที่บริภัณฑ์ประธาน คือ การต่อฝากหลัก (Main Bonding Jumper) ซึ่งหมายถึง การต่อโครงโลหะของบริภัณฑ์ประธานกับตัวนำที่มีการต่อลงดิน ดังแสดงในรูปที่ 10.5 ตัวนำที่มีการต่อลงดินอาจเป็นบัสบาร์สายดิน บัสบาร์สายนิวทรัล หรือ สายนิวทรัล ก็ได้




รูปที่ 10.5 ความหมายของการต่อฝากหลัก

## สายต่อฝากหลัก

- สายต่อฝากจะต้องเป็นตัวนำทองแดง
- ขนาดสายต่อฝากให้คิดตามตารางที่ 10.1
- ถ้าสายเฟสรวมเกิน 500 $mm^2$ ให้คิด 12.5% ของสายเฟสรวม

## การต่อสายฝากหลัก

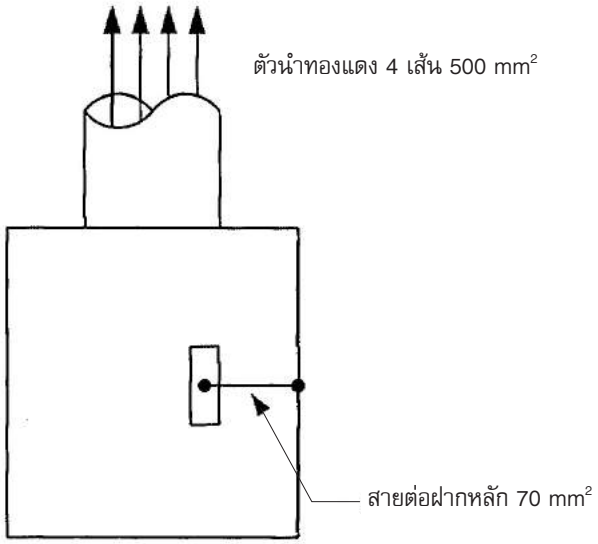
การต่อสายฝากหลักอาจทำได้โดย

- การเชื่อมด้วยความร้อน (Exothermic Welding)
- หัวต่อแบบบีบ
- ประกับจับสาย
- วิธีอื่นที่ได้รับการรับรองแล้ว
- ห้ามต่อโดยการใช้ตะกั่วบัดกรีเพียงอย่างเดียว

**ตัวอย่างที่ 10.4** จงหาขนาดสายต่อฝากหลัก ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส โดยแต่ละเฟสใช้สายตัวนำทองแดงขนาด 500 $mm^2$ 1 เส้น

## วิธีทำ

จากตารางที่ 6.1 กรณี 300–500 $mm^2$ ใช้สายต่อฝากหลักขนาด 70 $mm^2$



**ตัวอย่างที่ 10.5** จงหาขนาดสายต่อฝากหลัก ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส โดยแต่ละเฟสใช้สายตัว นำทองแดงขนาด 400 $mm^2$ จำนวน 2 เส้น

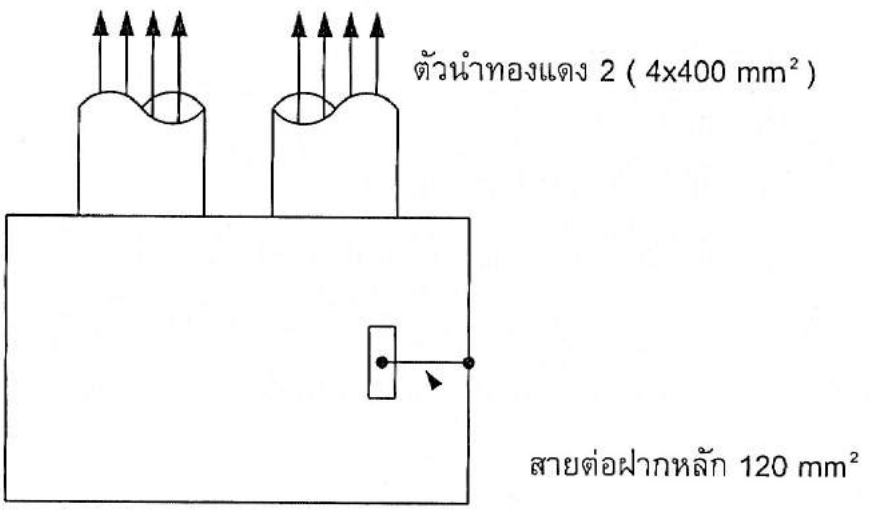
**วิธีทำ**

ขนาดสายเฟสรวม = 2 x 400 = 800 $mm^2$

เนื่องจากขนาดสายเฟสรวมมีขนาดใหญ่กว่า 500 $mm^2$

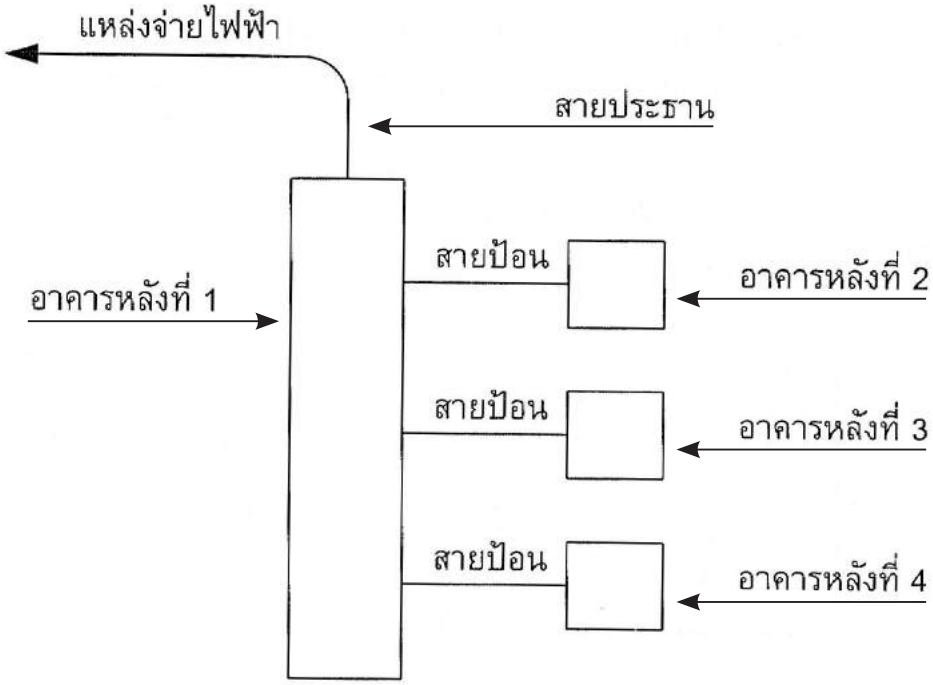
$\therefore$ ขนาดสายต่อฝากหลัก = 0.125 x 800 = 100 $mm^2$

$\therefore$ ใช้สายต่อฝากหลัก 120 $mm^2$



### 10.4.2 การต่อลงดินของวงจรที่มีบริภัณฑ์ประธานชุดเดียวจ่ายไฟให้อาคาร 2 หลัง หรือมากกว่า

สถานประกอบการที่มีอาคารหลายหลังและมีอาคารประธานจ่ายไฟฟ้าให้กับอาคารหลังอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 10.6



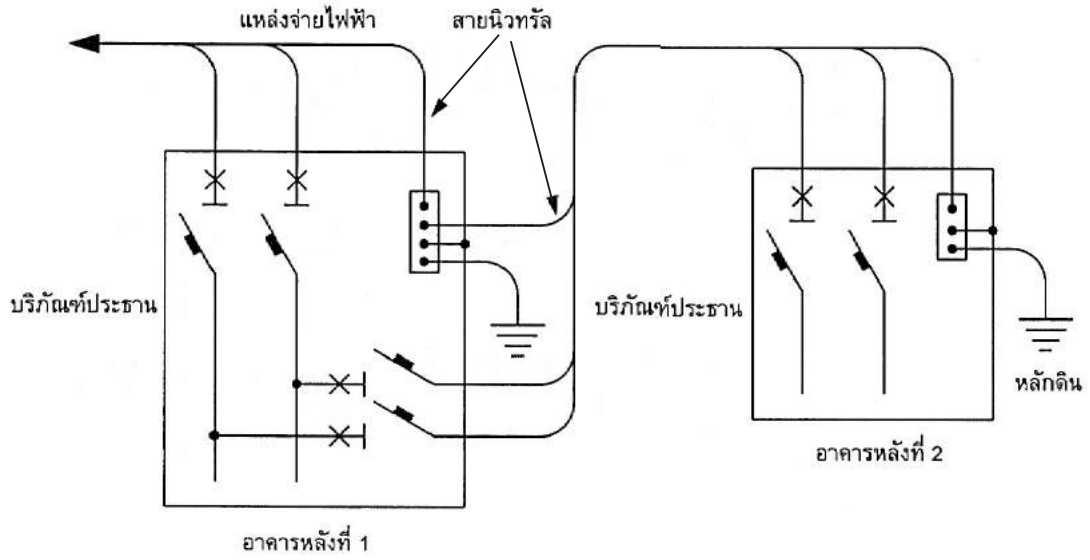

รูปที่ 10.6 การจ่ายไฟฟ้าของอาคารประธานให้กับอาคารหลังอื่นๆ

การต่อลงดินของสถานประกอบการแบบนี้ มีข้อกำหนดดังนี้ คือ

- อาคารประธาน (อาคารหลังที่ 1) การต่อลงดินให้เป็นไปตามข้อกำหนดของการต่อลงดินที่บริภัณฑ์ประธาน
- อาคารหลังอื่น จะต้องมีหลักดินเป็นของตนเอง และมีการต่อลงดินเช่นเดียวกับ

  บริภัณฑ์ประธาน คือ สายที่มีการต่อลงดิน สายต่อฝาก สายต่อหลักดิน และ โครง

  โลหะของบริภัณฑ์ประธาน จะต้องต่อร่วมกัน และต่อเข้ากับหลักดิน ดังรูปที่ 10.7

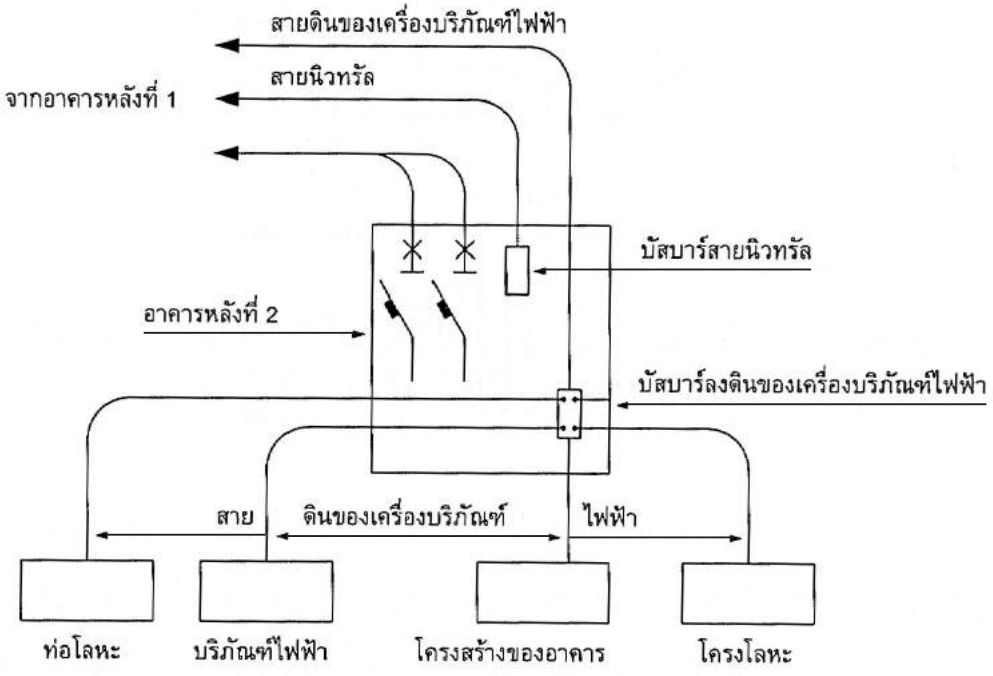



รูปที่ 10.7 อาคารแต่ละหลังต้องมีหลักดินเป็นของตัวเอง

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่อาคารหลังอื่นมีวงจรย่อยเพียงวงจรเดียว อนุญาตให้ไม่ต้องมีหลักดินได้

ในกรณีที่เดินสายดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า(Equipment Grounding Conductor) ไปพร้อมกับสายเฟสจากอาคารประธานเพื่อการต่อลงดินของส่วนโลหะของบริภัณฑ์ไฟฟ้าท่อโลหะ และ ส่วนโครงสร้างของอาคาร สายดินของเครื่อง

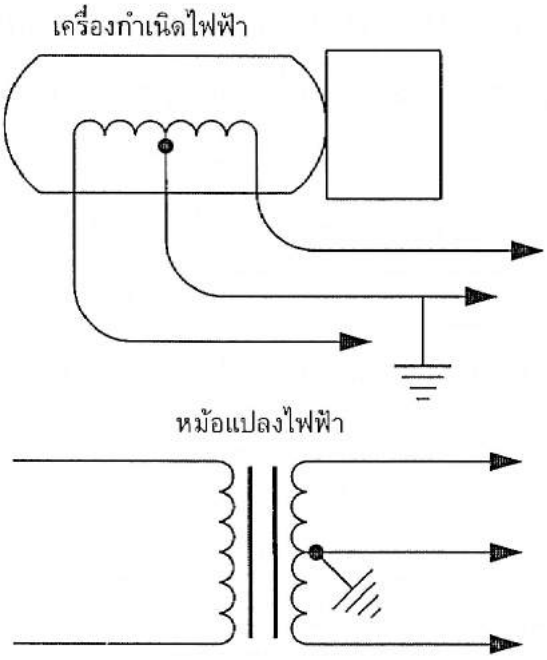
บริภัณฑ์ไฟฟ้านี้จะต้องต่อกับหลักดินที่มีอยู่ (ถ้าไม่มีหลักดินจะต้องสร้างขึ้น) และจะต้องเป็นสายหุ้มฉนวนด้วย นอกจากนี้สายนิวทรัลที่เดินมาจากอาคารประธานอนุญาตให้ไม่ต้องต่อเข้ากับหลักดินที่อาคารหลังอื่นได้ ดังรูปที่ 10.8



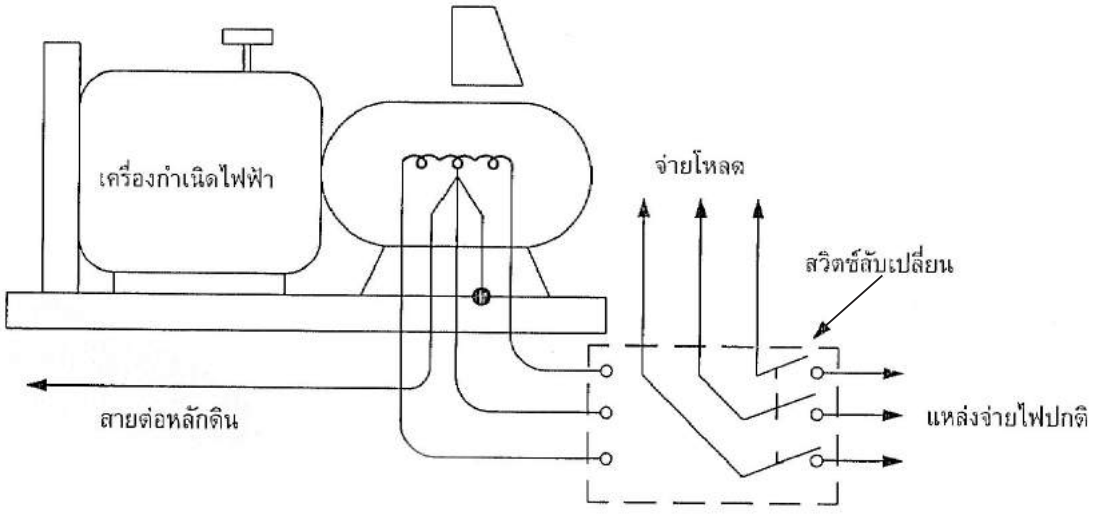

รูปที่ 10.8 การเดินสายดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าจากอาคารประธานไปยังอาคารหลังอื่นๆ

## 10.5 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก (Separately Derived System )

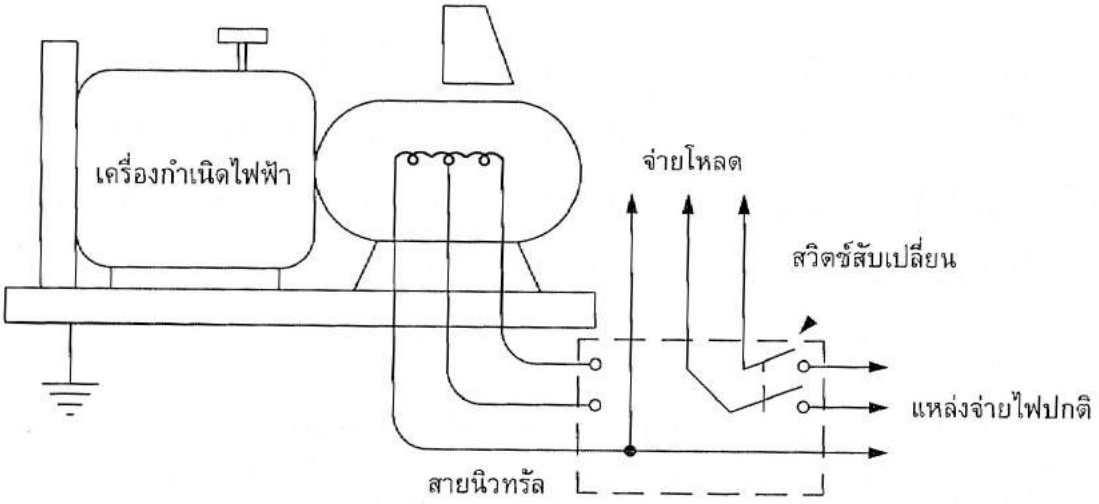
ระบบที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก หมายถึง ระบบการเดินสายภายใน ซึ่งจ่ายไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า หรือขดลวดคอนเวอร์เตอร์ และไม่มีการต่อถึงกันทางไฟฟ้าโดยตรง รวมทั้งระบบสายดินกับสายจ่ายไฟฟ้าจากระบบอื่น ตัวอย่างของระบบไฟฟ้าที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก ดังแสดงในรูปที่ 10.9, 10.10 และ 10.11




รูปที่ 10.9 ระบบไฟฟ้าที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก




รูปที่ 10.10 ระบบไฟฟ้าที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นตัวจ่ายแยกต่างหากพร้อมสวิตช์สับเปลี่ยน




รูปที่ 10.11 ระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พร้อมสวิตช์สับเปลี่ยน แต่ไม่มีการตัดสายนิวทรัล ระบบนี้ไม่ใช่ระบบไฟฟ้าที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก

## การต่อลงดิน

ถึงแม้ว่าระบบไฟฟ้าที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก จะไม่ใช่ระบบประธาน (Service) แต่ในทางปฏิบัติจะถือว่าเป็นระบบประธาน ดังนั้น การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก จึงใช้ตามหลักการของบริภัณฑ์ประธาน คือ จะประกอบด้วยสายที่มีการต่อลงดิน สายต่อฝากหลัก สายต่อหลักดิน โดยอุปกรณ์เหล่านี้จะต่อร่วมกันเข้ากับหลักดิน

นอกจากนี้จะต้องใช้หลักดินที่อยู่ใกล้กับตัวจ่ายแยกต่างหากมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

ระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง Standby Generator การต่อลงดินของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องทำอย่างไร

การต่อลงดินอาจแบ่งได้เป็น 2 กรณีคือ

1) เมื่อทั้ง 2 ระบบใช้สาย Neutral ร่วมกัน และ Tie CB เป็นชนิด 3 Pole

2) เมื่อทั้ง 2 ระบบใช้สาย Neutral แยกกัน และ Tie CB เป็นชนิด 4 Pole

**กรณีที่ 1**

เนื่องจากระบบทั้ง 2 ใช้ Neutral ร่วมกัน ดังนั้นระบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ถือว่าเป็น Separately Derived System การต่อลงดินต้องกระทำที่ตู้ MDB ของระบบเมนเท่านั้น จุด Neutral ของ Generator ห้ามต่อลงดิน

**กรณีที่ 2**

ระบบ Generator ถือว่าเป็น Separately Derived System จุด Neutral ของ Generator ต้องต่อลงดินและมีหลักดินแยกต่างหาก

## 10.6 การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding)

การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า หมายถึง การต่อส่วนที่เป็นโลหะที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของสถานประกอบการให้ถึงกันตลอด แล้วต่อลงดิน

การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า มีจุดประสงค์ดังนี้ คือ

1. เพื่อให้ส่วนโลหะที่ต่อถึงกันตลอดมีศักดาไฟฟ้าเท่ากับดิน ทำให้ปลอดภัยจากการโดนไฟดูด

2. เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้น เมื่อตัวนำไฟฟ้าแตะเข้ากับส่วนโลหะใดๆ เนื่องจากฉนวนของสายไฟฟ้าชำรุด หรือเกิดอุบัติเหตุ

3. เป็นทางผ่านให้กระแสรั่วไหล และ กระแสเนื่องมาจากไฟฟ้าสถิตลงดิน

### 10.6.1 เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

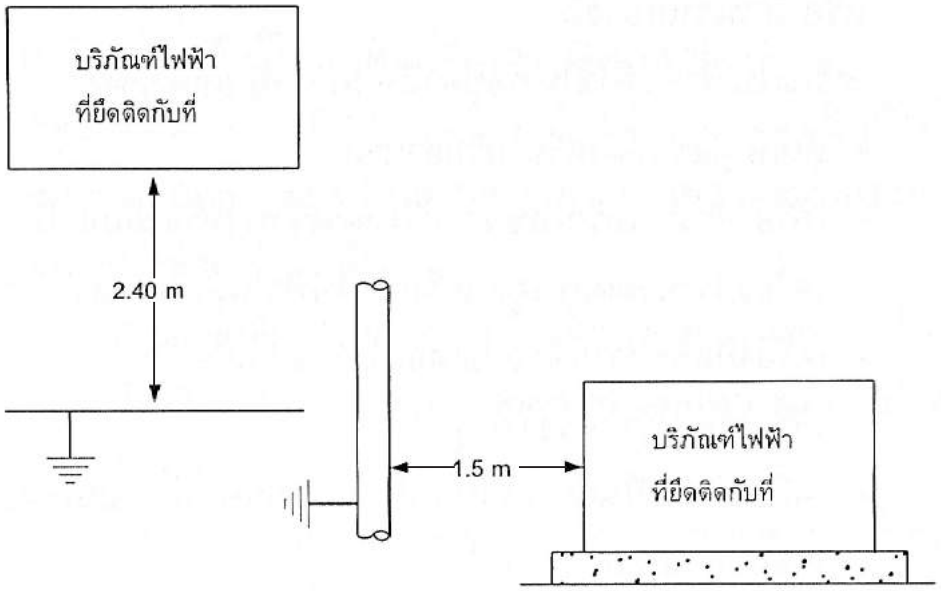
ประเภทของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่จะต้องต่อลงดินมีดังต่อไปนี้

1. เครื่องห่อหุ้มที่เป็นโลหะของ สายไฟฟ้า แผงบริภัณฑ์ประธาน โครง และรางปั้นจั่นที่ใช้ไฟฟ้า โครงของตู้ลิฟต์ และลวดสลิงยกของที่ใช้ไฟฟ้า

2. สิ่งกั้นที่เป็นโลหะ รวมทั้งเครื่องห่อหุ้มของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าในระบบแรงสูง

3. เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ยึดติดอยู่กับที่ (Fixed Equipment) และชนิดที่มีการเดินสายถาวร (Hard Wires) ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งซึ่งปกติไม่มีไฟฟ้า แต่อาจมีไฟฟ้ารั่วถึงได้ ต้องต่อลงดินถ้ามีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- อยู่ห่างจากพื้น หรือ โลหะที่ต่อลงดินไม่เกิน 8 ฟุต (2.40 m) ในแนวตั้ง หรือ 5 ฟุต (1.5 m) ในแนวนอน และบุคคลอาจสัมผัสได้ (ในข้อนี้ถ้ามีวิธีติดตั้งหรือวิธีการป้องกันอย่างอื่น ไม่ให้บุคคลไปสัมผัสได้ ก็ไม่ต้องต่อลงดิน) ดังแสดงในรูปที่ 10.12
- สัมผัสทางไฟฟ้ากับโลหะอื่นๆ (เป็นโลหะที่บุคคลอาจสัมผัสได้)
- อยู่ในสภาพที่เปียกชื้น และ ไม่ได้มีการแยกให้อยู่ต่างหาก




รูปที่ 10.12 ระยะห่างของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้ากับระบบหลักดิน ถ้ามีระยะห่างมากกว่านี้ไม่ต้องต่อลงดิน

4. เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าสำหรับยึดติดกับที่ต่อไปนี้ ต้องต่อส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่ง และปกติไม่มีกระแสไฟฟ้า ลงดิน

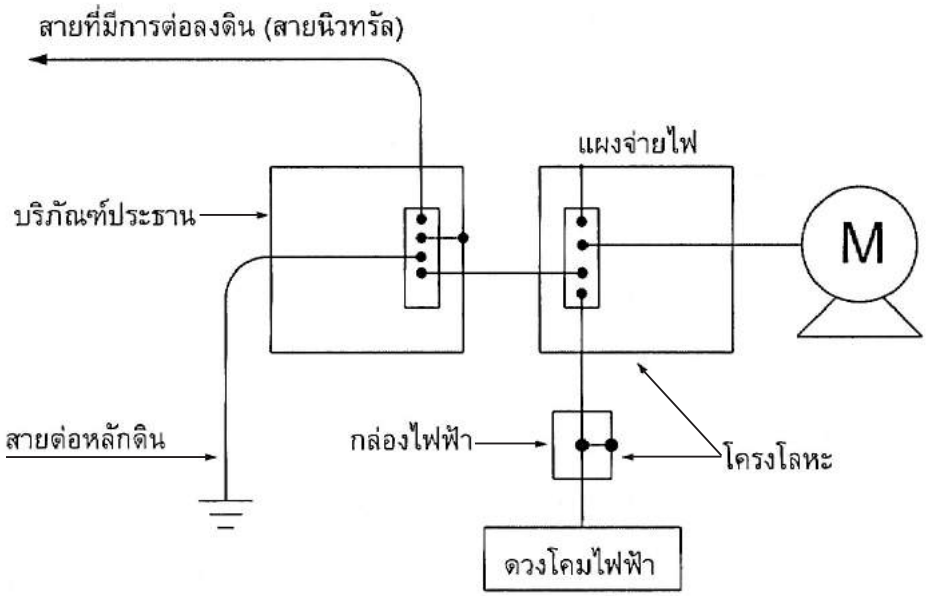
- โครงของแผงสวิตช์
- โครงของมอเตอร์ชนิดยึดอยู่กับที่
- กล่องของเครื่องควบคุมมอเตอร์ ถ้าใช้เป็นสวิตช์ธรรมดา และมีฉนวนรองที่ฝาสวิตช์ด้านในก็ไม่ต้องต่อลงดิน
- เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าของลิฟต์ และ ปั้นจั่น
- ป้ายโฆษณา เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องสูบน้ำ

5. เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้เต้าเสียบ ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าต้องต่อลงดินเมื่อมีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งดังนี้

- แรงดันเทียบกับดินเกิน 150 V ยกเว้นมีการป้องกันอย่างอื่น หรือมีฉนวนอย่างดี
- เครื่องไฟฟ้าทั้งที่ใช้ในที่อยู่อาศัย และ ที่อยู่อื่นๆ ดังนี้
  - ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง เครื่องปรับอากาศ
  - เครื่องซักผ้า เครื่องอบผ้า เครื่องล้างจาน เครื่องสูบน้ำทิ้ง
  - เครื่องประมวลผลข้อมูล เครื่องใช้ไฟฟ้าในตู้เลี้ยงปลา
  - เครื่องมือที่ทำงานด้วยมอเตอร์ เช่น สว่านไฟฟ้า
  - เครื่องตัดหญ้า เครื่องขัดถู
  - เครื่องมือที่ใช้ในสถานที่เปียกชื้น เป็นพื้นดินหรือเป็นโลหะ
  - โคมไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้

### 10.6.2 สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor)

สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อส่วนโลหะ ที่ไม่นำกระแสของบริภัณฑ์ ช่องเดินสายที่ล้อมเข้ากับตัวนำที่มีการต่อลงดินของระบบ และ/หรือ ตัวนำที่บริภัณฑ์ประธาน หรือที่แหล่งจ่ายไฟของระบบแยกต่างหาก ดังแสดงในรูปที่ 10.13




รูปที่ 10.13 สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

**ทางเดินสู่ดินที่ใช้ได้ผลดี** (Effective Grounding)

การต่อลงดินของบริภัณฑ์จะต้องทำให้เกิดทางเดินสู่ดินที่ใช้ได้ผลดี (Effective Grounding Path) ซึ่งหมายความว่าการต่อลงดินนั้นจะต้องทำให้ได้ตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ คือ

- ความต่อเนื่อง (Continuity) ส่วนโลหะทั้งหมดจะต้องต่อถึงกันตลอด
- อิมพีแดนซ์ต่ำ (Low Impedance) เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้สะดวก
- ทนต่อกระแสค่าสูงได้ (Ampacity) ขนาดพื้นที่หน้าตัดจะต้องใหญ่พอเพื่อให้ทนต่อกระแสสูงๆ ได้เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้น

**ชนิดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า**

สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ที่เดินสายร่วมไปกับสายของวงจร จะต้องเป็นดังนี้

- ตัวนำทองแดงจะหุ้มฉนวน หรือไม่หุ้มฉนวนก็ได้
- เปลือกโลหะของสายเคเบิลชนิด AC , MI และ MC
- บัสเวย์ที่ได้ระบุให้ใช้แทนสายสำหรับต่อลงดินได้

### 10.6.3 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

การหาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ทำตามข้อต่างๆ ต่อไปนี้

เลือกขนาดสายดินตามขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน ตามตารางที่ 10.2

- เมื่อเดินสายควบ ถ้ามีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าให้เดินขนานกันไปในแต่ละท่อสาย และขนาดสายดินให้คิดตามพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน
- เมื่อมีวงจรมากกว่าหนึ่งวงจรเดินในท่อสาย อาจใช้สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าร่วมกันได้และให้คำนวณขนาดสายดินตามพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินตัวโตที่สุด
- ขนาดสายดินของมอเตอร์ให้เลือกตามพิกัดของเครื่องป้องกันเกินกำลังของมอเตอร์

  พิกัดของเครื่องป้องกันเกินกำลัง = $1.15\ I_n$

  โดยที่ $I_n$ คือ พิกัดกระแสของมอเตอร์
- สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ไม่จำเป็นต้องโตกว่าสายเฟส

# ตารางที่ 10.2

ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

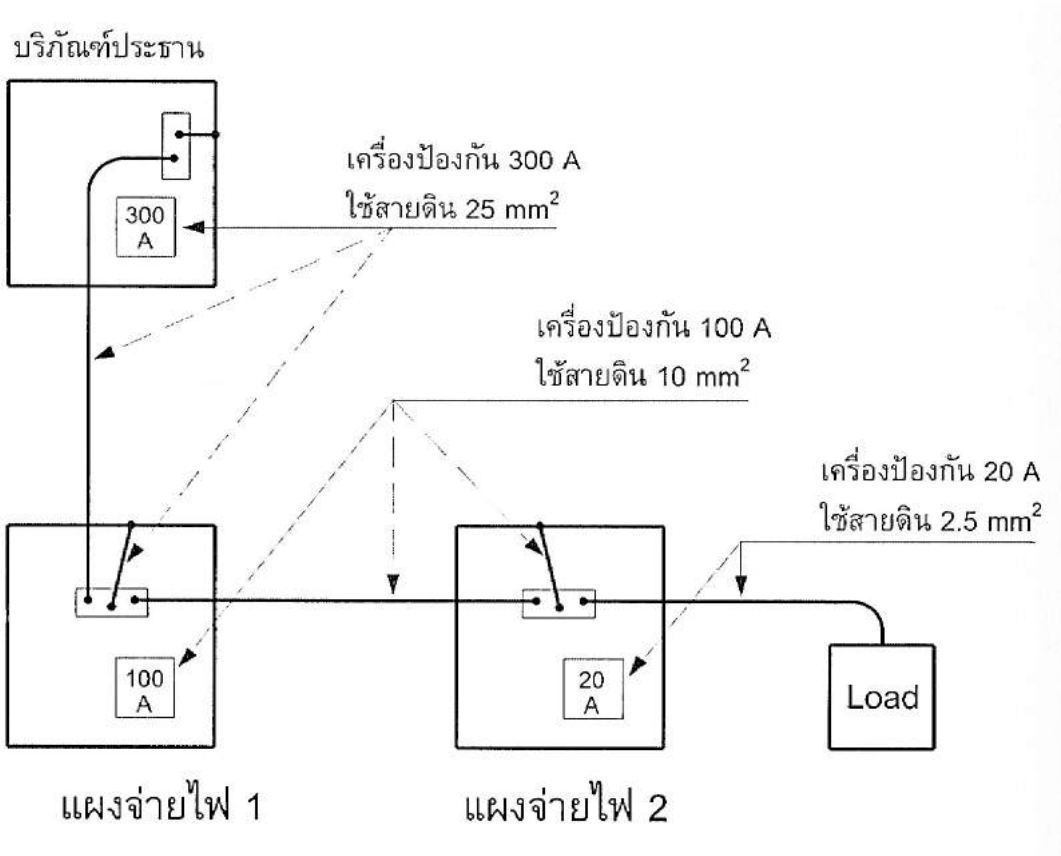
| พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกิน ไม่เกิน (A) | ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) ($mm^2$) |
|---|---|
| 20 | 2.5 * |
| 40 | 4 * |
| 70 | 6 |
| 100 | 10 |
| 200 | 16 |
| 400 | 25 |
| 500 | 35 |
| 800 | 50 |
| 1,000 | 70 |
| 1,250 | 95 |
| 2,000 | 120 |
| 2,500 | 185 |
| 4,000 | 240 |
| 6,000 | 400 |

หมายเหตุ *

- หากความยาวของวงจรย่อยเกิน 30 เมตร ให้พิจารณาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า โดยคำนึงถึงค่า earth fault loop–imepdance ของวงจรที่แสดงในภาคผนวก G

**ตัวอย่างที่ 10.8** ระบบไฟฟ้าหนึ่งประกอบด้วย บริภัณฑ์ไฟฟ้า และแผงจ่ายไฟ ดังรูป จงหา

ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ที่เดินจากบริภัณฑ์ประธาน และแผงจ่ายไฟ




**วิธีทำ**

จากตาราง 10.2 ใช้ขนาดสายดิน ดังนี้

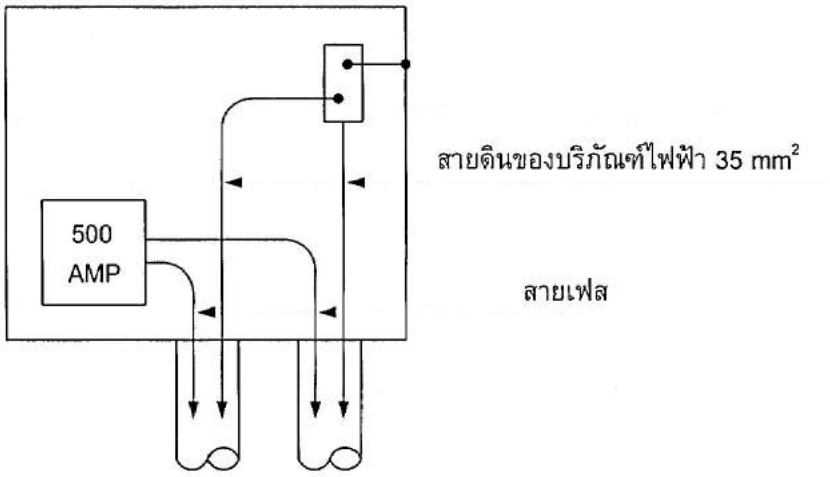
บริภัณฑ์ประธานเครื่องป้องกัน 300 A ขนาดสายดิน 25 $mm^2$

แผงจ่ายไฟ 1 เครื่องป้องกัน 100 A ขนาดสายดิน 10 $mm^2$

แผงจ่ายไฟ 2 เครื่องป้องกัน 20 A ขนาดสายดิน 2.5 $mm^2$

จะเห็นว่าขนาดสาย Bonding Jumper ที่แผงจ่ายไฟจะใช้เท่ากับขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่จ่ายมายังแผงจ่ายไฟนั้นด้วย

**ตัวอย่างที่ 10.9** บริภัณฑ์ประธานมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน 500 A ต่อกับวงจร ซึ่งประกอบด้วยสายควบ 2 ชุดเดินในท่อร้อยสายท่อละ 1 ชุด ดังรูป จงหาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

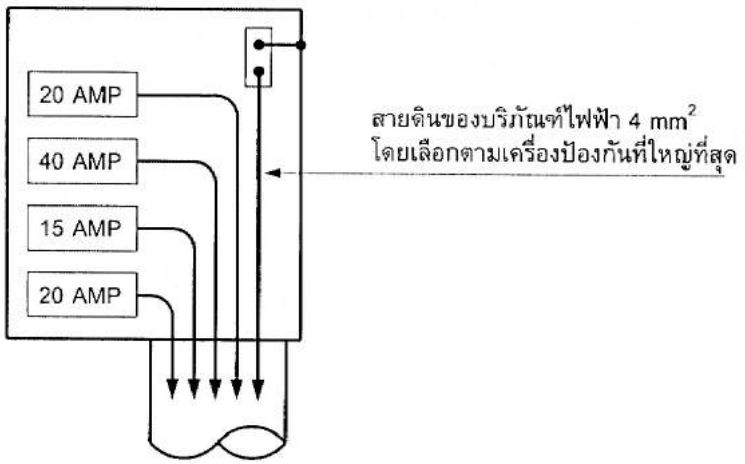



**วิธีทำ**

วงจรประกอบด้วยสายควบ 2 ชุด เดินในท่อร้อยสายท่อละ 1 ชุด ดังนั้น จะต้องเดินสายดิน 2 เส้น ในแต่ละท่อ โดยสายดินแต่ละเส้นเลือกตามขนาดเครื่องป้องกัน

จากตาราง 10.2 กรณีเครื่องป้องกัน 500 A ใช้ขนาดสายดิน 35 $mm^2$

**ตัวอย่างที่ 10.10** วงจรจ่ายโหลด 4 วงจร ที่ต่อจากแผงจ่ายไฟแห่งหนึ่ง ต้องการเดินในท่อสายร่วมกัน โดยแต่ละวงจร มีเครื่องป้องกันกระแสเกิน 20 A, 40 A, 15 A และ 20 A ดังรูป จงหาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ที่ใช้ร่วมกันในท่อสาย



**วิธีทำ**

ขนาดสายดินที่ใช้ร่วมกันจะต้องเลือกตามเครื่องป้องกันที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ 40 A จากตารางที่ 10.2 กรณีเครื่องป้องกัน 40 A ใช้สายดิน 4 $mm^2$

**ตัวอย่างที่ 10.11** มอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 22 kW, 400 V (44 A), 3 เฟส จงหาขนาดสายไฟ เดินในท่อโลหะในอากาศ

**วิธีทำ**

$$I_C \geq 1.25 \times I_n$$
$$\geq 1.25 \times 44$$
$$\geq 55 \text{ A}$$

สาย NYY 3/1C x 16 $mm^2$ (56 A)

หาขนาดสายดิน

$$I_L = 1.15 \times I_n$$
$$= 50.6 \text{ A}$$

สายดิน 6 $mm^2$

$\therefore$ สายวงจรมอเตอร์ 3 x 16 $mm^2$

G-6 $mm^2$

$\phi$ 32 mm (1 1/4")

## 10.7 ชนิดของหลักดิน

หลักดินอาจแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. หลักดินที่มีอยู่แล้ว (Existing Electrode)
2. หลักดินที่ทำขึ้น (Made Electrode)

**หลักดินที่มีอยู่แล้ว** คือ หลักดินที่สถานประกอบการมีอยู่แล้วและทำขึ้นเพื่อจุดประสงค์อย่างอื่น ซึ่งไม่ใช่เพื่อการต่อลงดิน หลักดินที่มีอยู่แล้วประกอบด้วย

- ท่อโลหะใต้ดิน
- โครงโลหะของอาคาร
- เสาเข็มหลัก
- โครงสร้างโลหะใต้ดิน

**หลักดินที่ทำขึ้น** คือ หลักดินที่จัดหาและติดตั้งสำหรับงานระบบการต่อลงดินโดยเฉพาะ หลักดินประเภทนี้ประกอบด้วย

- แท่งดิน (Ground Rods)
- หลักดินที่หุ้มด้วยคอนกรีต (Concrete Encased Electrode)
- แผ่นฝัง (Buried Plate)
- ระบบหลักดินแบบวงแหวน (Ring)
- กริด (Grid)

### 10.7.1 ระบบหลักดินแบบต่าง ๆ

**1. แท่งดิน** (Ground Rod)

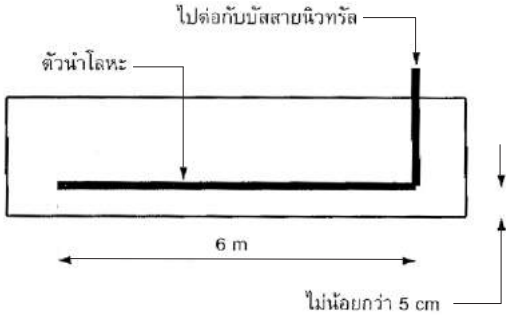
แท่งดินเป็นหลักดินที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะราคาถูกและติดตั้งง่าย ใช้ได้ดีกับดินที่มีชั้นหินอยู่ลึกเกิน 3 m แท่งดินที่ใช้ต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 5⁄8 นิ้ว (16 mm) และความยาวไม่น้อยกว่า 2.4 m การเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางจะช่วยลดความต้านทานดินได้เพียงเล็กน้อย แต่จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงทางกลและทนต่อการสึกกร่อน แท่งดินที่ตอกลึกเพียงไม่กี่แท่งจะได้ผลดีกว่า

แท่งดินสั้นหลายๆ แท่ง เนื่องจากความต้านทานจำเพาะของดินจะลดลงที่ระดับดินลึกๆ เพราะความชื้นมีมากกว่า ทองแดงเป็นโลหะที่ดีที่สุดสำหรับใช้เป็นแท่งดิน เพราะมันทนต่อการสึกกร่อนได้ดี เพื่อให้ความแข็งแรงทางกลดีขึ้นและราคาถูกลง อาจใช้เป็นเหล็กหุ้มทองแดง (Copper Clad or Copper Encased Steel) เป็นแท่งดินได้

**2. หลักดินที่หุ้มด้วยคอนกรีต** (Concrete Encased Electrode)

คอนกรีตที่อยู่ต่ำกว่าระดับดินซึ่งมีความชื้นอยู่รอบๆจะเป็นวัตถุตัวกึ่งนำไฟฟ้า (Semi Conducting Medium) และมีความต้านทานจำเพาะประมาณ 30 Ω.m ที่ 20˚C ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์เฉลี่ยของดินทั่วไป ดังนั้นตัวนำไฟฟ้าหรือแท่งโลหะที่ฝังอยู่ในฐานรากคอนกรีต (Concrete Foundation) ที่มีเหล็กเสริม (Reinforcing Bar) เป็นจำนวนมาก จึงสามารถใช้เป็นหลักดินได้เป็นอย่างดี เพียงแต่ต้องมีตัวต่อทางไฟฟ้า (Connector) เข้ากับเหล็กเสริมแล้วนำออกมาด้วยสายดิน

ระบบหลักดินชนิดนี้ จะใช้เหล็กเส้นที่ฝังลึกอยู่ในคอนกรีตไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว (50 mm) มีความยาวไม่น้อยกว่า 20 ฟุต (6 m) และมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 12.7 mm เป็นหลักดิน หรือถ้าใช้สายทองแดงเปลือย ต้องใช้สายขนาดไม่เล็กกว่า 25 $mm^2$ และยาวไม่น้อยกว่า 20 ฟุต (6 m) เนื่องจากรอยต่อระหว่างพื้นผิวของเหล็กเส้นกับคอนกรีตต่อกันอย่างดี ส่วนคอนกรีตก็มีพื้นที่ขนาดใหญ่ต่อเข้ากับพื้นดิน และเหล็กเส้นนั้นก็เสมือนว่าต่อขนานกันด้วย ดังนั้นระบบหลักดินนี้จึงมีความต้านทานต่ำ จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 10.14



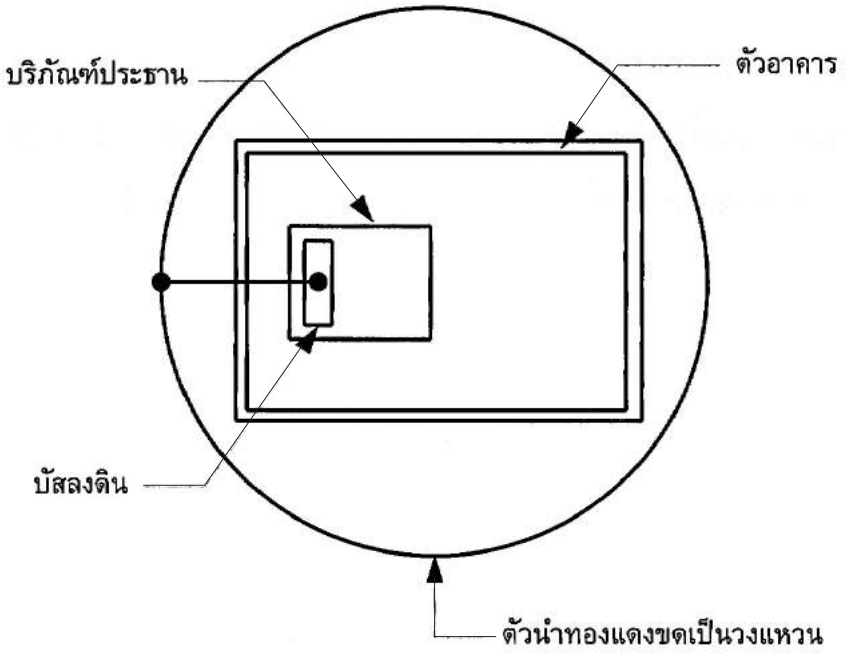

รูปที่ 10.14 การใช้สายตัวนำหุ้มด้วยคอนกรีตเป็นระบบหลักดิน

**3. แผ่นโลหะ** (Buried Plate)

หลักดินที่เป็นแผ่นตัวนำใช้เมื่อไม่ต้องการขุดดินลงไปลึกๆ แผ่นตัวนำต้องเป็นชนิดกันการผุกร่อน มีพื้นผิวสัมผัสไม่น้อยกว่า 0.18 $m^2$ ในกรณีที่เป็นเหล็กอาบโลหะชนิดกันการผุกร่อนต้องหนาไม่น้อยกว่า 6 mm หากเป็นโลหะกันการผุกร่อนชนิดอื่นที่ไม่ใช่เหล็กต้องหนาไม่น้อยกว่า 1.5 mm

**4. หลักดินแบบวงแหวน** (Ring)

หลักดินแบบนี้ จะใช้สายตัวนำทองแดงเปลือยยาวไม่น้อยกว่า 20 ฟุต (6 m) ขนาดไม่เล็กกว่า 35 $mm^2$ มาขดเป็นวงแหวน และฝังลึกใต้ดินไม่น้อยกว่า 2.5 ฟุต (0.76 m) ดังแสดงในรูปที่ 10.15




รูปที่ 10.15 การใช้หลักดินแบบวงแหวนเป็นระบบหลักดิน

**5. กริด** (Grid)

ระบบกริดสำหรับการต่อลงดิน ส่วนมากใช้กับสถานีไฟฟ้าย่อย ระบบนี้จะครอบคลุมทั่วสถานีไฟฟ้าย่อย และบางครั้งก็เลยรั้วออกไป ระบบกริดประกอบด้วยตัวนำไฟฟ้าฝังใต้ดินลึกประมาณ 0.5 ฟุต (0.15 m) และจัดเป็นรูปตาข่ายสี่เหลี่ยม ช่วงห่างระหว่างตัวนำจะขึ้นอยู่กับแรงดันที่ใช้ของสถานีไฟฟ้าย่อย โดยทั่วไปประมาณ 10–12 ฟุต (3.0–3.7 m) จุดตัดของตัวนำทุกแห่งจะต้องเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน แล้วต่อเข้ากับอุปกรณ์ทั้งหมดบริเวณสถานี รวมถึงรั้วและโครงสร้างโลหะด้วยผิวดินในบริเวณของสถานีไฟฟ้าย่อย นอกจากนี้ยังจะต้องใช้หินกรวดโรยทั่วบริเวณ เพื่อลดอันตรายจากแรงดันช่วงก้าว (Step Voltage) ของคนที่ทำงานในบริเวณสถานีไฟฟ้าย่อย ในกรณีเกิดการลัดวงจรลงดินอย่างรุนแรง

### 10.7.2 การคำนวณความต้านทานดิน

ถ้าดินมีความต้านทานจำเพาะสม่ำเสมอ (Uniform Resistivity) ค่าความต้านทานอาจคำนวณได้ตามหลักดินแบบต่างๆ ดังนี้

### 1. หลักดินแบบแท่งดินตามแนวลึก (Deep Rod Earthing)

ความต้านทานดินของแท่งดินที่ฝังตามแนวลึกในเนื้อดินที่มีความสม่ำเสมอจะคำนวณได้จากสูตร

$$R = \frac{\rho}{2\pi l}\left[ l_n\left(\frac{4l}{r}\right) - 1 \right] \quad \text{..... (10.1)}$$

โดยที่

R คือ ความต้านทานดิน (Ω)

$l$ คือ ความยาวของแท่งดิน (m)

$r$ คือ รัศมีสมมูลของหลักดิน (m)

$\rho$ คือ ความต้านทานเฉพาะของดิน (Ω–m)

$l_n$ คือ Natural Logarithm

**ตัวอย่างที่ 10.12** แท่งดินมีรัศมี (r) 8 mm, ยาว 3 m, $\rho$ = 100 Ω.m จงหาความต้านทานของดิน

**วิธีทำ**

$l$ = 3000 mm

r = 8 mm

$$\therefore R = \frac{100}{2\pi \times 3}\left[\ln\left(\frac{4 \times 3000}{8}\right) - 1\right] = 33.5\ \Omega$$

ถ้าเพิ่มรัศมีเป็น 2 เท่าคือ 16 mm

$$\therefore R = \frac{100}{2\pi \times 3}\left[\ln\left(\frac{4 \times 3000}{16}\right) - 1\right] = 29.8\ \Omega$$

จะเห็นได้ว่าการเพิ่มรัศมีเป็น 2 เท่า ซึ่งจะเพิ่มน้ำหนักเป็น 4 เท่า จะลดความต้านทานลงเพียง

$$\frac{33.5 - 29.8}{33.5} \times 100 = 11.0\%$$

ถ้าเพิ่มความยาวเป็น 6 m

$$\therefore R = \frac{100}{2\pi \times 6}\left[\ln\left(\frac{4 \times 6000}{8}\right) - 1\right] = 18.6\ \Omega$$

จะเห็นได้ว่าการเพิ่มความยาวเป็น 2 เท่าซึ่งจะเพิ่มน้ำหนักเป็น 2 เท่า สามารถลดความต้านทานลงได้

$$\frac{33.5 - 18.6}{33.5} \times 100 = 44.5\%$$

**ตัวอย่างที่ 10.13** แท่งดินรัศมี (r) 12 mm, มีความยาว 3 m และถือว่าดินมีความต้านทานจำเพาะ 100 Ω.m สม่ำเสมอ จงหาความต้านทานของดิน

**วิธีทำ**

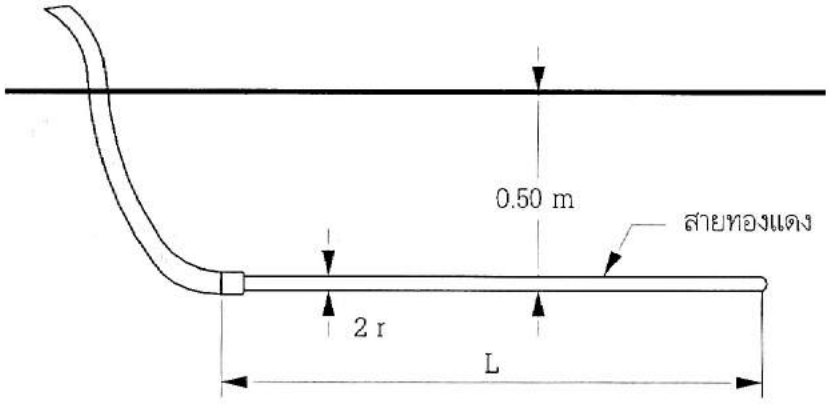
$l = 3000$ mm

$r = 12$ mm

$$\therefore R = \frac{100}{2\pi \times 3}\left[\ln\left(\frac{4 \times 3000}{12}\right) - 1\right] = 31.1\ \Omega$$

## 2. หลักดินแบบวงแหวน

หลักดินแบบวงแหวน โดยปกติจะฝังอยู่ใต้ดินลึก 0.5 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 10.16




รูปที่ 10.16 แท่งดินตามแนวผิวดิน

เนื่องจากหลักดินชนิดนี้ได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศอย่างมาก ดังนั้น เมื่อเราต้องการวัดความต้านทานดินของหลักดินแบบนี้ จะคิดเสมือนว่าหลักดินนี้ติดตั้งอยู่ที่ผิวดิน คือ ไม่คำนึงถึงระยะความลึกที่ฝังหลักดิน ซึ่งสามารถคำนวณความต้านทานดินของระบบแบบนี้ได้จากสูตร

$$R = \frac{\rho}{2\pi l}\left[\ln\left(\frac{4l}{r}\right) - 1\right} \quad \text{.....(10.2)}$$

**ตัวอย่างที่ 6.14** แท่งดินรัศมี (r) 10 mm มีความยาว 20 m ฝังในผิวดินตามแนวระดับ และถือว่าดินมีความต้านทานจำเพาะ 100 Ω.m สม่ำเสมอ จงหาความต้านทานของดิน

**วิธีทำ**

$l$ = 20000 mm.

r = 10 mm.

$$\therefore R = \frac{100}{\pi \times 20}\left[\ln\left(\frac{2 \times 2000}{10}\right) - 1\right] = 11.6\ \Omega$$

# บทที่ 11
# ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับการติดตั้งทางไฟฟ้า และการเดินสาย

## 11.1 บทนำ

ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า นอกจากจะต้องออกแบบและเลือกอุปกรณ์ตามหลักวิศวกรรมแล้ว การติดตั้งที่ถูกต้องมีส่วนทำให้ระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้ความปลอดภัยสูง การติดตั้งที่ถูกต้องจะต้องทำตามกฎข้อบังคับต่าง ๆ และต้องยึดหลักวิศวกรรมที่ดีด้วย ซึ่งรายละเอียดที่สำคัญจะได้สรุปในหัวข้อต่อไป

## 11.2 ข้อกำหนดทั่วไปในการติดตั้งทางไฟฟ้า

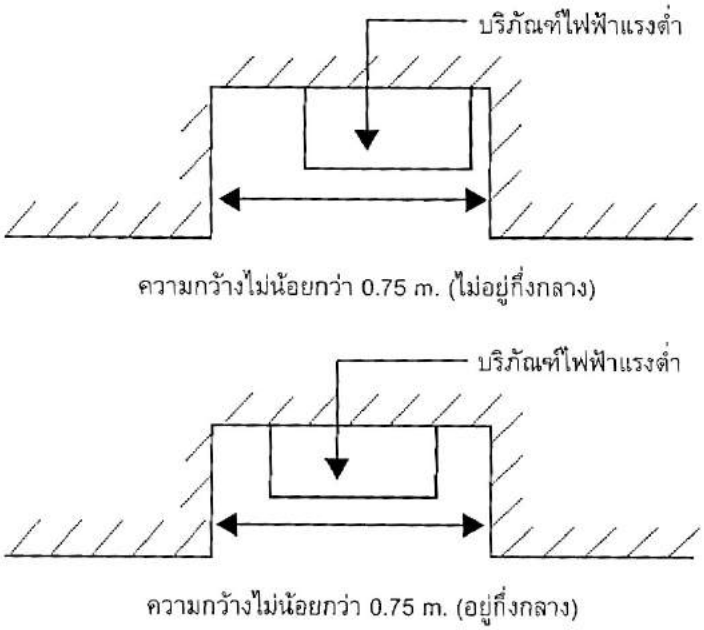
ข้อกำหนดการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าเบื้องต้นมี 2 ประเภทคือ

- การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ
- การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันสูง

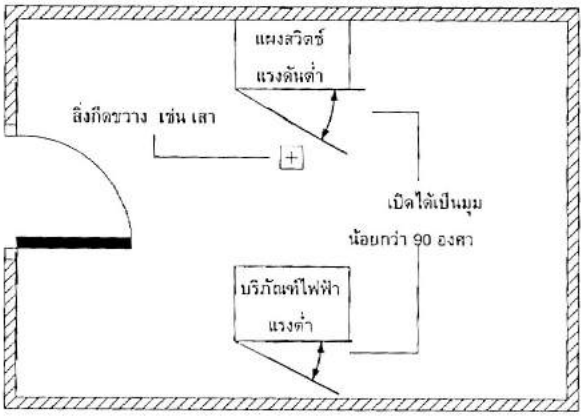
### 11.2.1 ข้อกำหนดการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ

1) ข้อกำหนดสำหรับขนาดที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานระบบแรงต่ำ

- ต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.75 m และไม่น้อยกว่าขนาดความกว้างของบริภัณฑ์
- ความลึกต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตาราง ที่ 11.1
- ต้องมีที่ว่างพอเพียงสำหรับการเปิดประตูตู้หรือฝาตู้ได้ อย่างน้อย 90°
- คอนกรีต อิฐ ผนังกระเบื้อง ให้ถือว่าเป็นส่วนที่ต่อลงดิน



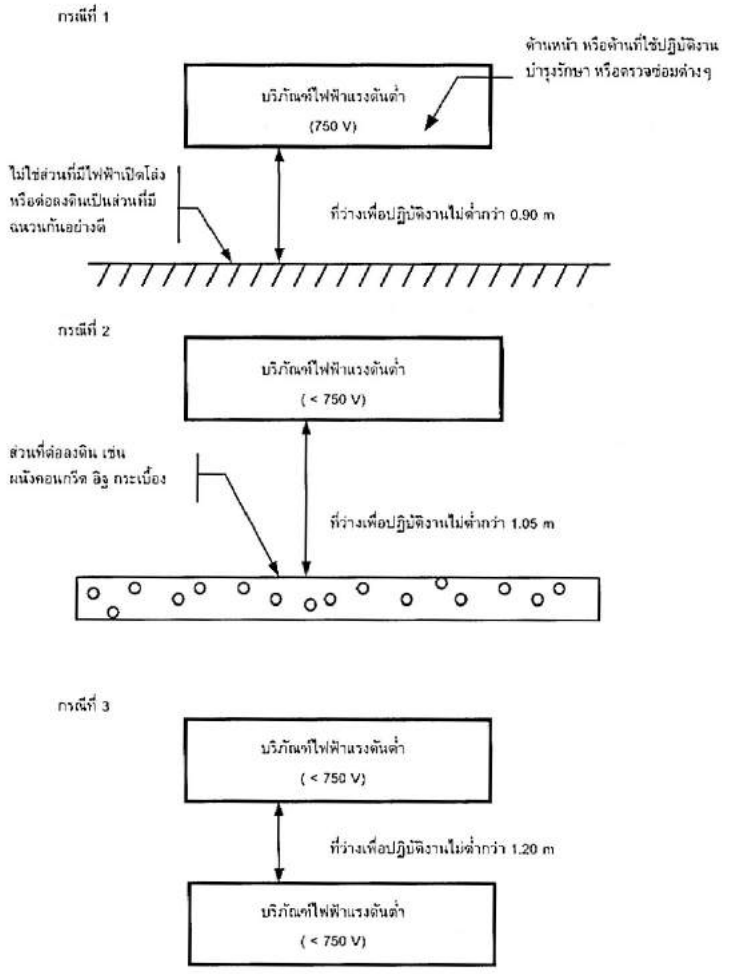

รูปที่ 11.1 ความกว้างของที่ว่างเพื่อการปฏิบัติงาน




รูปที่ 11.2 ที่ว่างไม่เพียงพอให้ฝาเปิดได้ 90˚

| แรงดันไฟฟ้า วัดเทียบกับดิน (V) | ความลึกต่ำสุด (m) | | |
|---|---|---|---|
| | กรณีที่ 1 | กรณีที่ 2 | กรณีที่ 3 |
| 0-150 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| 151-600 | 0.90 | 1.10 | 1.20 |

ตารางที่ 11.1 ความลึก (Depth) ต่ำสุดของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานกับบริภัณฑ์ไฟฟ้าระบบแรงต่ำ




รูปที่ 11.3 ความลึกของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานในระบบแรงดันต่ำ

**กรณีที่ 1** ระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้ากับส่วนที่เป็นฉนวนกั้นอย่างดี 0.90 m. เช่นไม้ ไม่ใช่ส่วนที่มีไฟฟ้า, เปิดโล่ง หรือ ต่อลงดิน

**กรณีที่ 2** ระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้ากับส่วนที่ต่อลงดิน โดยคอนกรีต 1.10 m. อิฐ, ผนัง และ กระเบื้อง ถือว่าเป็นส่วนที่ต่อลงดิน

**กรณีที่ 3** ระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า 1.20 m.

**2)** ที่ว่างเหนือพื้นที่เพื่อปฏิบัติงานระบบแรงต่ำ (Headroom)

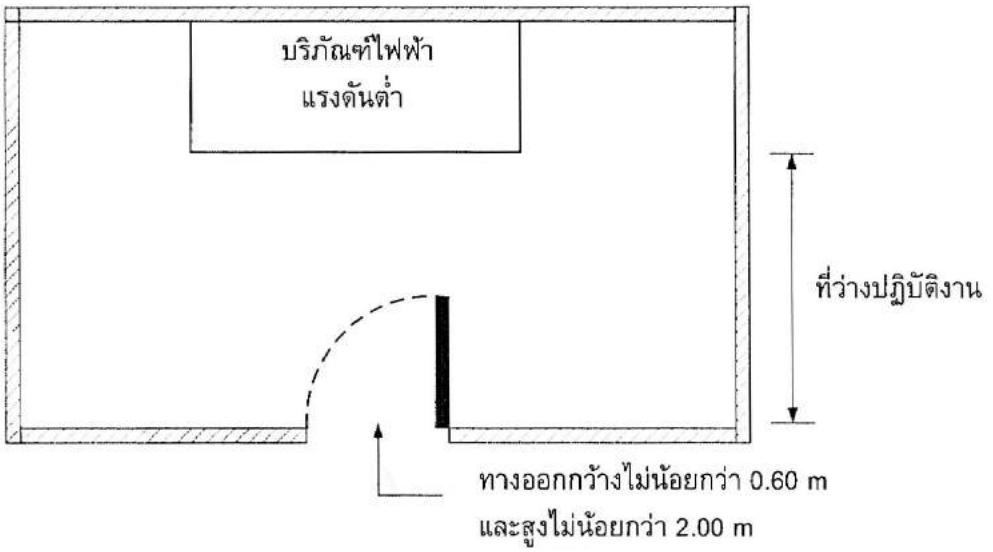
- มีความสูงไม่น้อยกว่า 2.00 m
- ส่วนบนของแผงสวิตช์ห่างจากเพดานเป็นวัสดุไม่ติดไฟ ต้องมีที่ว่างไม่น้อยกว่า 0.6 m
- ส่วนบนของแผงสวิตช์ห่างจากเพดานเป็นวัสดุติดได้ ต้องมีที่ว่างไม่น้อยกว่า 0.9 m

**3)** ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานระบบแรงต่ำ

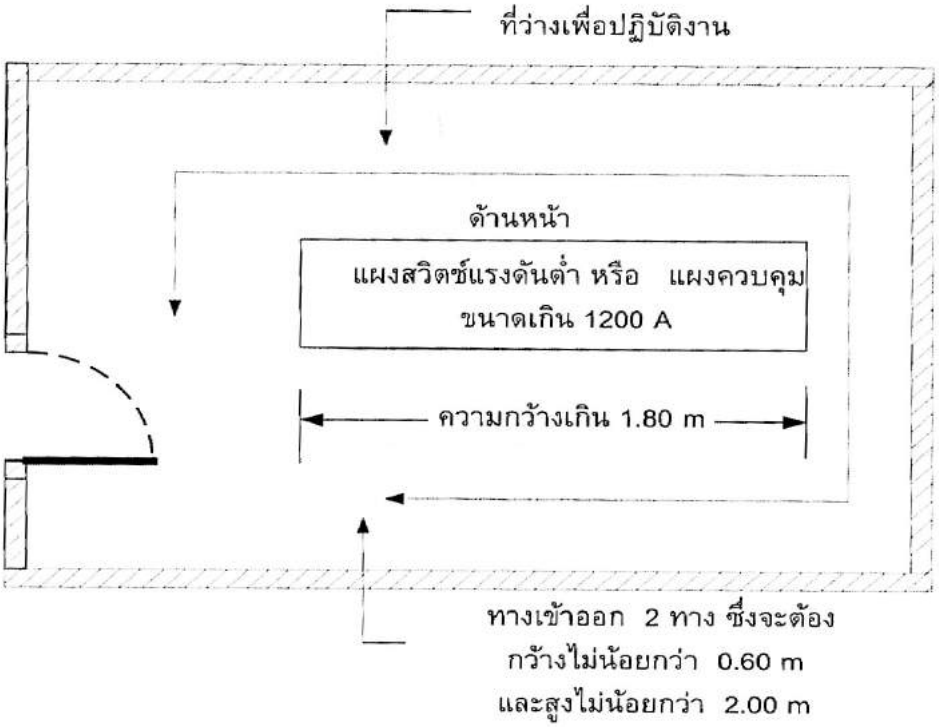
- ต้องมีทางเข้าขนาดเพียงพอเพื่อปฏิบัติงาน กับ บริภัณฑ์ไฟฟ้าได้
- มีทางเข้าอย่างน้อย 1 ทาง
- สำหรับแผงสวิตช์และแผงควบคุมที่มีพิกัดกระแสตั้งแต่ 1,200 A ขึ้นไป และกว้างเกิน 1.80 m ต้องมีทางเข้าทั้งสองข้างของแผงที่มีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.60 m และความสูงไม่น้อยกว่า 2.00 m

**4)** แสงสว่าง

- ต้องมีแสงสว่างบริเวณที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานอย่างเพียงพอโดยทั่วไป ประมาณ 300 lx




รูปที่ 11.4 ทางเข้าออกเพื่อปฏิบัติงาน




รูปที่ 11.5 เพื่อความปลอดภัยให้มีทางเข้าออกสองทาง

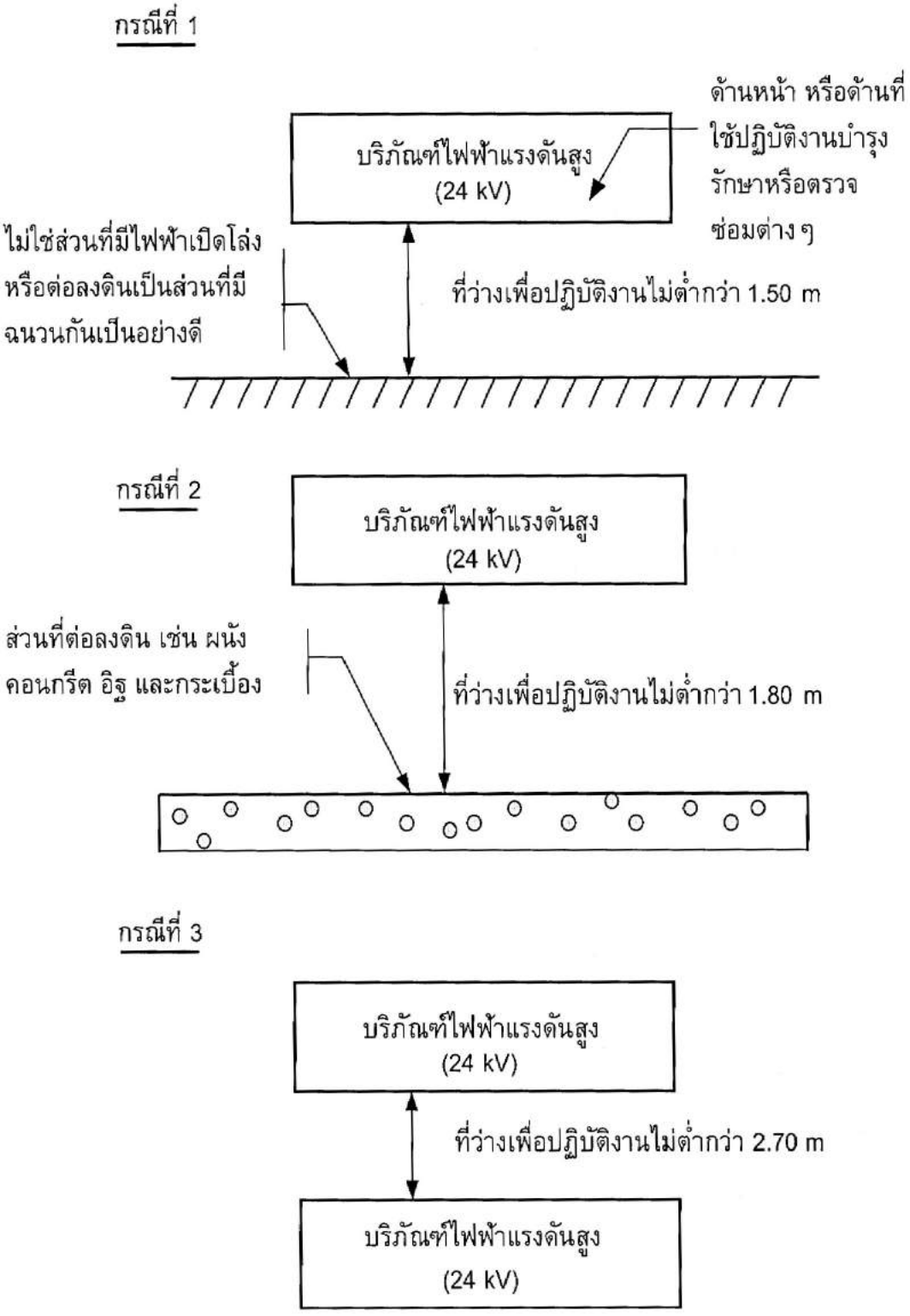
## 11.2.2 ข้อกำหนดการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันสูง

**1)** ข้อกำหนดสำหรับขนาดที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานระบบแรงสูง

- ติดตั้งในห้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 2.00 m
- มีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.90 m
- ความลึกต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 11.2
- ที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานต้องพอเพียงสำหรับการเปิดประตูตู้ได้อย่างน้อย 90°
- คอนกรีต อิฐ ผนังกระเบื้อง ให้ถือว่าเป็นส่วนที่ต่อลงดิน

| แรงดันไฟฟ้า | ความลึกต่ำสุด (m) | | |
|---|---|---|---|
| วัดเทียบกับดิน (V) | กรณีที่ 1 | กรณีที่ 2 | กรณีที่ 3 |
| 601 - 2,500 | 0.90 | 1.20 | 1.50 |
| 2,501 - 9,000 | 1.20 | 1.50 | 1.80 |
| 9,001 - 25,000 | 1.50 | 1.80 | 2.80 |
| 25,001 - 75,000 | 1.80 | 2.50 | 3.00 |

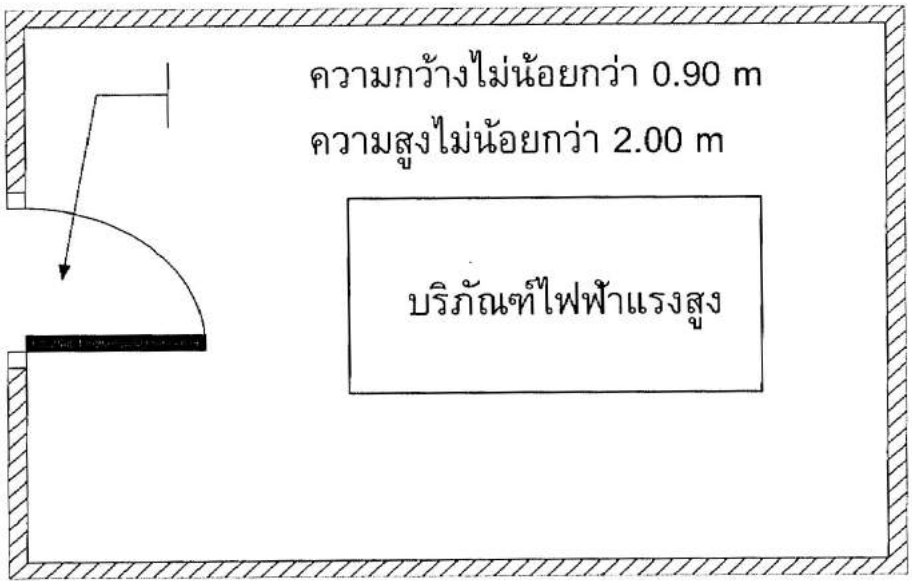
ตารางที่ 11.2 ความลึก (Depth) ต่ำสุดของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานกับบริภัณฑ์ไฟฟ้า ระบบแรงสูง




รูปที่ 11.6 ความลึกของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานในระบบแรงดันสูง

3) ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานระบบแรงสูง

- ทางเข้าถึงที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน ต้องมีอย่างน้อย 1 ทาง
- ความกว้างไม่น้อยกว่า 0.90 m
- ความสูงไม่น้อยกว่า 2.00 m



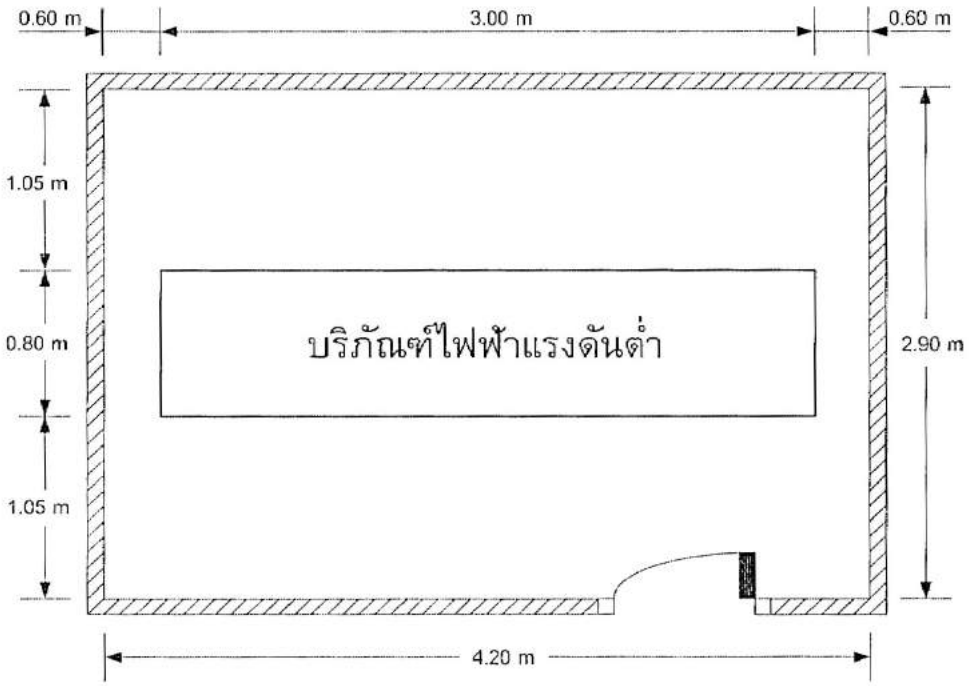

รูปที่ 11.7 ทางเข้าออกเพื่อปฏิบัติงานไฟฟ้าแรงดันสูง

**ตัวอย่างที่ 11.1** จงหาขนาดห้องสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่อไปนี้

- ตู้ไฟฟ้าแรงดันต่ำ 230/400 V 3 เฟส 4 สายขนาด L × W × H = 3.0×0.8 × 2 .2 m. โดยที่ด้านหน้า และด้านหลังเป็นด้านที่ต้องเข้าไปปฏิบัติงาน ผนังเป็นอิฐ เพดานเป็นวัสดุติดไฟได้

**วิธีทำ**

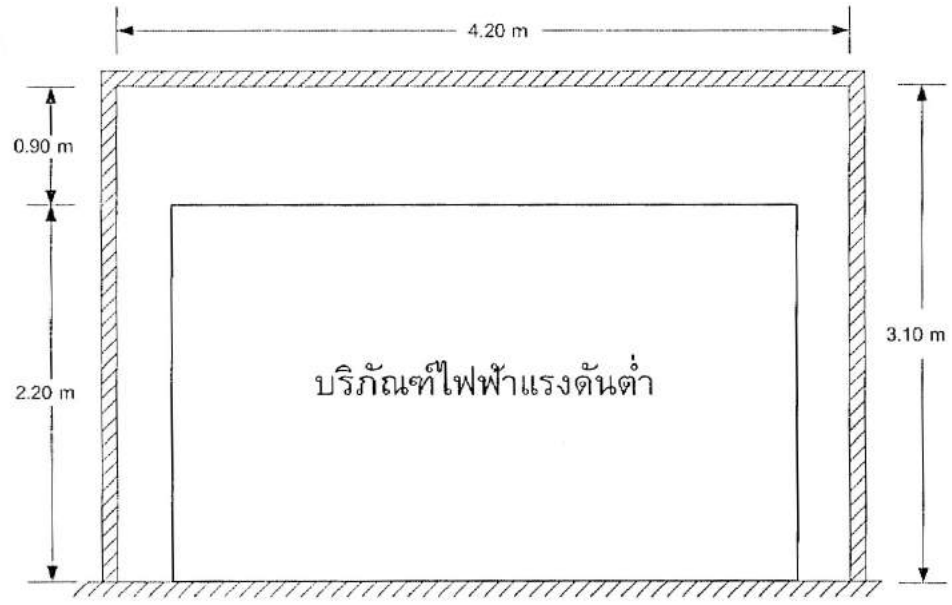
บริเวณด้านหน้าและด้านหลังเป็นบริเวณที่ต้องปฏิบัติงาน




ด้านบน

ความกว้างต่ำสุด = 1.10 +0.80 + 1.10 = 3.00 m

ความยาวต่ำสุด = 0.60 + 3.00 + 0.60 = 4.20 m




ด้านหน้า

เพดานเป็นวัสดุติดไฟได้ ให้ใช้ระยะห่างส่วนบนบริภัณฑ์กับเพดานเป็น 0.90 m

ความสูงต่ำสุด = 2.50 + 0.90 = 3.40 m

**ตัวอย่างที่ 11.2** จงหาขนาดห้องสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่อไปนี้

- ตู้ไฟฟ้าแรงดันสูง 24 kV
  ขนาด L x W x H = 1.50 x 1.50 x 2.20 m
- หม้อแปลง DRY TYPE 24 kV (HV) มีเครื่องห่อหุ้ม
  ขนาด L x W x H = 2.50 x 2.00 x 2.50 m
- ตู้ไฟฟ้าแรงดันต่ำ 230/400 V
  ขนาด L x W x H = 3.00 x 1.00 x 2.00 m

โดยที่ ด้านหน้า เป็นด้านที่ต้องไปปฏิบัติงาน ส่วนด้านหลังเป็นด้านที่ไม่ต้องเข้าไปปฏิบัติงาน เพดานไม่ติดไฟ

**วิธีทำ**

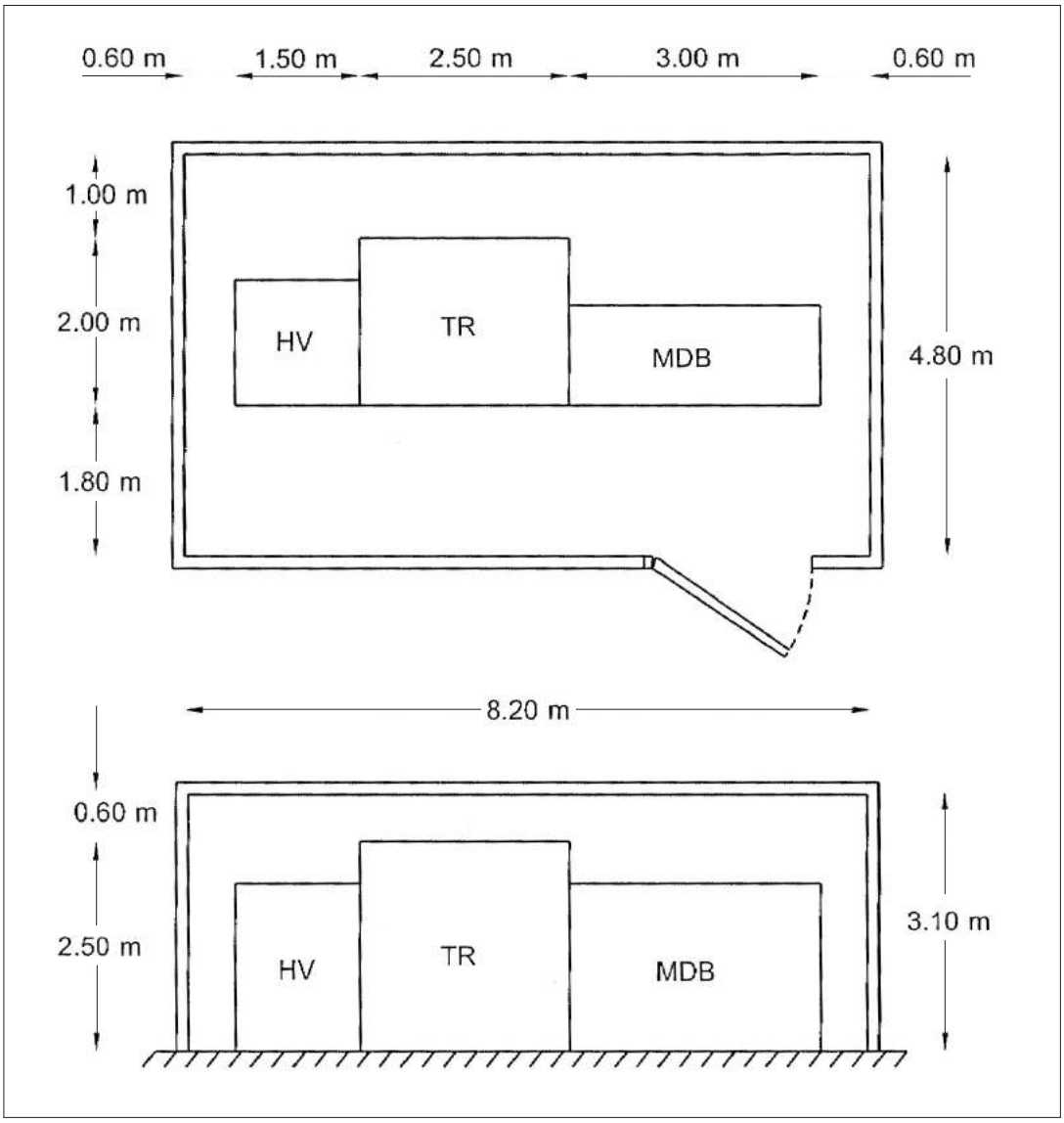
- บริเวณด้านหน้าเป็นบริเวณที่ต้องการที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน
- ส่วนด้านหลังเป็นด้านที่ไม่ต้องเข้าไปปฏิบัติงาน จึงไม่จำเป็นต้องมีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน แต่ก็อาจมีที่สำหรับเป็นทางเดิน ซึ่งจัดว่าเป็นทางเข้าออกของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานได้
- เพดานติดไม่ไฟ

ความกว้างต่ำสุด = 1.00 + 2.00 + 1.80 = 4.80 m

ความยาวต่ำสุด = 0.60 + 1.50 + 2.50 + 3.00 + 0.60

= 8.20 m

ความสูงต่ำสุด = 2.50 + 0.60 = 3.10 m


0.60 m
1.50 m
2.50 m
3.00 m
0.60 m
1.00 m
2.00 m
1.80 m
HV
TR
MDB
4.80 m
8.20 m
0.60 m
2.50 m
HV
TR
MDB
3.10 m

## 11.3 ข้อกำหนดทั่วไปของการเดินสายของระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันต่ำ

### 11.3.1 การเดินสายไฟของระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันต่างกัน

ไฟฟ้าแรงต่ำทั้งระบบ กระแสสลับ (AC) และ กระแสตรง (DC) อนุญาตให้ติดตั้งสายไฟอยู่ภายในช่องร้อยสายหรือเครื่องห่อหุ้มเดียวกันได้ ถ้าฉนวนนั้นมีความเหมาะสม

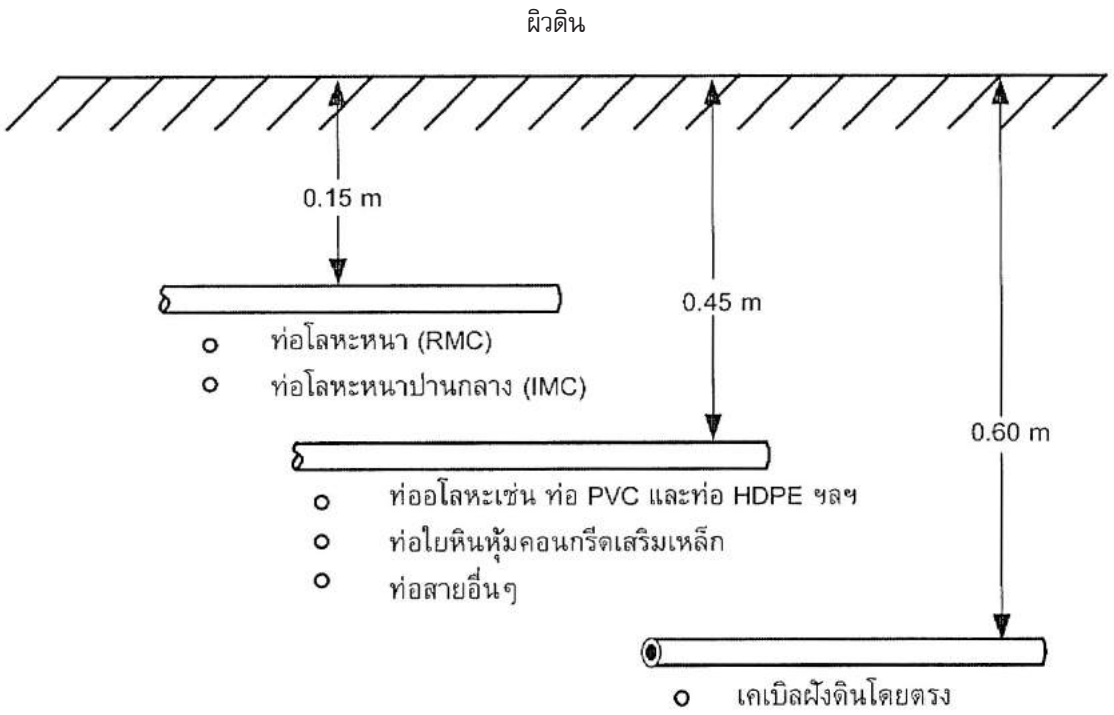
- เช่น ถ้าสาย A.C ระดับแรงดัน 750 V สาย D.C แม้จะใช้งาน 24 V แต่ฉนวนต้องทน 750 V ได้
- สายไฟฟ้าในระบบแรงดันต่ำ (LV) และ แรงดันสูง (HV) ไม่อนุญาตให้ติดตั้งในช่องสายเดียวกัน ถ้าติดตั้งต้องมีสิ่งปิดกั้นแยก (Barrier)
  - แรงดันต่ำ ต่ำกว่า 1000 V
  - แรงดันสูง สูงกว่า 1000 V

### 11.3.2 การติดตั้งสายเคเบิลใต้ดินของระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันต่ำ

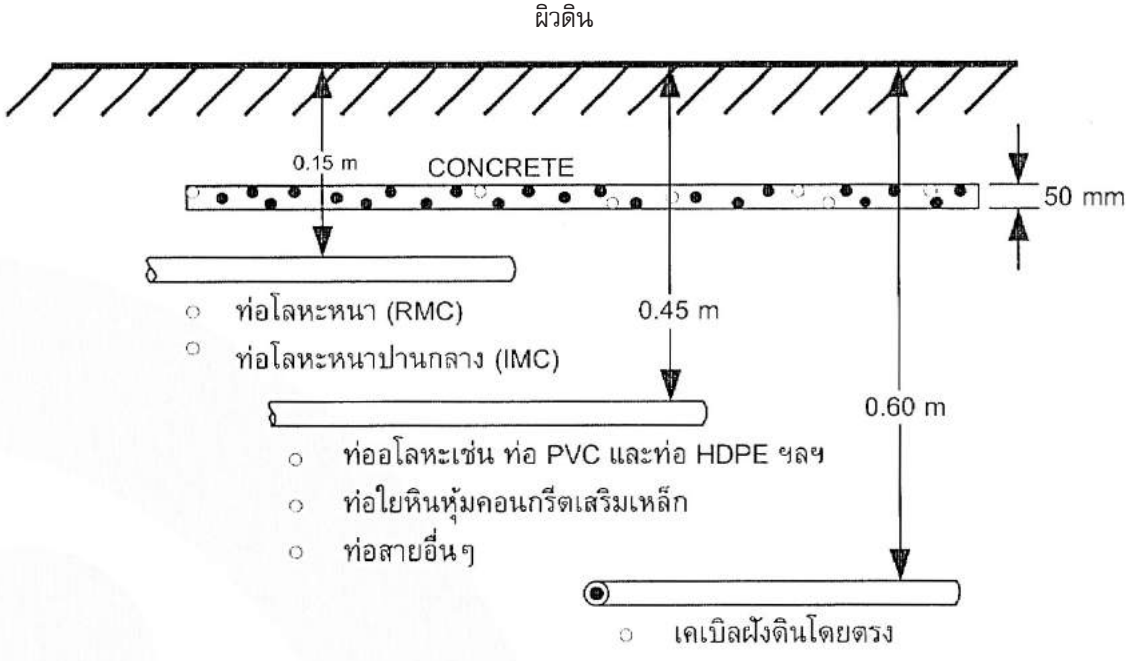
**1)** ความลึกในการติดตั้งสายเคเบิลใต้ดินต้องเป็นไปตามตารางที่ 11.3 ความลึกในการติดตั้งสายเคเบิลใต้ดินต้องเป็นไปตามตารางที่ 11.3

ตารางที่ 11.3 ความลึกในการติดตั้งสายเคเบิลใต้ดิน สำหรับระบบแรงต่ำ

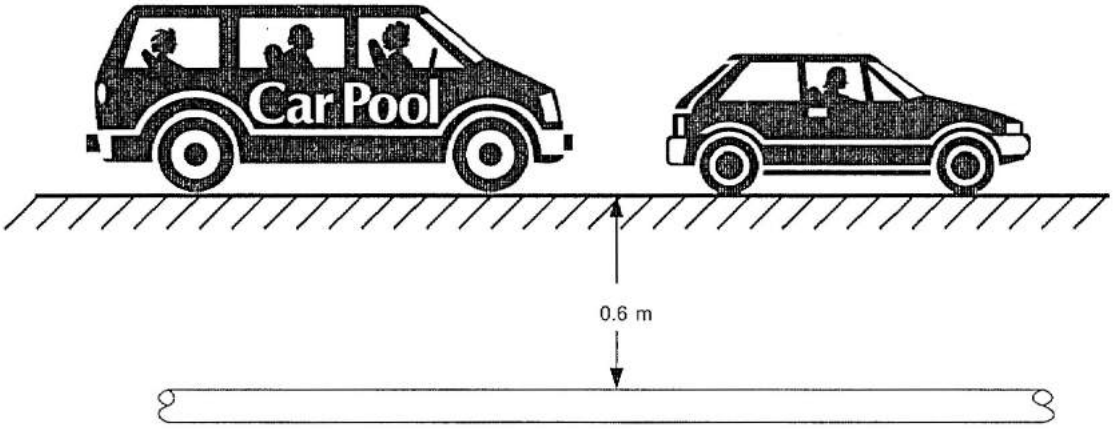
| วิธีที่ | วิธีการเดินสาย | ความลึกน้อยสุด (m) |
|---|---|---|
| 1 | เคเบิลฝังดินโดยตรง | 0.60 |
| 2 | เคเบิลฝังดินโดยตรงและมีแผ่นคอนกรีต หนาไม่น้อยกว่า 50 mm วางอยู่เหนือสาย | 0.45 |
| 3 | ท่อโลหะหนาและท่อโลหะปานกลาง | 0.15 |
| 4 | ท่ออโลหะซึ่งได้รับการรับรองให้ฝังดินโดยตรงได้โดยไม่ต้องมีคอนกรีตหุ้ม (เช่น ท่อ HDPE, PVC) | 0.45 |
| 5 | ท่อใยหิน หุ้มคอนกรีตเสริมเหล็ก | 0.45 |
| 6 | ท่อร้อยสายอื่นๆ ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้า | 0.45 |




รูปที่ 11.9 ความลึกในการติดตั้งสายเคเบิลใต้ดินในระบบแรงดันต่ำ



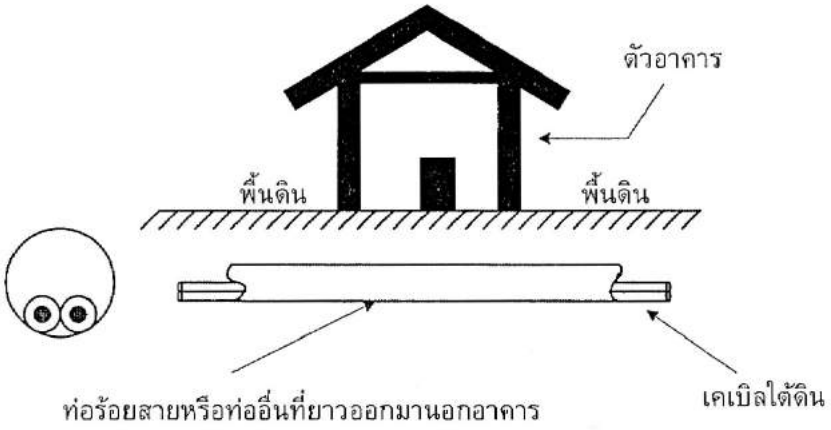

รูปที่ 11.10 ความลึกเมื่อแผ่นคอนกรีตวางอยู่เหนือสาย




รูปที่ 11.11 การติดตั้งสายเคเบิลใต้ดินบริเวณที่มีรถวิ่งผ่าน

2) สายเคเบิลใต้ดินติดตั้งใต้อาคาร

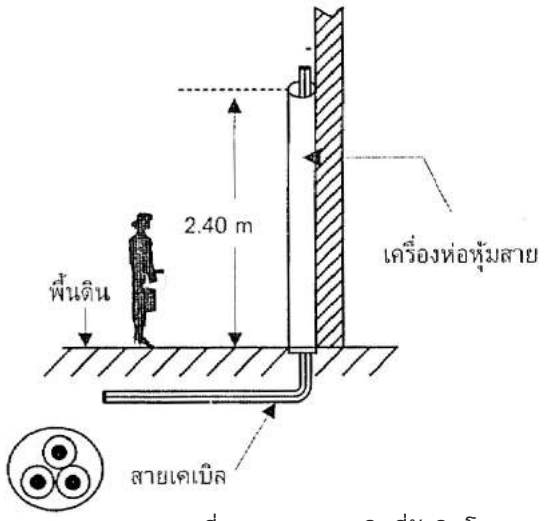
- สายเคเบิลใต้ดินติดตั้งใต้อาคารต้องติดตั้งอยู่ในท่อร้อยสาย
- ท่อร้อยสายต้องยาวเลยผนังด้านนอกของอาคารออกไป




รูปที่ 11.12 สายเคเบิลใต้ดินติดตั้งใต้อาคาร

3) สายเคเบิลที่ฝังดินโดยตรง

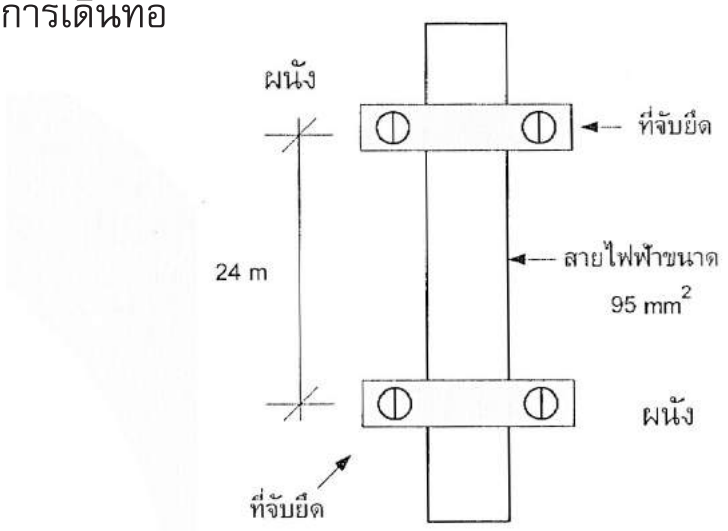
- สายเคเบิลที่ฝังดินโดยตรง ส่วนที่โผล่ขึ้นจากดินต้องมีการป้องกันด้วยเครื่องห่อหุ้มหรือท่อร้อยสายสูงจากระดับพื้นดิน ไม่น้อยกว่า 2.40 m




รูปที่ 11.13 สายเคเบิลที่ฝังดินโดยตรง

## 11.3.3 การติดตั้งวัสดุและการจับยึด

- ท่อร้อยสาย รางเดินสาย รางเคเบิล เคเบิล กล่อง ตู้และเครื่องประกอบการเดินท่อต้องมีการจับยึดกับที่ให้มั่นคง
- การเดินสายในท่อร้อยสาย ต้องติดตั้งกล่องหรือเครื่องประกอบการเดินท่อ



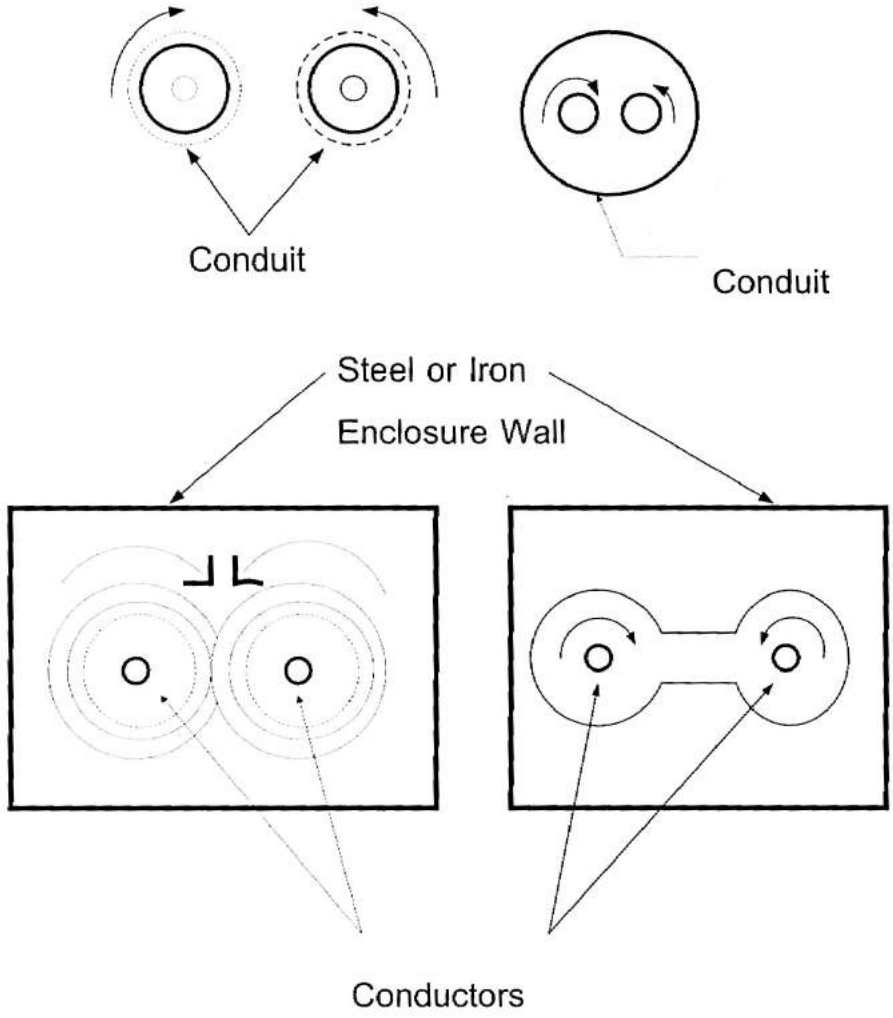

รูปที่ 11.14 การจับยึดปลายของช่องเดินสาย

| ขนาดของสายไฟฟ้า ($mm^2$) | ระยะจับยึดต่ำสุด (m) |
|---|---|
| ไม่เกิน 50 | 30 |
| 70-120 | 24 |
| 150-185 | 18 |
| 240 | 15 |
| 300 | 12 |
| เกินกว่า 300 | 10 |

ตารางที่ 11.4 ระยะห่างสำหรับการจับยึดสายไฟในแนวดิ่ง

### 11.3.4 การป้องกันไม่ให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำในเครื่องห่อหุ้ม หรือช่องเดินสายที่เป็นโลหะ

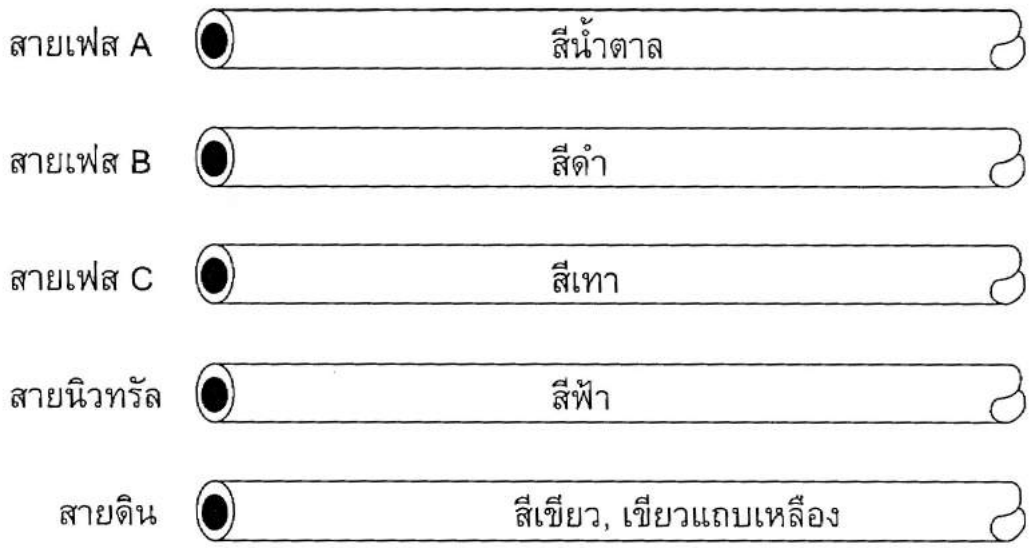
- ช่องเดินสายที่เป็นโลหะต้องไม่ทำให้ไม่เกิดความร้อน
- การเดินสายในท่อร้อยสายต้องเดินให้ครบทั้งสายเส้นไฟ และสายนิวทรัล
- ต้องทำการตัดร่องให้ถึงกันระหว่างรูแต่ละรูที่ร้อยสายแต่ละเส้น




รูปที่ 11.15 การป้องกันไม่ให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำ

### 11.3.5 การกำหนดสีของสายไฟหุ้มฉนวนระบบแรงต่ำ

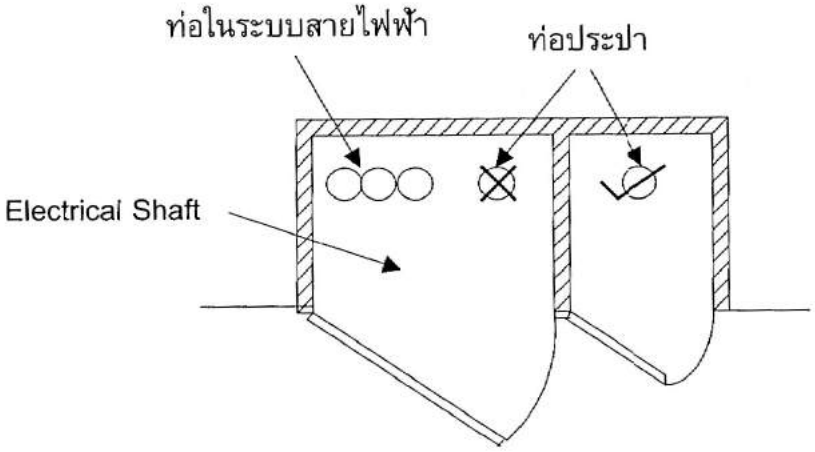
- สายไฟสีน้ำตาลเฟส A, สายไฟสีดำ เฟส B และสายไฟสีเทา เฟส C
- ตัวนำนิวทรัล ใช้สีฟ้า
- สายดินใช้สีเขียว หรือ สีเขียวแถบเหลือง
- สายไฟฟ้าที่มีขนาดโตกว่า 16 $mm^2$ ให้ทำเครื่องหมายบอกแทน



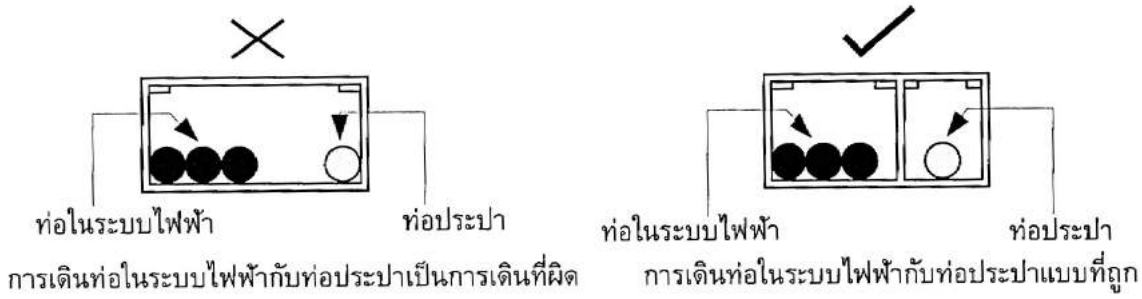

รูปที่ 11.16 สีของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนระบบแรงดันต่ำ

### 11.3.6 การติดตั้งสายเคเบิลในท่อร้อยสาย รางเคเบิล หรือช่องสำหรับการเดินสาย (Electrical Shaft)

- การเดินท่อระบบไฟฟ้าในช่องสำหรับการเดินสาย ต้องไม่มีท่ออย่างอื่นเดินร่วมด้วย



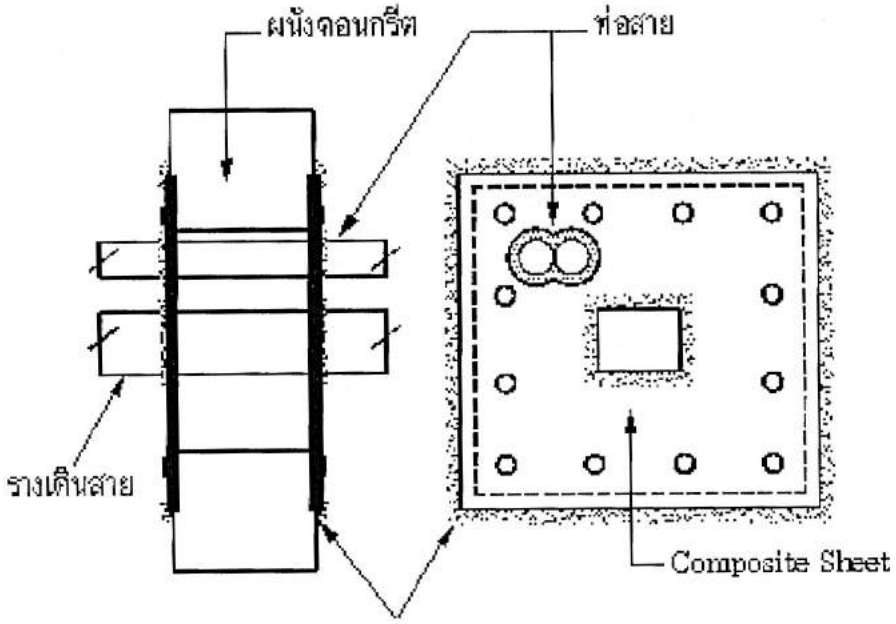

รูปที่ 11.17 การติดตั้งท่อในช่องสำหรับการเดินสาย



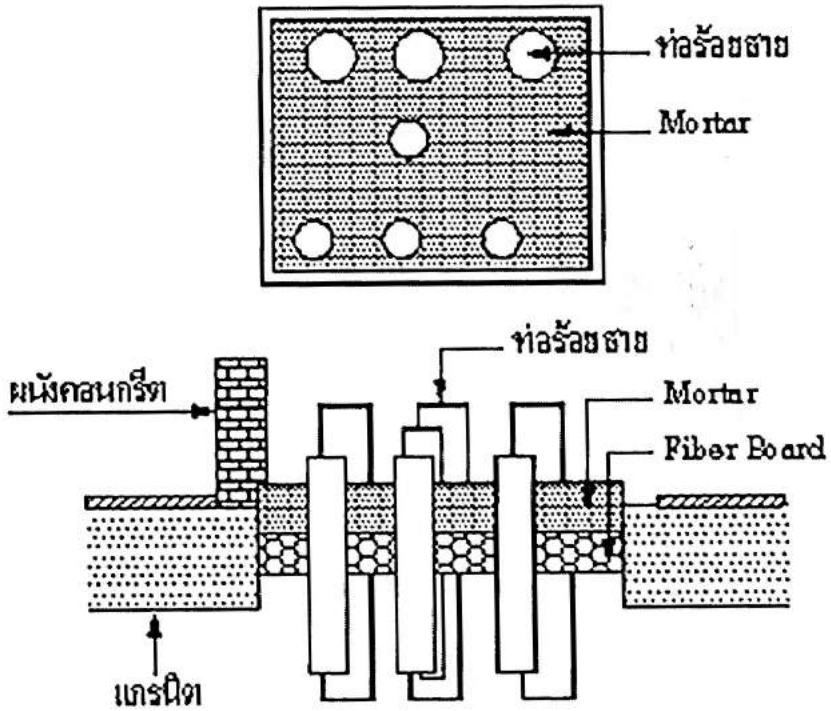

รูปที่ 11.18 แสดงการเปรียบเทียบการติดตั้งท่อในช่องสำหรับการเดินสาย

### 11.3.7 การป้องกันไม่ให้ไฟลุกลาม

- การเดินท่อระบบไฟฟ้าที่ผ่านผนัง ฉากกั้น พื้นหรือ เพดานต้องมีการป้องกันไม่ให้ไฟลุกลาม



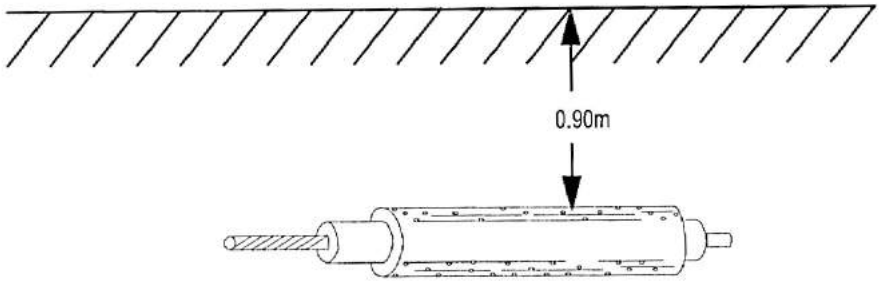

รูปที่ 11.19 การป้องกันไฟลุกลามผ่านพื้น



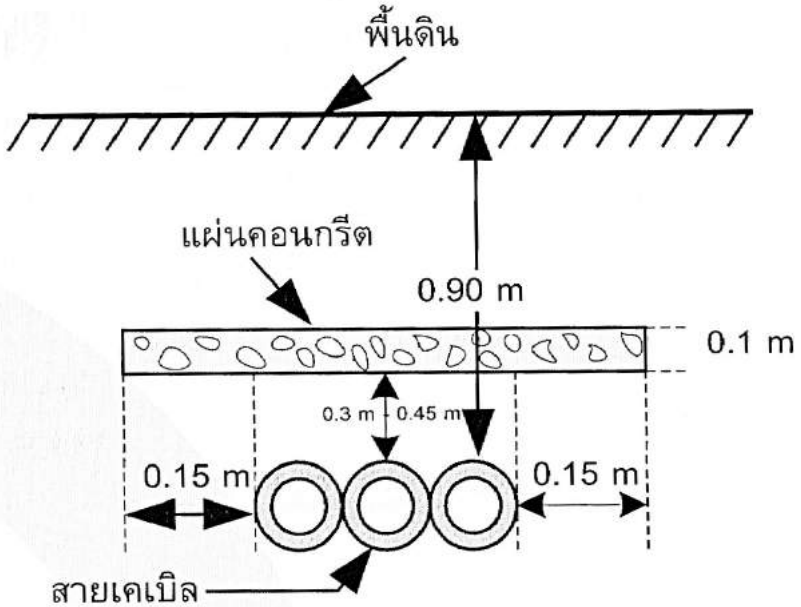

รูปที่ 11.20 การป้องกันไฟลุกลามผ่านผนัง

### 11.3.8 การติดตั้งสายเคเบิลใต้ดินของระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันสูง

- สายเคเบิลใต้ดินของระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันสูง ต้องฝังดินลึกไม่น้อยกว่า 0.90 m ในทุกกรณี
- ถ้าเป็นสายฝังดินโดยตรงต้องมีแผ่นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 100 mm ปิดทับอีกชั้นหนึ่งเหนือสายเคเบิลระหว่าง 0.30 ถึง 0.45 m แผ่นคอนกรีตต้องกว้างพอที่จะปิดคลุมออกไปจากแนวสายทั้งสองข้างอย่างน้อยข้างละ 0.15 m

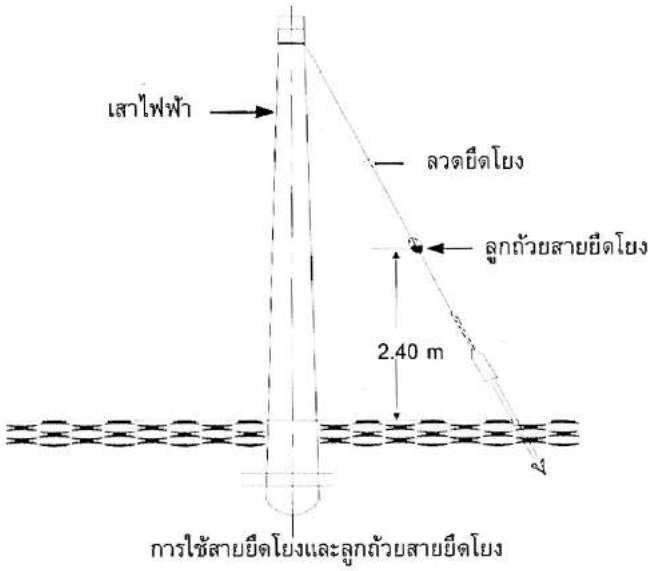



รูปที่ 11.21 การติดตั้งสายเคเบิลใต้ดินของระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันสูง



3) สำหรับระบบแรงสูง

- ในกรณีที่ติดตั้ง สายยึดโยง (Guy Wire) จะต้องติดตั้ง ลูกถ้วยสายยึดโยง (Guy Straln Insulator) ในสายยึดโยงลูกถ้วยสายยึดโยงนี้ต้องอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 2.40 m
- ลวดผูกสายที่ใช้งาน ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 10 $mm^2$




รูปที่ 11.25 การใช้สายยึดโยงและลูกถ้วยสายยึดโยง

## 11.3.10 ข้อกำหนดสำหรับแผงสวิตช์ (Switchboard) และแผงย่อย (Panelboard)

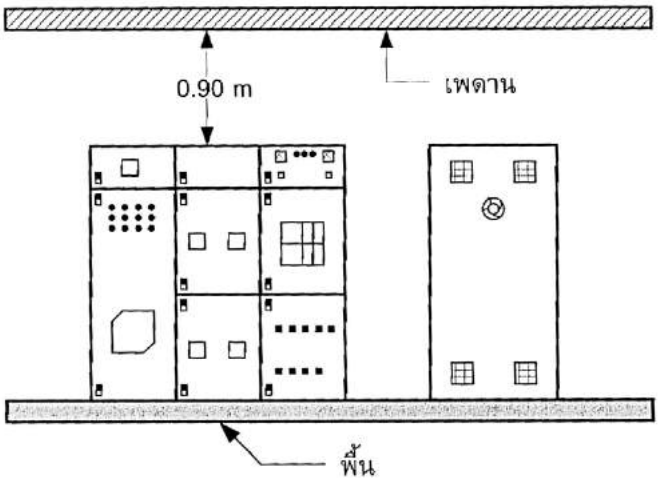
### 11.3.10.1 แผงสวิตช์ (Switchboard)

#### 1) สถานที่ในการติดตั้ง

- สถานที่ที่มีไฟฟ้าเปิดโล่ง ต้องติดตั้งในที่แห้งเข้าถึงได้ และควบคุมโดยเจ้าหน้าที่
- สถานที่เปียกหรือนอกอาคาร ต้องมีเครื่องห่อหุ้มที่ทนสภาพอากาศได้
- สถานที่ที่มีวัตถุติดไฟได้ ต้องติดตั้งในตำแหน่งที่ไม่ทำให้เกิดเพลิงไหม้ต่อวัตถุติดไฟข้างเคียง

**2) ระยะห่างส่วนบนของแผงสวิตช์กับเพดาน**

- ระยะห่างส่วนบนของแผงสวิตช์กับเพดานที่ไม่ติดไฟได้ต้องอยู่ห่างจากไม่น้อยกว่า 0.60 m
- ระยะห่างส่วนบนของแผงสวิตช์กับเพดานที่ติดไฟได้ต้องอยู่ห่างจากไม่น้อยกว่า 0.90 m



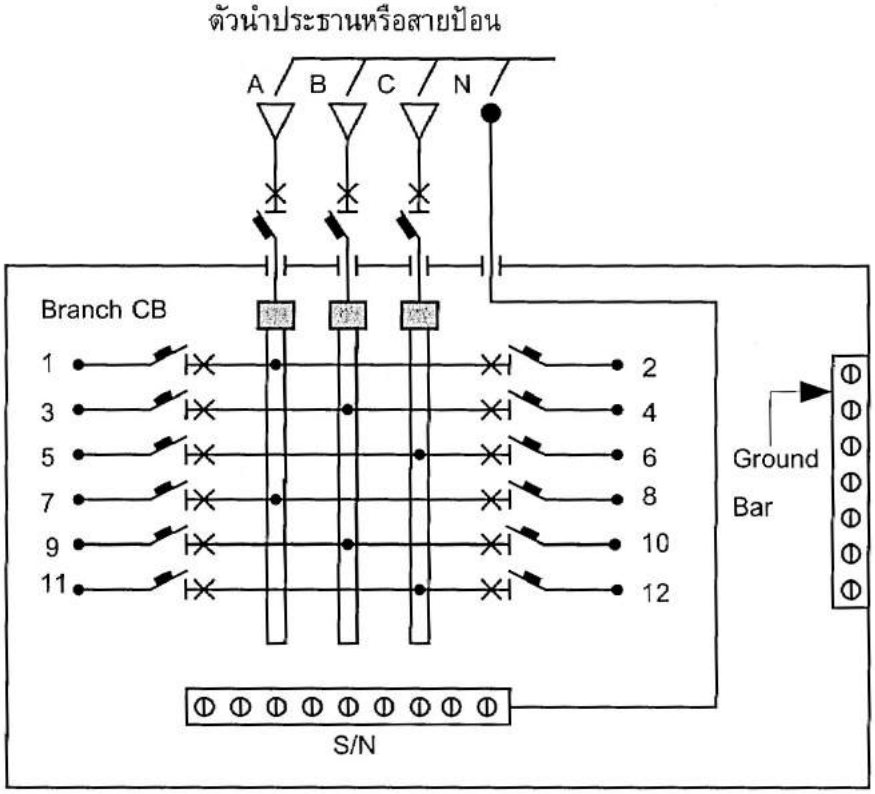

รูปที่ 11.26 แผงสวิตช์ (Switchboard)

**3) สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ**

- โครงของแผงสวิตช์ และบริภัณฑ์ไฟฟ้าต้องต่อลงดิน
- เครื่องมือวัด รีเลย์ มิเตอร์ หรือหม้อแปลงเครื่องวัดซึ่งติดตั้งในแผงสวิตช์ ต้องมีการต่อลงดิน

**11.3.10.2 แผงย่อย (Panelboard)**

- การติดตั้งแผงย่อยในสถานที่เปียกหรือชื้น ต้องมีพื้นรองรับไม่น้อยกว่า 5 mm
- แผงย่อยที่ประกอบด้วยสวิตช์ธรรมดา ขนาดไม่เกิน 30 A หลายตัวต้องมีเครื่องป้องกันกระแสเกินที่มี พิกัดไม่เกิน 200 A
- เครื่องป้องกันกระแสเกินในแต่ละแผงย่อย ต้องไม่เกิน 42 ขั้ว ไม่รวมขั้วที่เป็นประธาน




รูปที่ 11.27 โครงสร้างของแผงจ่ายไฟ

### 11.3.10.3 ข้อกำหนดโครงสร้าง

- ใบมีดที่เปิดโล่งของสวิตช์ใบมีด ต้องไม่มีไฟเมื่ออยู่ในตำแหน่งปลด
- แผงสวิตช์ต้องมีระยะห่างระหว่าง บัสบาร์กับด้านล่างของตู้สำหรับระบบแรงต่ำไม่น้อยกว่า 200 mm สำหรับบัสบาร์หุ้มฉนวน และ 250 mm สำหรับบัสบาร์เปลือย

ตารางที่ 11.7 ระยะห่างต่ำสุดระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้าเปลือยกับส่วนที่มีไฟฟ้าเปลือย และ
ระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้าเปลือยกับดินเป็น (mm)

| แรงดันระหว่าง สายเส้นไฟ (V) | ขั้วต่างกันเมื่อ ติดตั้งบนพื้นผิวเดียวกัน | ขั้วต่างกันเมื่อ ขึงในอากาศ | ส่วนที่มีไฟฟ้าเปลือย กับดิน |
|---|---|---|---|
| ไม่เกิน 125 | 19 | 12.5 | 12.5 |
| ไม่เกิน 250 | 31.5 | 19 | 12.5 |
| ไม่เกิน 750 | 50 | 25 | 25 |

หมายเหตุ สำหรับระบบแรงสูง 12 kV, 24 kV และ 33 kV ให้อ้างอิงตาม IEC 60071-2

## 11.3.11 ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับแผงสวิตช์แรงสูง

- ตัวนำและบัสบาร์ในแผงสวิตช์ต้องติดตั้งอย่างมั่นคง
- ปลอดภัยจากความเสียหายทางกายภาพ
- บัสบาร์แต่ละเฟส ต้องมีการทำเครื่องหมายแสดงเฟส ให้ใช้

| | สีแดง | เหลือง | น้ำเงิน | |
|---|---|---|---|---|
| สำหรับเฟส | อาร์ | วาย | บี | ตามลำดับ |
| | R | Y | B | |

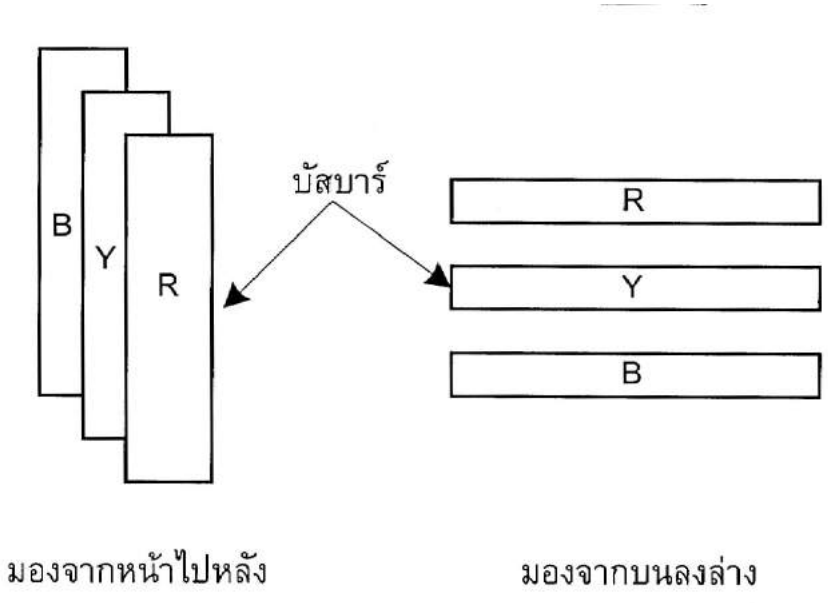
– การจัดเฟสของบัสบาร์ในแผงสวิตช์ เมื่อมองจากด้านหน้าให้อยู่ในลักษณะ

**เฟส อาร์ (R) วาย (Y) บี (B)**

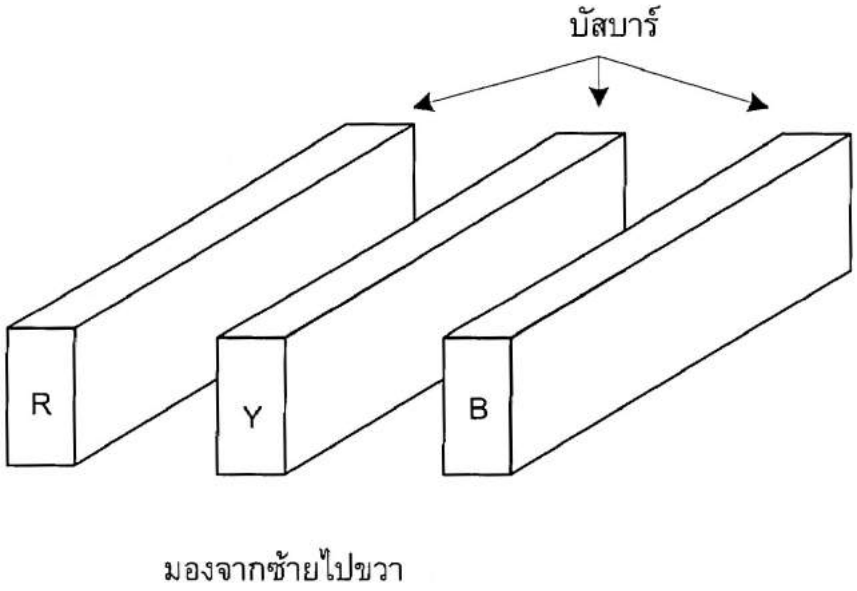
เรียงจาก **ด้านหน้าไปด้านหลังแผง**

จาก **ด้านบนลงด้านล่าง**

หรือจาก ด้านซ้ายมือไปขวามือ




รูปที่ 11.28 การทำเครื่องหมายแสดงเฟส




รูปที่ 11.29 การทำเครื่องหมายแสดงเฟสที่บัสบาร์

- ต้องจัดให้มี บัสต่อลงดิน (Grounded Bus) ทำด้วยทองแดง มีขนาดไม่เล็กกว่า 95 $mm^2$(12 kV), 50 $mm^2$(24 kV) และ 35 $mm^2$(33 kV)
- ตัวนำสำหรับต่อลงดินของกับดักเสิร์จ (Surge Protection) ต้องทนแรงดันไม่น้อยกว่า 750 V
- หากสวิตช์ต่อลงดิน (Earthing Switch) ติดตั้งทางด้านไฟเข้าของสวิตช์ (Load Break Switch) จะต้องมีที่ใส่กุญแจซึ่งสามารถล็อคสวิตช์ต่อลงดินได้ ทั้งตำแหน่ง เปิดและปิด และต้องมีป้ายเตือน “ก่อนสับสวิตช์ต้องแจ้งการไฟฟ้าฯ” ให้เห็นอย่างชัดเจน

# สารบัญ ภาคผนวก

ภาคผนวก A 238
ภาคผนวก B 248
ภาคผนวก C 254
ภาคผนวก D 258
ภาคผนวก E 264
ภาคผนวก F 286
ภาคผนวก G 296
ภาคผนวก H 320
ภาคผนวก M 332
ภาคผนวก S 344

# ภาคผนวก A
# จำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย

## หลักการและข้อกำหนด

- ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของ วสท. บทที่ 5 ที่ 5.1.10 จำนวนสายไฟฟ้าสูงสุดในท่อร้อยสาย มีตาม ตารางที่ 5 – 3
- หาขนาดท่อ และความจุ
- หาขนาดสายไฟฟ้า แบบต่างๆ
- ค่าในตารางสำหรับ ขนาดสายเท่ากัน

### ตารางที่ 5–3

พื้นที่หน้าตัดสูงสุดรวมของสายไฟทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

| จำนวนสายในท่อร้อยสาย | 1 | 2 | 3 | 4 | มากกว่า 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| สายไฟทุกชนิด **ยกเว้น** สายชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม | 53 | 31 | 40 | 40 | 40 |
| สายไฟชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม | 55 | 30 | 40 | 38 | 35 |

## ตารางที่ 1

ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย

| ขนาด mm. (นิ้ว) | พ.ท.หน้าตัด 100 % ($mm^2$) | สาย 1 เส้น 53 % ($mm^2$) | สาย 2 เส้น 31 % ($mm^2$) | สาย 3 เส้นขึ้นไป 40 % ($mm^2$) |
|---|---|---|---|---|
| 15 (1/2) | 177 | 94 | 55 | 71 |
| 20 (3/4) | 314 | 166 | 97 | 126 |
| 25 (1) | 491 | 260 | 152 | 196 |
| 32 (1 1/4) | 804 | 426 | 249 | 322 |
| 40 (1 1/2) | 1257 | 666 | 390 | 503 |
| 50 (2) | 1963 | 1041 | 609 | 785 |
| 65 (2 1/2) | 3318 | 1759 | 1029 | 1327 |
| 80 (3) | 5027 | 2664 | 1558 | 2011 |
| 90 (3 1/2) | 6362 | 3372 | 1972 | 2545 |
| 100 (4) | 7854 | 4163 | 2435 | 3142 |
| 125 (5) | 12272 | 6504 | 3804 | 4909 |
| 150 (6) | 17671 | 9366 | 5478 | 7069 |

# ตารางที่ 2

## ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง และ พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ

## สาย IEC 10 2/C, สาย IEC 10 4/C, สาย VCT 2/C, สาย VCT 4/C

| ขนาดสาย | สาย IEC 10 2/C | | สาย IEC 10 4/C | | สาย VCT 2/C | | สาย VCT 4/C | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ขนาดสาย ($mm^2$) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1.5 | 10.5 | 86.6 | 12.0 | 113 | - | - | - | - |
| 2.5 | 12.0 | 113 | 13.5 | 143 | - | - | - | - |
| 4 | 13.0 | 134 | 15.0 | 177 | 14.5 | 165 | 17.0 | 227 |
| 6 | 14.0 | 154 | 17.0 | 227 | 16.0 | 201 | 19.5 | 229 |
| 10 | 17.5 | 241 | 20.5 | 330 | 20.0 | 314 | 24.0 | 452 |
| 16 | 20.0 | 314 | 23.5 | 434 | 23.0 | 416 | 28.0 | 616 |
| 25 | 24.0 | 452 | 28.5 | 638 | 27.5 | 594 | 33.0 | 855 |
| 35 | 27.5 | 594 | 32.0 | 804 | 31.0 | 755 | 37.0 | 1075 |
| 50 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 70 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 95 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 120 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 150 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 185 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 240 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 300 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 400 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 500 | - | - | - | - | - | - | - | - |

# ตารางที่ 3

## ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง และ พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ

## สาย IEC 01, สาย NYY 1/C, สาย NYY 2/C, สาย NYY 4/C

| ขนาดสาย | สาย IEC 01 | | สาย NYY 1/C | | สาย NYY 2/C | | สาย NYY 4/C | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ขนาดสาย ($mm^2$) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) |
| 1 | - | - | 8.8 | 60.8 | - | - | - | - |
| 5 | 3.3 | 8.6 | 9.2 | 66.5 | - | - | - | - |
| 2.5 | 4.0 | 12.6 | 9.8 | 75.4 | - | - | - | - |
| 4 | 4.6 | 16.6 | 10.5 | 26.6 | - | - | - | - |
| 6 | 5.2 | 21.2 | 11.0 | 95.0 | - | - | - | - |
| 10 | 6.7 | 35.2 | 12.0 | 113 | - | - | - | - |
| 16 | 7.8 | 47.7 | 13.0 | 133 | - | - | - | - |
| 25 | 9.7 | 73.8 | 14.5 | 165 | - | - | - | - |
| 35 | 10.9 | 93.3 | 16.0 | 201 | - | - | - | - |
| 50 | 12.8 | 129 | 17.0 | 227 | 33.5 | 881 | 39.5 | 1225 |
| 70 | 14.6 | 167 | 19.0 | 284 | 38.0 | 1134 | 44.5 | 1555 |
| 95 | 7.1 | 230 | 21.5 | 363 | 42.5 | 1419 | 51.5 | 2083 |
| 120 | 18.8 | 278 | 23.0 | 416 | 46.5 | 1698 | 56.0 | 2463 |
| 150 | 20.9 | 343 | 26.0 | 531 | 52.0 | 2124 | 62.0 | 3019 |
| 185 | 23.3 | 426 | 28.0 | 616 | 57.0 | 2552 | 68.0 | 3632 |
| 240 | 26.6 | 556 | 31.5 | 779 | 64.0 | 3217 | 76.5 | 4596 |
| 300 | 29.6 | 688 | 32.0 | 962 | 70.5 | 3904 | 85.0 | 5675 |
| 400 | 33.2 | 866 | 38.5 | 1164 | - | - | - | - |
| 500 | - | - | 43.0 | 1452 | - | - | - | - |

## ตารางที่ 4

ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง และ พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ

สาย XLPE 1/C, สาย XLPE 2/C, สาย XLPE 4/C

| ขนาดสาย | สาย XLPE 1/C | | สาย XLPE 2/C | | สาย XLPE 4/C | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ขนาดสาย ($mm^2$) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) | เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด ($mm^2$) |
| 1 | - | - | - | - | - | - |
| 1.5 | 6.5 | 33.1 | 10.5 | 86.6 | 12.0 | 113 |
| 2.5 | 7.0 | 38.4 | 11.5 | 104 | 13.0 | 133 |
| 4 | 7.5 | 44.1 | 12.5 | 123 | 14.5 | 165 |
| 6 | 8.0 | 50.2 | 14.0 | 154 | 16.0 | 201 |
| 10 | 8.5 | 56.7 | 15.0 | 177 | 17.5 | 241 |
| 16 | 9.5 | 70.8 | 17.0 | 227 | 19.5 | 299 |
| 25 | 11.5 | 104 | 20.5 | 330 | 23.5 | 434 |
| 35 | 12.5 | 123 | 22.5 | 398 | 26.5 | 552 |
| 50 | 14.0 | 154 | 26.0 | 531 | 30.5 | 731 |
| 70 | 15.5 | 189 | 29.0 | 661 | 35.0 | 962 |
| 95 | 17.5 | 241 | 33.0 | 855 | 39.0 | 1195 |
| 120 | 19.5 | 299 | 36.5 | 1046 | 44.0 | 1521 |
| 150 | 21.5 | 363 | 40.5 | 1288 | 48.5 | 1848 |
| 185 | 23.8 | 434 | 45.0 | 1590 | 54.0 | 2290 |
| 240 | 26.5 | 552 | 51.0 | 2043 | 61.0 | 2923 |
| 300 | 29.0 | 661 | 56.0 | 2463 | 67.5 | 3579 |
| 400 | 32.5 | 830 | - | - | - | - |
| 500 | 36.5 | 1046 | - | - | - | - |

**ตัวอย่างที่ A.1**

สาย XLPE ขนาด 1 x 95 $mm^2$ ถ้าเดินในท่อร้อยสายขนาด 65 mm จะได้มากที่สุดกี่เส้น

วิธีทำ

จากตารางขนาดสาย XLPE ขนาด 95 $mm^2$

มีพื้นที่หน้าตัด = 241 $mm^2$

และจากตารางขนาดพื้นที่หน้าตัดของสายได้ว่า 40 %

ของพื้นที่หน้าตัดของท่อขนาด 65 mm = 1327 $mm^2$

∴ ได้จำนวนสายมากที่สุดคือ 1327/241 = 5.51 เส้น

จำนวนสายมากที่สุดคือ 5 เส้น

**ตัวอย่างที่ A.2**

ต้องการร้อยสายไฟฟ้า NYY 1 x 240 $mm^2$ จำนวน 3 เส้น ในท่อร้อยสาย จะต้องใช้ท่อร้อยสาย ขนาดเท่าใด

วิธีทำ

จากตาราง ขนาดสาย NYY

สาย 240 $mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด = 779 $mm^2$

ดังนั้นพื้นที่หน้าตัดรวม = 3 x 779 $mm^2$

= 2337 $mm^2$

จากตาราง ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย

ท่อ 80 mm, (3") 40% ของพื้นที่หน้าตัด = 2011 $mm^2$

ท่อ 90 mm, (3 1/2") 40% ของพื้นที่หน้าตัด = 2545 $mm^2$

ดังนั้นเลือกใช้ท่อขนาด 90 mm (3 1/2")

## ตารางที่ A–1

จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้า (IEC 01) ในท่อร้อยสาย

| ขนาดสายไฟ ($mm^2$) | จำนวนสายสูงสุด | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.5 | 8 | 14 | 22 | 37 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2.5 | 5 | 10 | 15 | 25 | 39 | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 4 | 7 | 11 | 19 | 30 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 3 | 5 | 9 | 15 | 23 | 37 | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 2 | 3 | 5 | 9 | 14 | 22 | 37 | - | - | - | - | - |
| 16 | 1 | 2 | 4 | 6 | 10 | 16 | 27 | 42 | - | - | - | - |
| 25 | - | 1 | 2 | 4 | 6 | 10 | 17 | 27 | 34 | - | - | - |
| 35 | - | 1 | 2 | 3 | 5 | 8 | 14 | 21 | 27 | 33 | - | - |
| 50 | - | - | 1 | 2 | 3 | 6 | 10 | 15 | 19 | 24 | 38 | - |
| 70 | - | - | 1 | 1 | 3 | 4 | 7 | 12 | 15 | 18 | 29 | 42 |
| 95 | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 11 | 13 | 21 | 30 |
| 120 | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 17 | 25 |
| 150 | - | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 14 | 20 |
| 185 | - | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 4 | 5 | 7 | 11 | 16 |
| 240 | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 8 | 12 |
| 300 | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 10 |
| 400 | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 8 |
| เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อร้อยสาย mm (นิ้ว) | 15<br>1/2 | 20<br>3/4 | 25<br>1 | 32<br>1 1/4 | 40<br>1 1/2 | 50<br>2 | 65<br>2 1/2 | 80<br>3 | 90<br>3 1/2 | 100<br>4 | 125<br>5 | 150<br>6 |

# ตารางที่ A-2

## จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้า (NYY) ในท่อร้อยสาย

| ขนาดสายไฟ ($mm^2$) | จำนวนสายสูงสุด | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 12 | 21 | 33 | - | - | - | - |
| 1.5 | 1 | 1 | 2 | 4 | 7 | 11 | 19 | 30 | - | - | - | - |
| 2.5 | 1 | 1 | 2 | 4 | 7 | 10 | 17 | 26 | 33 | - | - | - |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 6 | 9 | 15 | 23 | 29 | 36 | - | - |
| 6 | - | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 13 | 21 | 26 | 33 | - | - |
| 10 | - | 1 | 1 | 2 | 4 | 6 | 11 | 17 | 22 | 27 | - | - |
| 16 | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 10 | 15 | 19 | 23 | 36 | - |
| 25 | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 8 | 12 | 15 | 19 | 29 | - |
| 35 | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 6 | 10 | 12 | 15 | 24 | 35 |
| 50 | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 11 | 13 | 21 | 31 |
| 70 | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 4 | 7 | 8 | 11 | 17 | 24 |
| 95 | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 7 | 8 | 13 | 19 |
| 120 | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 11 | 17 |
| 150 | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 9 | 13 |
| 185 | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 11 |
| 240 | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 9 |
| 300 | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 |
| 400 | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| 500 | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 |
| เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อร้อยสาย mm (นิ้ว) | 15<br>1/2 | 20<br>3/4 | 25<br>1 | 32<br>1 1/4 | 40<br>1 1/2 | 50<br>2 | 65<br>2 1/2 | 80<br>3 | 90<br>3 1/2 | 100<br>4 | 125<br>5 | 150<br>6 |

## ตารางที่ A–3

จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้า (XLPE) ในท่อร้อยสาย

| ขนาดสายไฟ ($mm^2$) | จำนวนสายสูงสุด | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.5 | 2 | 3 | 5 | 9 | 15 | 23 | - | - | - | - | - | - |
| 2.5 | 1 | 3 | 5 | 8 | 13 | 20 | 34 | - | - | - | - | - |
| 4 | 1 | 2 | 4 | 7 | 11 | 17 | 30 | - | - | - | - | - |
| 6 | 1 | 2 | 3 | 6 | 10 | 15 | 26 | 40 | - | - | - | - |
| 10 | 1 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 23 | 35 | - | - | - | - |
| 16 | 1 | 1 | 2 | 4 | 7 | 11 | 18 | 28 | 35 | - | - | - |
| 25 | - | 1 | 1 | 3 | 4 | 7 | 12 | 19 | 24 | 30 | - | - |
| 35 | - | 1 | 1 | 2 | 4 | 6 | 10 | 16 | 20 | 25 | 39 | - |
| 50 | - | - | 1 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 16 | 20 | 31 | - |
| 70 | - | - | 1 | 1 | 2 | 4 | 7 | 10 | 13 | 16 | 25 | 37 |
| 95 | - | - | - | 1 | 2 | 3 | 5 | 8 | 10 | 13 | 20 | 29 |
| 120 | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 16 | 23 |
| 150 | - | - | - | - | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 13 | 19 |
| 185 | - | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 11 | 16 |
| 240 | - | - | - | - | - | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 8 | 12 |
| 300 | - | - | - | - | - | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 7 | 10 |
| 400 | - | - | - | - | - | - | 1 | 2 | 3 | 3 | 5 | 8 |
| 500 | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 |
| เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อร้อยสาย mm (นิ้ว) | 15<br>1/2 | 20<br>3/4 | 25<br>1 | 32<br>1 1/4 | 40<br>1 1/2 | 50<br>2 | 65<br>2 1/2 | 80<br>3 | 90<br>3 1/2 | 100<br>4 | 125<br>5 | 150<br>6 |

# ภาคผนวก B
## จำนวนสายไฟฟ้าใน รางเดินสาย Wireways

### หลักการและข้อกำหนด

- จำนวนสายไฟฟ้าสูงสุดในรางเดินสาย (Wireways) ข้อ 5.12 ต้องไม่เกิน 20% พื้นที่หน้าตัดของรางเดินสาย (Wireways)
- ถ้าสายตัวนำกระแสไม่เกิน 30 เส้น ยอมให้คิด พิกัดกระแส ตามตารางในท่อไม่เกิน 3 เส้น
  - สาย PVC ตารางที่ 5 – 20 ตัวนำกระแส 3
  - สาย XLPE สายทนไฟ ตารางที่ 5 – 27 ตัวนำกระแส 3

### สายไฟฟ้าในรางเดินสาย (Wireways)

- **สถานที่ใช้งาน**

- อนุญาตให้ใช้ในที่เปิดโล่ง ซึ่งเข้าถึงได้เพื่อการตรวจสอบและบำรุงรักษาตลอดความยาว
- ห้ามใช้ในฝ้าเพดาน
- สายแกนเดี่ยวของวงจรเดียวกันรวมทั้ง สายดินต้องวางเป็นกลุ่มเดียวกันแล้วมัดรวมเข้าด้วยกัน

ห้ามติดตั้ง หรือใช้รางเดินสายในกรณีต่อไปนี้

1) ต่อรางเดินสาย ตรงจุดที่ผ่านผนังหรือพื้น

2) เป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน

3) ขนาดเกิน 150 x 300 mm

**ตัวอย่างที่ B.1**

รางเดินสายขนาด 100 x 100 mm สามารถบรรจุ สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 25 $mm^2$ ได้กี่เส้น

วิธีทำ

สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 25 $mm^2$

| | | |
|---|---|---|
| จากตาราง มีพื้นที่หน้าตัดขวาง | = | 73.8 $mm^2$ |
| รางเดินสายขนาด 100 x 100 mm | | |
| มีพื้นที่หน้าตัดขวาง | = | 100 x 100 |
| | = | 10,000 $mm^2$ |
| จำนวนสายไฟฟ้า | = | 0.2 x 10000 / 73.8 |
| | = | 27.1 |

สามารถบรรจุได้ 27 เส้น ตาราง B–1

## ตัวอย่างที่ B.2

สายป้อย 3 ph, 4 w 230/400 V ใช้สาย XLPE 7 (4x50 $mm^2$) จะต้องใช้รางเดินสาย (Wireways) ขนาดเท่าใดและพิกัดกระแสเป็นเท่าใด

วิธีทำ

สาย XLPE, 50 $mm^2$ จำนวน 7 x 4 = 28 เส้น

จาก ตาราง B – 3 ใช้รางเดินสาย (Wireways) ขนาด 100 x 250 mm

พิกัดกระแส สาย XLPE ตารางที่ 5 – 27

4 x 50 $mm^2$ I = 159 A

# ภาคผนวก B – 1

## จำนวนสูงสุดของสาย IEC 01 ในรางเดินสาย (Wireways)

| ขนาด ($mm^2$) | จำนวนสูงสุดของสาย IEC 01 ในรางเดินสาย | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ขนาด Wireways (mmxmm) | | | | | | | | |
| | 50x75 | 50x100 | 75x100 | 100x100 | 100x150 | 100x200 | 100x250 | 100x300 | 150x300 |
| 1.0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2.5 | 59 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 45 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 35 | 47 | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 21 | 28 | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 | 15 | 20 | 31 | 41 | - | - | - | - | - |
| 25 | 10 | 13 | 20 | 27 | - | - | - | - | - |
| 35 | 8 | 10 | 16 | 21 | 32 | - | - | - | - |
| 50 | - | 7 | 11 | 15 | 23 | 31 | 38 | - | - |
| 70 | - | - | - | - | 17 | 23 | 29 | 35 | - |
| 95 | - | - | - | - | 13 | 17 | 21 | 26 | 39 |
| 120 | - | - | - | - | - | - | 17 | 21 | 32 |
| 150 | - | - | - | - | - | - | 14 | 17 | 26 |
| 185 | - | - | - | - | - | - | - | - | 21 |
| 240 | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 |
| 300 | - | - | - | - | - | - | - | - | 13 |
| 400 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 500 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

# ภาคผนวก B – 2

## จำนวนสูงสุดของสาย NYY ในรางเดินสาย (Wireways)

| ขนาด ($mm^2$) | จำนวนสูงสุดของสาย NYY ในรางเดินสาย | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ขนาด Wireways (mmxmm) | | | | | | | | |
| | 50x75 | 50x100 | 75x100 | 100x100 | 100x150 | 100x200 | 100x250 | 100x300 | 150x300 |
| 1.0 | 12 | 16 | 24 | 32 | - | - | - | - | - |
| 1.5 | 11 | 15 | 22 | 30 | - | - | - | - | - |
| 2.5 | 9 | 13 | 19 | 26 | - | - | - | - | - |
| 4 | - | 11 | 17 | 23 | - | - | - | - | - |
| 6 | - | - | 15 | 21 | 31 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | 13 | 17 | 26 | 35 | - | - | - |
| 16 | - | - | - | 15 | 22 | 30 | 37 | - | - |
| 25 | - | - | - | - | 18 | 24 | 30 | 36 | - |
| 35 | - | - | - | - | - | 19 | 24 | 29 | 44 |
| 50 | - | - | - | - | - | 17 | 22 | 26 | 39 |
| 70 | - | - | - | - | - | - | 17 | 21 | 31 |
| 95 | - | - | - | - | - | - | - | 16 | 24 |
| 120 | - | - | - | - | - | - | - | - | 21 |
| 150 | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 |
| 185 | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 |
| 240 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 300 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 400 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 500 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

# ภาคผนวก B – 3

## จำนวนสูงสุดของสาย XLPE ในรางเดินสาย (Wireways)

| ขนาด ($mm^2$) | จำนวนสูงสุดของสาย XLPE ในรางเดินสาย | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ขนาด Wireways (mmxmm) | | | | | | | | |
| | 50x75 | 50x100 | 75x100 | 100x100 | 100x150 | 100x200 | 100x250 | 100x300 | 150x300 |
| 1.0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1.5 | 22 | 30 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2.5 | 19 | 26 | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 17 | 22 | 34 | - | - | - | - | - | - |
| 6 | - | 19 | 29 | - | - | - | - | - | - |
| 10 | - | 17 | 26 | 35 | - | - | - | - | - |
| 16 | - | - | 21 | 28 | 42 | - | - | - | - |
| 25 | - | - | 14 | 19 | 28 | - | - | - | - |
| 35 | - | - | - | 16 | 24 | 32 | - | - | - |
| 50 | - | - | - | - | 19 | 25 | 32 | - | - |
| 70 | - | - | - | - | - | 21 | 26 | 31 | - |
| 95 | - | - | - | - | - | 16 | 20 | 24 | 37 |
| 120 | - | - | - | - | - | - | 16 | 20 | 30 |
| 150 | - | - | - | - | - | - | - | 16 | 24 |
| 185 | - | - | - | - | - | - | - | - | 20 |
| 240 | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 |
| 300 | - | - | - | - | - | - | - | - | 13 |
| 400 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 500 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

# ภาคผนวก C
## ขนาดสายดิน

## หลักการและข้อกำหนด

**ขนาดสายดิน มี 2 แบบคือ**

1. สายต่อลงดินของระบบไฟฟ้า
   ตารางที่ 4.1 ของบทที่ 4
2. สายดินบริภัณฑ์ไฟฟ้า
   ตางรางที่ 4.2 ของบทที่4

## ตัวอย่างที่ C.1

ตัวอย่าง สถานประกอบการแห่งหนึ่ง ใช้ไฟฟ้ามิเตอร์ 400 A 3 เฟส 4 สาย ใช้สายไฟ NYY ขนาด 2 (4 x 150 $mm^2$) ในท่อขนาดกลาง (IMC) 2 x 80 mm (3″) สายต่อหลักดินจะใช้ขนาดเท่าใด

วิธีทำ

- สายเฟสใช้ขนาด 2 x 150 = 300 $mm^2$
- จากตารางที่ 10.1 สายประธานขนาด 185–300 $mm^2$
- ใช้สายต่อหลักดินขนาด 50 $mm^2$

## ตัวอย่างที่ C.2

สายป้อนที่ CB 320A สายดินบริภัณฑ์ไฟฟ้า ขนาดเท่าใด

วิธีทำ

จากตารางที่ 4–2

CB 200A สายดิน 16 $mm^2$

CB 400A สายดิน 25 $mm^2$

CB 320A ใช้สายดิน 25 $mm^2$

### ตารางที่ C–1

ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้า

| ขนาดตัวนำประธาน (ตัวนำทองแดง) ($mm^2$) | ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) ($mm^2$) |
|---|---|
| ไม่เกิน 35 | 10 (หมายเหตุ) |
| เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50 | 16 |
| เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95 | 25 |
| เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185 | 35 |
| เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300 | 50 |
| เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500 | 70 |
| เกิน 500 | 95 |

หมายเหตุ แนะนำให้ติดตั้งในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง ท่อโลหะบาง หรือท่อโลหะ

# ตารางที่ C–2

## ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

| พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินไม่เกิน (AT) | ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) ($mm^2$) |
|---|---|
| 20 | 2.5* |
| 40 | 4* |
| 70 | 6 |
| 100 | 10 |
| 200 | 16 |
| 400 | 25 |
| 500 | 35 |
| 800 | 50 |
| 1000 | 70 |
| 1250 | 95 |
| 2000 | 120 |
| 2500 | 185 |
| 4000 | 240 |
| 6000 | 400 |

หมายเหตุ* หากความยาวของวงจรย่อยเกิน 30 เมตร ให้พิจารณาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า โดยคำนึงถึงค่า earth fault loop impedance ของวงจร

# ภาคผนวก D
# ขนาดสายไฟและท่อตามขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ระบบจ่ายไฟฟ้า 240/416 V ของ ก.ฟ.น.

## หลักการและข้อกำหนด

- ขนาดสายไฟฟ้า ให้คิดมากกว่า ขนาดกระแส AT ของ CB
- สายต่อหลักดิน ใช้ตาม ตารางที่ 4–1

## ตัวอย่างที่ D.1

มิเตอร์ 15 (45 A), 220 V 1 ph ให้หาขนาดสาย IEC 01 เดินร้อยท่อในอากาศ

วิธีทำ

จากตารางใช้ CB 50 A

$I_c$ > 50 A

ตารางที่ 5–20 2 x 16 $mm^2$ (66 A)

สายต่อหลักดิน ใช้ตารางที่ 4–1

สาย 2 x 16 $mm^2$, สายต่อหลักดืน 10 $mm^2$

ขนาดท่อ 20 mm

## ตัวอย่างที่ D.2

มิเตอร์ 200A, 220/380 V 3ph, 4w ให้หาขนาดสาย NVYY แกนเดียว ร้อยท่อฝังดิน

วิธีทำ

จากตารางใช้ CB 250 A

$I_C$ > 250 A

ตารางที่ 5–23 4 x 150 $mm^2$ (266 A)

สายต่อหลักดิน ใช้ตารางที่ 4–1

สาย 4 x 150 $mm^2$, สายต่อหลักดิน 35 $mm^2$

ขนาดท่อ 90 mm

## ตาราง D.1

## ขนาดสายไฟฟ้าตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า

สาย IEC 01

| ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า | เดินลอยในอากาศ | | เดินในท่อร้อยสายในอากาศ | | | CB (A) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | สายต่อหลักดิน ($mm^2$) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm.) | สายต่อหลักดิน ($mm^2$) | |
| 5(15A) 1P | 2x4 | 10 | 2x4 | 15 | 10 | 16 |
| 15(45A) 1P | 2x10 | 10 | 2x16 | 20 | 10 | 50 |
| 30(100A) 1P | 2x25 | 10 | 2x35 | 32 | 10 | 100 |
| 50(150A) 1P | 2x35 | 10 | 2x50 | 40 | 16 | 125 |
| | | | | | | |
| 15(45A) 3P | 4x10 | 10 | 4x16 | 25 | 10 | 50 |
| 30(100A) 3P | 4x25 | 10 | 4x50 | 50 | 16 | 100 |
| 50(150A) 3P | 4x35 | 10 | 4x70 | 50 | 25 | 125 |
| 200A 3P | 4x95 | 25 | 4x185 | 80 | 35 | 250 |
| 400A 3P | 4x300 | 50 | 2(4x185) | 2x80 | 70 | 500 |

# ตาราง D.2

## ขนาดสายไฟฟ้าตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า

### สาย NYY

| ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A) | เดินในท่อร้อยสายในอากาศ | | | เดินในท่อร้อยสายฝังดิน | | | CB (A) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | สายต่อหลักดิน ($mm^2$) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | สายต่อหลักดิน ($mm^2$) | |
| 5(15 A) 1P | 2x4 | 32 | 10 | 2x10 | 32 | 10 | 16 |
| 15(45 A) 1P | 2x16 | 40 | 10 | 2x10 | 32 | 10 | 50 |
| 30(100 A) 1P | 2x35 | 50 | 10 | 2x25 | 40 | 10 | 100 |
| 50(150 A) 1P | 2x50 | 50 | 16 | 2x35 | 50 | 10 | 125 |
| | | | | | | | |
| 15(45 A) 3P | 4x16 | 50 | 10 | 4x10 | 40 | 10 | 50 |
| 30(100 A) 3P | 4x50 | 65 | 16 | 4x35 | 65 | 10 | 100 |
| 50(150A) 3P | 4x70 | 65 | 25 | 4x50 | 65 | 16 | 125 |
| 200A 3P | 4x185 | 90 | 35 | 4x150 | 90 | 35 | 250 |
| 400A 3P | 2(4x185) | 2x90 | 70 | 2(4x185) | 2x90 | 50 | 500 |

## ตาราง D.3

## ขนาดสายไฟฟ้าตามขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า

### สาย XLPE

| ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A) | เดินในท่อร้อยสายในอากาศ | | | เดินในท่อร้อยสายฝังดิน | | | CB (A) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | สายต่อหลักดิน ($mm^2$) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | สายต่อหลักดิน ($mm^2$) | |
| 5(15 A) 1P | 2x4 | 20 | 10 | 2x10 | 25 | 10 | 16 |
| 15(45 A) 1P | 2x10 | 25 | 10 | 2x10 | 25 | 10 | 50 |
| 30(100 A) 1P | 2x25 | 32 | 10 | 2x25 | 32 | 10 | 100 |
| 50(150 A) 1P | 2x35 | 32 | 10 | 2x35 | 40 | 10 | 125 |
| | | | | | | | |
| 15(45 A) 3P | 4x10 | 32 | 10 | 4x10 | 32 | 10 | 50 |
| 30(100 A) 3P | 4x25 | 40 | 10 | 4x25 | 40 | 10 | 100 |
| 50(150A) 3P | 4x35 | 40 | 10 | 4x35 | 40 | 10 | 125 |
| 200A 3P | 4x120 | 65 | 35 | 4x120 | 65 | 35 | 250 |
| 400A 3P | 2(4x120) | 2x65 | 50 | 2(4x150) | 2x80 | 50 | 500 |

# ภาคผนวก E

# ขนาดสายไฟฟ้าตามขนาด CB ในท่อร้อยสาย

## หลักการและข้อกำหนด

- พิกัดกระแสของสายไฟฟ้า ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า AT ของ CB
- พิกัดกระแสของสายไฟฟ้าในท่อร้อยสายการติดตั้งกลุ่มที่ 2, 5

| | | |
|---|---|---|
| สาย PVC | ตารางที่ 5 – 20, | ตารางที่ 5 – 23 |
| สาย XLPE | ตารางที่ 5 – 27, | ตารางที่ 5 – 29 |

- ร้อยท่อฝังดิน ตัวคูณปรับค่า ตารางที่ 5 – 46
- สายดิน ใช้ ตารางที่ 4 – 2
- ขนาดสาย Neutral ต้องทำตาม ข้อ 3.2.4

ขนาดตัวนำ Neutral ของสายป้อนในตาราง

| | | |
|---|---|---|
| CB | 16–200 A | จะให้ใช้ Full Neutral |
| CB | 250–400 A | จะให้ใช้ Full Neutral และ Half Neutral |
| CB | 500–1000 A | จะให้ใช้ Half Neutral |

- การที่ผู้เขียนทำตาราง Half Neutral ให้นั้น เพราะต้องการประหยัด เนื่องจากวงจรจริงขนาดใหญ่นั้น จะต้องออกแบบให้ Balanced กระแสที่ไหลใน Neutral จะน้อยมาก ทำให้สามารถใช้ Neutral ขนาดเล็กลงได้ และมาตรฐานก็อนุญาตให้ใช้ได้ แต่ถ้าผู้ใช้งานอยากใช้แบบ Full Neutral คือขนาดสาย Neutral เท่ากับสาย Phase ก็สามารถทำได้เลยและขนาดท่อร้อยสายยังใช้ขนาดเท่าเดิม เพราะได้เผื่อไว้แล้ว

**ตัวอย่างที่ E.1**

วงจรย่อย 1 เฟส 230 V, 20 A, 32 A, 40 A, 50 A ใช้กับวงจรปกติและวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต จะต้องใช้สายและท่อ ขนาดเท่าใด การติดตั้งกลุ่มที่ 2

วิธีทำ

วรจรปกติใช้สาย IEC 01 (THW) ตารางที่ 5 – 20

CB 20 A 2 x 2.5, G–2.5 $mm^2$ (21 A) $\phi$ 15 mm

CB 32 A 2 x 6, G–4 $mm^2$ (36 A) $\phi$ 15 mm

CB 40 A 2 x 10, G–6 $mm^2$ (50 A) $\phi$ 20 mm

CB 50 A 2 x 10, G–6 $mm^2$ (50 A) $\phi$ 20 mm

วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต ใช้สายทนไฟตารางที่ 5 – 27

CB 20 A 2 x 2.5, G–2.5 $mm^2$ (28 A) $\phi$ 20 mm

CB 32 A 2 x 4, G–4 $mm^2$ (38 A) $\phi$ 25 mm

CB 40 A 2 x 6, G–4 $mm^2$ (49 A) $\phi$ 25 mm

CB 50 A 2 x 10, G–6 $mm^2$ (63 A) $\phi$ 25 mm

**ตัวอย่างที่ E.2**

วงจรสายป้อน 1 เฟส 230 V จ่ายไฟให้โหลดของ 80 A, 230 V ถ้าใช้สาย IEC 01 และ XLPE จะต้องใช้สายและท่อขนาดเท่าใด การติดตั้งกลุ่มที่ 2

วิธีทำ

I = 80 A

ใช้ CB 100 A

CB 100 A

ตารางที่ 4–2 G–10 $mm^2$

**สาย IEC 01**

ตารางที่ 5 – 20 ตัวนำกระแส 2

ใช้สาย 2 x 35 $mm^2$, G–10 $mm^2$ (109 A)

ขนาดท่อ 32 mm

**สาย XLPE**

ตารางที่ 5 – 27 ตัวนำกระแส 2

ใช้สาย 2 x 25 $mm^2$, G–10 $mm^2$ (108 A)

ขนาดท่อ 32 mm

**ตัวอย่างที่ E.3**

CB 200 A, 3 ph, 4 w 230 / 400 V ให้หาขนาดสาย IEC 01 และ ขนาดท่อการติดตั้งกลุ่มที่ 2

วิธีทำ

$I_c$ > 200 A

ตารางที่ 5 – 20 สาย IEC 01, 4 x 120 $mm^2$ (208 A)

สายดิน ใช้ตารางที่ 4–2

CB 200 A, G–16 $mm^2$

4 x 120, G–16 $mm^2$

ขนาดท่อ 65 mm **ตาราง E–3**

**ตัวอย่างที่ E.4**

CB 500 A, 3 ph, 4 w 230 / 400 V ร้อยท่อฝังดิน ท่อวางชิดกันให้หาขนาดสาย XLPE และท่อใช้ 2 ควบ

วิธีทำ

CB 500 A ตารางที่ 4–2 สายดิน G–35 $mm^2$

2 ท่อวางชิดกันตัวคูณปรับค่า ตารางที่ 5 – 46, Cg = 0.85

$I_c$ = 500 / (2 x 0.85) = 294 A

ตารางที่ 5–29 สาย 150 $mm^2$ (312 A)

2 (3 x 150, 1 x 95, G–35 $mm^2$)

ขนาดท่อ 80 mm **ตาราง E – 13**

## ตาราง E – 1

วงจร 1 เฟส, 2 สาย สาย PVC แกนเดียว ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| CB (A) | สาย PVC แกนเดียว | | |
|---|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | IEC 01 (THW) ขนาดท่อ (mm) | NYY ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 2x2.5 , G-2.5 | 15 | 32 |
| 20 | 2x2.5 , G-2.5 | 15 | 32 |
| 25 | 2x4 , G-4 | 15 | 32 |
| 32 | 2x6 , G-4 | 15 | 32 |
| 40 | 2x10 , G-4 | 20 | 40 |
| 50 | 2x10 , G-6 | 20 | 40 |
| 63 | 2x16 , G-6 | 25 | 40 |
| 80 | 2x25 , G-10 | 32 | 40 |
| 100 | 2x35 , G-10 | 32 | 50 |
| 125 | 2x50 , G-16 | 40 | 50 |
| 160 | 2x70 , G-16 | 40 | 65 |
| 200 | 2x95 , G-16 | 50 | 65 |

## ตาราง E – 2

วงจร 3 เฟส, 4 สาย สาย IEC 01 ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| CB (A) | Full Neutral | | Half Neutral | |
|---|---|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 4x2.5 , G-2.5 | 15 | - | - |
| 20 | 4x4 , G-2.5 | 20 | - | - |
| 25 | 4x6 , G-4 | 20 | - | - |
| 32 | 4x10 , G-4 | 25 | - | - |
| 40 | 4x10 , G-4 | 25 | - | - |
| 50 | 4x16 , G-6 | 32 | - | - |
| 63 | 4x25 , G-6 | 32 | - | - |
| 80 | 4x35 , G-10 | 40 | - | - |
| 100 | 4x50 , G-10 | 50 | - | - |
| 125 | 4x70 , G-16 | 50 | - | - |
| 160 | 4x95 , G-16 | 65 | - | - |
| 200 | 4x120 , G-16 | 65 | - | - |
| 250 | 4x185 , G-25 | 80 | 3x185 ,1x95 ,G-25 | 80 |
| 320 | 4x300 , G-25 | 100 | 3x300 ,1x150 ,G-25 | 90 |
| 400 | 4x400 , G-25 | 125 | 3x400 ,1x240 ,G-25 | 125 |
| 500 | - | - | 2 (3x185 ,1x95 , G-35) | 2x80 |
| 630 | - | - | 2 (3x300 ,1x150 , G-50) | 2x100 |
| 800 | - | - | 2 (3x400 ,1x240 , G-50) | 2x125 |
| 1000 | - | - | 3 (3x300 ,1x150 , G-70) | 3x100 |

## ตาราง E – 3

วงจร 3 เฟส, 4 สาย สาย NYY แกนเดียว ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| CB (A) | Full Neutral | | Half Neutral | |
|---|---|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 4x2.5 , G-2.5 | 40 | - | - |
| 20 | 4x4 , G-2.5 | 40 | - | - |
| 25 | 4x6 , G-4 | 40 | - | - |
| 32 | 4x10 , G-4 | 50 | - | - |
| 40 | 4x10 , G-4 | 50 | - | - |
| 50 | 4x16 , G-6 | 50 | - | - |
| 63 | 4x25 , G-6 | 50 | - | - |
| 80 | 4x35 , G-10 | 65 | - | - |
| 100 | 4x50 , G-10 | 65 | - | - |
| 125 | 4x70 , G-16 | 65 | - | - |
| 160 | 4x95 , G-16 | 80 | - | - |
| 200 | 4x120 , G-16 | 80 | - | - |
| 250 | 4x185 , G-25 | 100 | 3x185 , 1x95 , G-25 | 90 |
| 320 | 4x300 , G-25 | 125 | 3x300 , 1x150 , G-25 | 100 |
| 400 | 2 (4x120 , G-25) | 2x80 | 2 (3x120 , 1x70 , G-25) | 2x80 |
| 500 | - | - | 2 (3x185 , 1x95 , G-35) | 2x90 |
| 630 | - | - | 2 (3x300 , 1x150 , G-50) | 2x100 |
| 800 | - | - | 2 (3x400 , 1x240 , G-50) | 2x125 |
| 1000 | - | - | 3 (3x300 , 1x150 , G-70) | 3x125 |

## ตาราง E – 4

วงจร 1 เฟส, 2 สาย สาย NYY แกนเดียว ร้อยท่อฝังดิน การติดตั้งกลุ่มที่ 5

| CB (A) | สาย NYY แกนเดียว | |
|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 2x2.5 , G-2.5 | 32 |
| 20 | 2x2.5 , G-2.5 | 32 |
| 25 | 2x2.5 , G-2.5 | 32 |
| 32 | 2x4 , G-4 | 32 |
| 40 | 2x6 , G-4 | 32 |
| 50 | 2x10 , G-6 | 40 |
| 63 | 2x16 , G-6 | 40 |
| 80 | 2x16 , G-6 | 40 |
| 100 | 2x25 , G-10 | 40 |
| 125 | 2x35 , G-16 | 50 |
| 160 | 2x70 , G-16 | 65 |
| 200 | 2x95 , G-16 | 65 |

## ตาราง E – 5

วงจร 3 เฟส, 4 สาย สาย NYY แกนเดียว ร้อยท่อฝังดิน การติดตั้งกลุ่มที่ 5

| CB (A) | Full Neutral | | Half Neutral | |
|---|---|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 4x2.5 , G-2.5 | 40 | - | - |
| 20 | 4x2.5 , G-2.5 | 40 | - | - |
| 25 | 4x4 , G-4 | 40 | - | - |
| 32 | 4x4 , G-4 | 40 | - | - |
| 40 | 4x4 , G-4 | 40 | - | - |
| 50 | 4x10 , G-6 | 50 | - | - |
| 63 | 4x16 , G-6 | 50 | - | - |
| 80 | 4x25 , G-10 | 65 | - | - |
| 100 | 4x35 , G-10 | 65 | - | - |
| 125 | 4x50 , G-16 | 65 | - | - |
| 160 | 4x70 , G-16 | 80 | - | - |
| 200 | 4x95 , G-16 | 80 | - | - |
| 250 | 4x150 , G-25 | 100 | 3x150 , 1x95 , G-25 | 100 |
| 320 | - | - | 3x240 , 1x120 , G-25 | 100 |
| 400 | - | - | 3x300 , 1x150 , G-25 | 125 |
| 500 | - | - | 2(3x185 , 1x95 , G-35) | 2x90 |
| 630 | - | - | 2(3x300,1x150 , G-50) | 2x125 |
| 800 | - | - | 3(3x240,1x120 , G-50) | 3x100 |
| 1000 | - | - | 3(3x400 , 1x240 , G-70) | 3x125 |

## ตาราง E – 6

วงจร 1 เฟส, 2 สาย สาย PVC หลายแกน ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| CB (A) | สาย IEC10 , NYY หลายแกน | |
|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 2/Cx2.5 , G-2.5 | 25 |
| 20 | 2/Cx2.5 , G-2.5 | 25 |
| 25 | 2/Cx4 , G-4 | 25 |
| 32 | 2/Cx6 , G-4 | 32 |
| 40 | 2/Cx10 , G-4 | 40 |
| 50 | 2/Cx16 , G-6 | 40 |
| 63 | 2/Cx25 , G-6 | 50 |
| 80 | 2/Cx35 , G-10 | 65 |
| 100 | 2/Cx50 , G-10 | 65 |
| 125 | 2/Cx70 , G-16 | 80 |
| 160 | 2/Cx95 , G-16 | 80 |
| 200 | 2/Cx120 , G-16 | 90 |

## ตาราง E – 7

วงจร 3 เฟส, 4 สาย สาย PVC หลายแกน ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| CB (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 4/Cx2.5 , G-2.5 | 32 | - | - |
| 20 | 4/Cx4 , G-2.5 | 32 | - | - |
| 25 | 4/Cx6 , G-4 | 32 | - | - |
| 32 | 4/Cx10 , G-4 | 40 | - | - |
| 40 | 4/Cx10 , G-4 | 40 | - | - |
| 50 | 4/Cx16 , G-6 | 50 | - | - |
| 63 | 4/Cx25 , G-6 | 65 | - | - |
| 80 | 4/Cx35 , G-10 | 65 | - | - |
| 100 | 4/Cx50 , G-10 | 80 | - | - |
| 125 | 4/Cx70 , G-16 | 90 | - | - |
| 160 | 4/Cx120 , G-16 | 125 | - | - |
| 200 | 4/Cx185 , G-16 | 125 | - | - |
| 250 | 4/Cx240 , G-25 | 150 | - | - |
| 320 | 2(4/Cx120, G-25) | 2x125 | - | - |
| 400 | 2(4/Cx185, G-35) | 2x125 | - | - |
| 500 | 2(4/Cx240, G-35) | 2x150 | 3(4/Cx120, G-35) | 3x125 |
| 630 | 3(4/Cx185,G-50) | 3x125 | 4(4/Cx120, G-50) | 4x125 |
| 800 | 4(4/Cx185, G-50) | 4x125 | 5(4/Cx120, G-50) | 5x125 |
| 1000 | 4(4/Cx240, G-70) | 4x150 | 5(4/Cx185, G-70) | 5x125 |

## ตาราง E – 8

วงจร 1 เฟส, 2 สาย สาย PVC หลายแกน ร้อยท่อฝังดิน การติดตั้งกลุ่มที่ 5

| CB (A) | สาย IEC10,NYY หลายแกน | |
|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 2/Cx2.5 , G-2.5 | 25 |
| 20 | 2/Cx2.5 , G-2.5 | 25 |
| 25 | 2/Cx2.5 , G-2.5 | 25 |
| 32 | 2/Cx4 , G-4 | 32 |
| 40 | 2/Cx6 , G-4 | 32 |
| 50 | 2/Cx10 , G-6 | 40 |
| 63 | 2/Cx16 , G-6 | 50 |
| 80 | 2/Cx16 , G-10 | 50 |
| 100 | 2/Cx25 , G-10 | 65 |
| 125 | 2/Cx35 , G-16 | 65 |
| 160 | 2/Cx70 , G-16 | 80 |
| 200 | 2/Cx95 , G-16 | 80 |

## ตาราง E – 9

วงจร 3 เฟส, 4 สาย สาย PVC หลายแกน ร้อยท่อฝังดิน การติดตั้งกลุ่มที่ 5

| CB (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 4/Cx2.5 , G-2.5 | 25 | - | - |
| 20 | 4/Cx2.5 , G-2.5 | 25 | - | - |
| 25 | 4/Cx2.5 , G-2.5 | 25 | - | - |
| 32 | 4/Cx4 , G-4 | 32 | - | - |
| 40 | 4/Cx6 , G-4 | 40 | - | - |
| 50 | 4/Cx10 , G-6 | 50 | - | - |
| 63 | 4/Cx16 , G-6 | 65 | - | - |
| 80 | 4/Cx25 , G-10 | 65 | - | - |
| 100 | 4/Cx35 , G-10 | 80 | - | - |
| 125 | 4/Cx50 , G-16 | 80 | - | - |
| 160 | 4/Cx70 , G-16 | 90 | - | - |
| 200 | 4/Cx90 , G-16 | 100 | - | - |
| 250 | 4/Cx150 , G-25 | 125 | - | - |
| 320 | 4/Cx240, G-25 | 150 | - | - |
| 400 | 2(4/Cx150, G-25) | 2x125 | - | - |
| 500 | 2(4/Cx185, G-35) | 2x125 | - | - |
| 630 | 3(4/Cx185, G-50) | 3x125 | 4(4/Cx120, G-50) | 4x100 |
| 800 | 3(4/Cx240, G-50) | 3x150 | 4(4/Cx185, G-50) | 4x125 |
| 1000 | 4(4/Cx240, G-70) | 4x150 | - | - |

## ตาราง E – 10

วงจร 1 เฟส, 2 สาย สาย XKPE แกนเดียว ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| CB (A) | สาย XLPE แกนเดียว | |
|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 2x2.5 , G-2.5 | 20 |
| 20 | 2x2.5 , G-2.5 | 20 |
| 25 | 2x2.5 , G-2.5 | 20 |
| 32 | 2x4 , G-4 | 25 |
| 40 | 2x6 , G-4 | 25 |
| 50 | 2x10 , G-6 | 25 |
| 63 | 2x10 , G-6 | 25 |
| 80 | 2x16 , G-10 | 32 |
| 100 | 2x25 , G-10 | 32 |
| 125 | 2x35 , G-16 | 40 |
| 160 | 2x50 , G-16 | 40 |
| 200 | 2x70 , G-16 | 50 |

## ตาราง E – 11

วงจร 3 เฟส, 4 สาย สาย XLPE แกนเดียว ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| CB (A) | Full Neutral | | Half Neutral | |
|---|---|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 4x2.5 , G-2.5 | 25 | - | - |
| 20 | 4x2.5 , G-2.5 | 25 | - | - |
| 25 | 4x4 , G-4 | 32 | - | - |
| 32 | 4x4 , G-4 | 32 | - | - |
| 40 | 4x6 , G-4 | 32 | - | - |
| 50 | 4x10 , G-6 | 32 | - | - |
| 63 | 4x16 , G-6 | 40 | - | - |
| 80 | 4x25 , G-10 | 40 | - | - |
| 100 | 4x25 , G-10 | 40 | - | - |
| 125 | 4x35 , G-16 | 50 | - | - |
| 160 | 4x70 , G-16 | 65 | - | - |
| 200 | 4x70 , G-16 | 65 | - | - |
| 250 | 4x120 , G-25 | 65 | 3x120 , 1x70 , G-25 | 65 |
| 320 | 4x185 , G-25 | 80 | 3x185 , 1x95 , G-25 | 80 |
| 400 | 4x240 , G-25 | 90 | 3x240 , 1x120 , G-25 | 90 |
| 500 | - | - | 2 (3x120 , 1x70, G-35) | 2x65 |
| 630 | - | - | 2 (3x185 , 1x95 , G-50) | 2x80 |
| 800 | - | - | 2(3x240 , 1x120 , G-50) | 2x90 |
| 1000 | - | - | 3(3x185 , 1x95 , G-70) | 3x80 |

## ตาราง E – 12

วงจร 1 เฟส, 2 สาย สาย XLPE แกนเดียว ร้อยท่อฝังดิน การติดตั้งกลุ่มที่ 5

| CB (A) | สาย XLPE แกนเดียว | |
|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 2x2.5 , G-2.5 | 20 |
| 20 | 2x2.5 , G-2.5 | 20 |
| 25 | 2x2.5 , G-2.5 | 25 |
| 32 | 2x2.5 , G-2.5 | 25 |
| 40 | 2x4 , G-4 | 25 |
| 50 | 2x6 , G-6 | 25 |
| 63 | 2x10 , G-6 | 25 |
| 80 | 2x16 , G-10 | 32 |
| 100 | 2x25 , G-10 | 32 |
| 125 | 2x35 , G-16 | 40 |
| 160 | 2x50 , G-16 | 40 |
| 200 | 2x70 , G-16 | 50 |

## ตาราง E – 13

วงจร 3 เฟส, 4 สาย สาย XLPE แกนเดียว ร้อยท่อฝังดิน การติดตั้งกลุ่มที่ 5

| CB (A) | Full Neutral | | Half Neutral | |
|---|---|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 4x2.5 , G-2.5 | 25 | - | - |
| 20 | 4x2.5 , G-2.5 | 25 | - | - |
| 25 | 4x2.5 , G-4 | 32 | - | - |
| 32 | 4x4 , G-4 | 32 | - | - |
| 40 | 4x6 , G-4 | 32 | - | - |
| 50 | 4x10 , G-6 | 32 | - | - |
| 63 | 4x10 , G-6 | 32 | - | - |
| 80 | 4x16 , G-10 | 40 | - | - |
| 100 | 4x25 , G-10 | 50 | - | - |
| 125 | 4x35 , G-16 | 50 | - | - |
| 160 | 4x70 , G-16 | 65 | - | - |
| 200 | 4x95 , G-16 | 65 | - | - |
| 250 | 4x120 , G-25 | 80 | 3x120 , 1x70 , G-25 | 80 |
| 320 | - | - | 3x185 , 1x95 , G-25 | 80 |
| 400 | - | - | 3x240 , 1x120 , G-25 | 90 |
| 500 | - | - | 2 (3x150 , 1x95 , G-35) | 2x80 |
| 630 | - | - | 2 (3x240 , 1x120 , G-50) | 2x90 |
| 800 | - | - | 2 (3x300 , 1x150 , G-50) | 2x100 |
| 1000 | - | - | 3(3x300 , 1x150 , G-70) | 3x100 |

## ตาราง E – 14

วงจร 1 เฟส, 2 สาย สาย XLPE หลายแกน ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| CB (A) | สาย XLPE หลายแกน | |
|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 2/Cx2.5 , G-2.5 | 25 |
| 20 | 2/Cx2.5 , G-2.5 | 25 |
| 25 | 2/Cx2.5 , G-2.5 | 25 |
| 32 | 2/Cx4 , G-4 | 25 |
| 40 | 2/Cx6 , G-4 | 32 |
| 50 | 2/Cx10 , G-6 | 32 |
| 63 | 2/Cx10 , G-6 | 32 |
| 80 | 2/Cx16 , G-10 | 40 |
| 100 | 2/Cx25 , G-10 | 40 |
| 125 | 2/Cx35 , G-16 | 50 |
| 160 | 2/Cx70 , G-16 | 65 |
| 200 | 2/Cx70 , G-16 | 65 |

## ตาราง E – 15

วงจร 3 เฟส, 4 สาย สาย XLPE หลายแกน ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| CB (A) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 4/Cx2.5 , G-2.5 | 25 | - | - |
| 20 | 4/Cx2.5 , G-2.5 | 25 | - | - |
| 25 | 4/Cx4 , G-4 | 32 | - | - |
| 32 | 4/Cx4 , G-4 | 32 | - | - |
| 40 | 4/Cx6 , G-4 | 32 | - | - |
| 50 | 4/Cx10 , G-6 | 40 | - | - |
| 63 | 4/Cx16 , G-6 | 40 | - | - |
| 80 | 4/Cx25 , G-10 | 50 | - | - |
| 100 | 4/Cx35 , G-10 | 50 | - | - |
| 125 | 4/Cx50 , G-16 | 65 | - | - |
| 160 | 4/Cx70 , G-16 | 65 | - | - |
| 200 | 4/Cx95 , G-16 | 80 | - | - |
| 250 | 4/Cx150 , G-25 | 90 | - | - |
| 320 | 4/Cx240 , G-25 | 125 | - | - |
| 400 | 4/Cx300 , G-25 | 125 | 2 (4/Cx95 , G-25) | 2x80 |
| 500 | 2 (4/Cx150 , G-35) | 2x90 | 3 (4/Cx70 , G-35) | 3x65 |
| 630 | 2 (4/Cx240 , G-50) | 2x125 | 3 (4/Cx95 , G-50) | 3x80 |
| 800 | 2 (4/Cx300 , G-50) | 2x125 | 3 (4/Cx150 , G-50) | 3x100 |
| 1000 | 3 (4/Cx240 , G-70) | 3x125 | 4 (4/Cx150 , G-70) | 4x100 |

## ตาราง E – 16

วงจร 1 เฟส, 2 สาย สาย XLPE หลายแกน ร้อยท่อฝังดิน การติดตั้งกลุ่มที่ 5

| CB (A) | สาย XLPE หลายแกน | |
|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 2/Cx2.5 , G-2.5 | 25 |
| 20 | 2/Cx2.5 , G-2.5 | 25 |
| 25 | 2/Cx2.5 , G-2.5 | 25 |
| 32 | 2/Cx2.5 , G-2.5 | 25 |
| 40 | 2/Cx4 , G-4 | 25 |
| 50 | 2/Cx6 , G-6 | 32 |
| 63 | 2/Cx10 , G-6 | 32 |
| 80 | 2/Cx16 , G-10 | 40 |
| 100 | 2/Cx25 , G-10 | 40 |
| 125 | 2/Cx35 , G-16 | 50 |
| 160 | 2/Cx50 , G-16 | 50 |
| 200 | 2/Cx70 , G-16 | 65 |

## ตาราง E – 17

วงจร 3 เฟส, 4 สาย สาย XLPE หลายแกน ร้อยท่อฝังดิน การติดตั้งกลุ่มที่ 5

| CB (A) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
| 16 | 4/Cx2.5 , G-2.5 | 25 | - | - |
| 20 | 4/Cx2.5 , G-2.5 | 25 | - | - |
| 25 | 4/Cx2.5 , G-2.5 | 25 | - | - |
| 32 | 4/Cx4 , G-4 | 32 | - | - |
| 40 | 4/Cx6 , G-4 | 40 | - | - |
| 50 | 4/Cx10 , G-6 | 50 | - | - |
| 63 | 4/Cx10 , G-6 | 50 | - | - |
| 80 | 4/Cx16 , G-10 | 65 | - | - |
| 100 | 4/Cx25 , G-10 | 80 | - | - |
| 125 | 4/Cx35 , G-16 | 80 | - | - |
| 160 | 4/Cx70 , G-16 | 90 | - | - |
| 200 | 4/Cx95 , G-16 | 100 | - | - |
| 250 | 4/Cx120 , G-25 | 125 | - | - |
| 320 | 4/Cx185 , G-25 | 125 | - | - |
| 400 | 4/Cx240 , G-25) | 150 | - | - |
| 500 | 2 (4/Cx150 , G-35) | 2x125 | 3 (4/Cx95 , G-35) | 3x100 |
| 630 | 2 (4/Cx240 , G-50) | 3x150 | 3 (4/Cx150 , G-50) | 3x125 |
| 800 | 3 (4/Cx185 , G-50) | 3x125 | 4 (4/Cx150 , G-50) | 4x125 |
| 1000 | 4 (4/Cx240 , G-70) | 4x150 | 5 (4/Cx150 , G-70) | 5x125 |

# ภาคผนวก F

## ขนาดสายไฟตามขนาด CB บนรางเคเบิล Cable Trays

### หลักการและข้อกำหนด

- พิกัดกระแสของสายไฟฟ้า ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า AT ของ CB
- พิกัดกระแสของสายไฟฟ้าบนรางเคเบิล Cable Trays การติดตั้งกลุ่มที่ 7

  สาย PVC ตารางที่ 5 – 30

  สาย XLPE ตารางที่ 5 – 32
- ตัวคูณปรับค่า ตารางที่ 5 – 40
- ขนาด Tray $W \geq 1.25 \sum D$
- การที่ผู้เขียนทำตาราง Half Neutral ให้นั้น เพราะต้องการประหยัด เนื่องจากวงจรจริงขนาดใหญ่นั้น จะต้องออกแบบให้ Balanced กระแสที่ไหลใน Neutral จะน้อยมาก ทำให้สามารถใช้ Neutral ขนาดเล็กลงได้ และมาตรฐานก็อนุญาตให้ใช้ได้ แต่ถ้าผู้ใช้งานอยากใช้แบบ Full Neutral คือขนาดสาย Neutral เท่ากับสาย Phase ก็สามารถทำได้เลย และขนาดรางเคเบิลยังใช้ขนาดเท่าเดิมได้ เพราะได้เผื่อไว้แล้ว

**ตัวอย่างที่ F.1**

สายป้อน, 3 ph, 4 w 230 / 400 V CB 500 A ใช้ XLPE แกนเดียวเดินบนรางเคเบิล Cable Trays แบบระบายอากาศ ให้หาขนาดสาย

วิธีทำ

CB 500 A ตารางที่ 4 – 2 สายดิน G – 35 $mm^2$

การติดตั้งแลุ่มที่ 7 ตารางที่ 5 – 32

สาย XLPE, 240 $mm^2$ I = 577 A

3 x 240, 1 x 120 $mm^2$ G – 35 $mm^2$ **ตาราง F – 4**

**ตัวอย่างที่ F.2**

สายป้อน, 3 ph, 4 w 230 / 400 V CB 1000 A ใช้ XLPE แกนเดียวเดินบนรางเคเบิล Cable Trays แบบบันได ให้หาขนาดสายและขนาด Tray ใช้ควบ 2

วิธีทำ

CB 1000 A ตารางที่ 4 – 2 สายดิน G – 70 $mm^2$

การติดตั้งกลุ่มที่ 7 ตารางที่ 5 – 32

ควบ 2 Cable Trays แบบบันได ตารางที่ 5 – 40 $C_g$ = 0.97

$I_c$ = 1000 / (2 x 0.97) = 516 A

2 (3 x 240, 1 x 120 $mm^2$ G – 70 $mm^2$) 577 A

ขนาด Tray W $\geq$ 1.25 $\sum$ D

= 1.25 x 2 (3 x 26.5 + 19.5 + 15.5)

= 286 mm

= 300 mm **ตาราง F – 5**

**ตัวอย่างที่ F.3**

สายป้อน, 3 ph, 4 w 230 / 400 V CB 500 A ใช้ NYY แกนเดียวเดินบนรางเคเบิล Cable Trays แบบล่างทึบไม่มีฝาปิด ให้หาขนาดสาย ใช้ควบ 2 และ 3 ชุด

วิธีทำ

CB 500 A ตารางที่ 4 – 2 สายดิน G – 35 $mm^2$

การติดตั้งกลุ่มที่ 7 NYY แกนเดียว

ควบ 2 รางเคเบิล Cable Trays แบบล่างทึบไม่มีฝาปิด

ตารางที่ 5 – 41 $C_g$ = 0.84

$I_c$ = 500 / (2 x 0.84) = 298 A

ตารางที่ 5 – 31

2 (3 x 150, 1 x 95 $mm^2$ G – 35 $mm^2$) 304 A

ควบ 3 รางเคเบิล Cable Trays แบบล่างทึบไม่มีฝาปิด

ตารางที่ 5 – 41 $C_g$ = 0.78

$I_c$ = 500 / (3 x 0.78) = 214 A

ตารางที่ 5 – 31

3 (3 x 95, 1 x 50 $mm^2$ G – 35 $mm^2$) 227 A ตาราง F – 3

## ตาราง F – 1

ขนาดสาย NYY แกนเดียว ตาม CB บนรางเคเบิลระบายอากาศ

| CB (A) | ขนาดสายไฟฟ้า ($mm^2$) | ขนาดรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|
| 100 | 4 x 35 , G – 10 | 100 |
| 125 | 4 x 50 , G – 16 | 100 |
| 160 | 4 x 70 , G – 16 | 100 |
| 200 | 4 x 95 , G – 16 | 100 |
| 250 | 4 x 120 , G – 25<br>3 x 120 , 1 x 70 , G – 25 | 200<br>200 |
| 320 | 4 x 150 , G – 25<br>3 x 150 , 1 x 95 G – 25 | 200<br>200 |
| 400 | 4 x 240 , G – 25<br>3 x 240 , 1 x 120 , G – 25 | 200<br>200 |
| 500 | 3 x 300 , 1 x 150 , G – 35<br>2 (3 x 120 , 1 x 70 , G – 35) | 200<br>300 |
| 630 | 2 (3 X 185 , 1 X 95 , G -50)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70 , G – 50) | 300<br>400 |
| 800 | 2 (3 x 240 , 1 x 120 , G – 50)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95 , G – 50) | 300<br>400 |
| 1000 | 3 (3 x 240 , 1 x 120 , G – 70)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95 , G – 70) | 500<br>500 |

## ตาราง F – 2

ขนาดสาย NYY แกนเดียว ตาม CB บนรางเคเบิลบันได

| CB (A) | ขนาดสายไฟฟ้า ($mm^2$) | ขนาดรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|
| 100 | 4 x 35 , G – 10 | 200 |
| 125 | 4 x 50 , G – 16 | 200 |
| 160 | 4 x 70 , G – 16 | 200 |
| 200 | 4 x 95 , G – 16 | 200 |
| 250 | 4 x 120 , G – 25<br>3 x 120 , 1 x 70 , G – 25 | 200<br>200 |
| 320 | 4 x 150 , G – 25<br>3 x 150 , 1 x 95 G – 25 | 200<br>200 |
| 400 | 4 x 240 , G – 25<br>3 x 240 , 1 x 120 , G – 25 | 200<br>200 |
| 500 | 3 x 300 , 1 x 150 , G – 35<br>2 (3 x 120 , 1 x 70 , G – 35) | 200<br>300 |
| 630 | 2 (3 X 185 , 1 X 95 , G -50)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50 , G – 50) | 300<br>300 |
| 800 | 2 (3 x 240 , 1 x 120 , G – 50)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70 , G – 50) | 300<br>400 |
| 1000 | 3 (3 x 185 , 1 x 95 , G – 70)<br>4 (3 x 120 , 1 x 70 , G – 70) | 400<br>500 |

## ตาราง F – 3

ขนาดสาย NYY แกนเดียว ตาม CB บนรางเคเบิลล่างทึบไม่มีฝาปิด

| CB (A) | ขนาดสายไฟฟ้า ($mm^2$) | ขนาดรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|
| 100 | 4 x 35 , G – 10 | 100 |
| 125 | 4 x 50 , G – 16 | 100 |
| 160 | 4 x 70 , G – 16 | 100 |
| 200 | 4 x 95 , G – 16 | 100 |
| 250 | 4 x 120 , G – 25<br>3 x 120 , 1 x 70 , G – 25 | 200<br>200 |
| 320 | 4 x 185 , G – 25<br>3 x 185 , 1 x 95 G – 25 | 200<br>200 |
| 400 | 4 x 300 , G – 25<br>3 x 300 , 1 x 150 , G – 25 | 200<br>200 |
| 500 | 2 (3 x 150 , 1 x 95 , G – 35)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50 , G – 35) | 300<br>300 |
| 630 | 2 (3 X 240 , 1 X 120 , G -50)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95 , G – 50) | 300<br>400 |
| 800 | 3 (3 x 185 , 1 x 95 , G – 50)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95 , G – 50) | 400<br>400 |
| 1000 | 3 (3 x 300 , 1 x 150 , G – 70)<br>4 (3 x 185 , 1 x 95 , G – 70) | 500<br>500 |

## ตาราง F – 4

ขนาดสาย XLPE แกนเดียว ตาม CB บนรางเคเบิลระบายอากาศ

| CB (A) | ขนาดสายไฟฟ้า ($mm^2$) | ขนาดรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|
| 100 | 4 x 25 , G – 10 | 100 |
| 125 | 4 x 25 , G – 16 | 100 |
| 160 | 4 x 35 , G – 16 | 100 |
| 200 | 4 x 70 , G – 16 | 100 |
| 250 | 4 x 70 , G – 25<br>3 x 70 , 1 x 50 , G – 25 | 100<br>100 |
| 320 | 4 x 120 , G – 25<br>3 x 120 , 1 x 70 , G – 25 | 100<br>100 |
| 400 | 4 x 150 , G – 25<br>3 x 150 , 1 x 95 , G – 25 | 100<br>100 |
| 500 | 3 x 240 , 1 x 120 , G – 35<br>2 (3 x 95 , 1 x 50 , G – 35) | 200<br>200 |
| 630 | 3 (3 X 300 , 1 X 150 , G -50)<br>2 (3 x 120 , 1 x 70 , G – 50) | 200<br>200 |
| 800 | 2 (3 x 185 , 1 x 95 , G – 50)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50 , G – 50) | 300<br>300 |
| 1000 | 2 (3 x 240 , 1 x 120 , G – 70)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95 , G – 70) | 300<br>300 |

## ตาราง F – 5

ขนาดสาย XLPE แกนเดียว ตาม CB บนรางเคเบิลบันได

| CB (A) | ขนาดสายไฟฟ้า ($mm^2$) | ขนาดรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|
| 100 | 4 x 25 , G – 10 | 100 |
| 125 | 4 x 25 , G – 16 | 100 |
| 160 | 4 x 35 , G – 16 | 100 |
| 200 | 4 x 70 , G – 16 | 100 |
| 250 | 4 x 70 , G – 25<br>3 x 70 , 1 x 50 , G – 25 | 100<br>100 |
| 320 | 4 x 120 , G – 25<br>3 x 120 , 1 x 70 , G – 25 | 100<br>100 |
| 400 | 4 x 150 , G – 25<br>3 x 150 , 1 x 95 , G – 25 | 100<br>100 |
| 500 | 3 x 240 , 1 x 120 , G – 35<br>2 (3 x 95 , 1 x 50 , G – 35) | 200<br>200 |
| 630 | 3 (3 X 300 , 1 X 150 , G -50)<br>2 (3 x 120 , 1 x 70 , G – 50) | 200<br>200 |
| 800 | 2 (3 x 150 , 1 x 95 , G – 50)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50 , G – 50) | 200<br>300 |
| 1000 | 2 (3 x 240 , 1 x 120 , G – 70)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70 , G – 70) | 300<br>300 |

## ตาราง F – 6

ขนาดสาย XLPE แกนเดียว ตาม CB บนรางเคเบิลล่างทึบไม่มีฝาปิด

| CB (A) | ขนาดสายไฟฟ้า ($mm^2$) | ขนาดรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|
| 100 | 4 x 25 , G – 10 | 100 |
| 125 | 4 x 35 , G – 16 | 100 |
| 160 | 4 x 50 , G – 16 | 100 |
| 200 | 4 x 70 , G – 16 | 100 |
| 250 | 4 x 95 , G – 25<br>3 x 95 , 1 x 50 , G – 25 | 100<br>100 |
| 320 | 4 x 120 , G – 25<br>3 x 120 , 1 x 70 , G – 25 | 100<br>100 |
| 400 | 4 x 185 , G – 25<br>3 x 185 , 1 x 95 , G – 25 | 200<br>200 |
| 500 | 4 x 240 , G – 35<br>3 x 240 , 1 x 120 , G – 35 | 200<br>200 |
| 630 | 2 (3 X 150 , 1 X 95 , G -50)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50 , G – 50) | 200<br>200 |
| 800 | 2 (3 x 240 , 1 x 120 , G – 50)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70 , G – 50) | 300<br>300 |
| 1000 | 2 (3 x 300 , 1 x 150 , G – 70)<br>3 (3 x 185 , 1 x 95 , G – 70) | 300<br>300 |

# ภาคผนวก G

## สายเมนหม้อแปลง LV 230 / 400 V, 240 / 416 V

## หลักการและข้อกำหนด

- สายเมนทางด้าน LV ของหม้อแปลง เป็นสายประธานที่สำคัญที่สุด และใหญ่ที่สุด เนื่องจากกระแสสูงมากการเดินสายเมนหม้อแปลง จึงนิยมทำใน
    1) รางเคเบิล การติดตั้งกลุ่มที่ 7
    2) ท่อร้อยสาย การติดตั้งกลุ่มที่ 2, 5
- ตาม ข้อ 6.4.3 การป้องกันกระแสเกินหม้อแปลงที่มี % U ไม่เกิน 6% ขนาดปรับตั้งของ CB ต้องไม่เกิน 125% กระแสพิกัดหม้อแปลงตาม ข้อ 9.1.10 ตัวนำประธานแรงต่ำของหม้อแปลงตัวนำประธานแรงต่ำของหม้อแปลง ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าเครื่องป้องกันกระแสเกิน
- ขนาดสายเมนในที่นี้ให้คิดไม่น้อยกว่า 125% ของกระแสพิกัดหม้อแปลง
- ขนาดสาย Neutral ให้ทำตาม ข้อ 3.4
- สำหรับตารางขนาดสาย Neutral ให้คิดไม่น้อยกว่า 50% ของสาย Phase แต่ถ้าผู้ใช้งานอยากใช้แบบ Full Neutral คือขนาดสาย Neutral เท่ากับ สาย Phase ก็สามารถทำได้เลย ขนาดรางเคเบิล ท่อร้อยสาย ยังใช้ขนาดเท่าเดิม เพราะได้เผื่อไว้แล้ว
- ขนาด Tray $W \geq 1.25 \sum D$

**ตัวอย่างที่ G.1**

สายเมนแรงต่ำจากหม้อแปลงเดินบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศ

หม้อแปลง 1000 kVA, 22 kV / 230 – 400 VAmbient Temperature 40°C

ใช้สาย XLPE แกนเดียว 0.6 / 1 kV

ใช้สายควบ 4 ชุดวางชิดกันในแนวนอน

วิธีทำ

หม้อแปลง 1000 kVA, 230 / 400 V

$I_n$ = (1000 x 1000) / (1.732 x 400)

= 1443 A

ขนาดสายหม้อแปลงคิด 125 % กระแสพิกัด

$I_b$ = 1.25 x 1443

= 1804 A

การติดตั้งรางเคเบิลระบายอากาศ

ใช้สาย XLPE แกนเดียว 0.6 / 1 kV ควบ 4 ชุด

เลือกลักษณะการติดตั้ง กลุ่มที่ 7

เดินบนรางเคเบิลวางชิดกันในแนวนอน

หา ตัวคูณปรับค่า

Ambient Temperature 40°C ตารางที่ 5 – 43

สาย XLPE $C_a$ = 1.00

สายควบ ตารางที่ 5 – 40, ควบ 4 ชุด $C_g$ = 0.82

$I_t$ = 1804 / (4 x 0.82) = 550 A

4 (3 x 240, 1 x 120 $mm^2$) (577 A) ตาราง G – 6

**ตัวอย่างที่ G.2**

สายเมนแรงต่ำจากหม้อแปลงเดินบนรางเคเบิลแบบบันได

หม้อแปลง 2000 kVA, 22 kV / 230 – 400 VAmbient

Temperature 40°C

ใช้สาย XLPE แกนเดียว 0.6 / 1 kV

ใช้สายควบ 9 ชุด 2 ชั้น วางชิดกันในแนวนอน

วิธีทำ

หม้อแปลง 2000 kVA, 230 / 400 V

$I_n$ = (2000 x 1000) / (1.732 x 400)

= 2886 A

ขนาดสายหม้อแปลงคิด 125 % กระแสพิกัด

$I_b$ = 1.25 x 2886

= 3608 A

การติดตั้งรางเคเบิลแบบบันได 9 ชุด 2 ชั้น 5 ชุด และ 4 ชุด

ใช้สาย XLPE แกนเดียว 0.6 / 1 kV ควบ 9 ชุด

เลือกลักษณะการติดตั้ง กลุ่มที่ 7

เดินบนรางเคเบิลวางชิดกันในแนวนอน

หา ตัวคูณปรับค่า

Ambient Temperature 40°C ตารางที่ 5 – 43

สาย XLPE $C_a$ = 1.00

สายควบ 9 ชุด 2 ชั้น 5 ชุด ตารางที่ 5 – 40, ควบ 4 ชุด $C_g$ = 0.86

$I_t$ = 3608 / (9 x 0.86) = 466 A

9 (3 x 185, 1 x 95 $mm^2$) (485 A) ตาราง G – 7

**ตัวอย่างที่ G.3**

หม้อแปลง 500 kVA, 22 kV / 230 – 400 V

ให้หาสายเมนแรงต่ำจากหม้อแปลงการติดตั้ง กลุ่มที่ 2 และ 5

ใช้สาย XLPE แกนเดียว 0.6 / 1 kV ใช้สายควบ 3 ชุด

วิธีทำ

หม้อแปลง 500 kVA, 230 / 400 V

$I_n$ = (500 x 1000) / (1.732 x 400)

= 722 A

ขนาดสายหม้อแปลงคิด 125 % กระแสพิกัด

$I_b$ = 1.25 x 722

= 903 A

การติดตั้ง กลุ่มที่ 2 ใช้สาย XLPE แกนเดียว 0.6 / 1 kV ใช้สายควบ 3 ชุด

$I_t$ = 903 / 3 = 301 A

ตารางที่ 5 – 27

3 (3 x 150, 1 x 95 $mm^2$) (311 A) ตาราง G – 9

การติดตั้ง กลุ่มที่ 5 ใช้ สาย XLPE แกนเดียว 0.6 / 1 kV ใช้สายควบ 3 ชุด

การติดตั้ง กลุ่มที่ 5 เมื่อมีท่อสายตั้งแต่ 2 ท่อขึ้นไปต้องมีตัวคูณปรับค่า

**ท่อวางชิดกัน ตารางที่ 5 – 46 $C_g$ = 0.75**

$I_t$ = 903 / (3 x 0.75) = 401 A

ตารางที่ 5 – 29

3 (3 x 240, 1 x 120 $mm^2$) (418 A)

**ท่อวางห่างกัน 250 mm ตารางที่ 5 – 46 $C_g$ = 0.85**

$I_t$ = 903 / (3 x 0.85) = 354 A

ตารางที่ 5 – 29

3 (3 x 185, 1 x 95 $mm^2$) (356 A) ตาราง G – 10

## ตาราง G – 1 TR LV 230/400 V

สาย NYY บนรางเคเบิลระบายอากาศ

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ความกว้างรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 455 (569) | 2 (3x150 , 1 x 95)<br>3 (3x95 , 1 x 50) | 300<br>400 |
| 400 | 577 (721) | 2 (3x240 , 1 x 120)<br>3 (3x120 , 1 x 70)<br>4 (3x95 , 1 x 50) | 400<br>400<br>500 |
| 500 | 722 (903) | 2 (3x300 , 1 x 150)<br>3 (3x185 , 1 x 95)<br>4 (3x120 , 1 x 70) | 400<br>500<br>500 |
| 630 | 909 (1136) | 3 (3x240 , 1 x 120)<br>4 (3x185 , 1 x 95)<br>5 (3x150 , 1 x 95) | 500<br>600<br>700 |
| 800 | 1155 (1444) | 4 (3x240 , 1 x 120)<br>5 (3x240 , 1 x 120)<br>6 (3x150 , 1 x 95) | 700<br>800<br>800 |
| 1000 | 1443 (1804) | 5 (3x300 , 1 x 150)<br>6 (3x240 , 1 x 120)<br>7 (3x185 , 1 x 95) | 900<br>900<br>1000 |
| 1250 | 1804 (2255) | 6 (3x300 , 1 x 150)<br>7 (3x240 , 1 x 120)<br>8 (3x185 , 1 x 95) | (2 x 500)<br>(2 x 600)<br>(2 x 600) |
| 1600 | 2309 (2886) | 8 (3x300 , 1 x 150)<br>9 (3x240 , 1 x 120) | (2 x 700)<br>(2 x 800) |
| 2000 | 2887 (3609) | 8 (3x400 , 1 x 240) | (2 x 800) |

# ตาราง G – 2 TR LV 230/400 V

สาย NYY บนรางเคเบิลบันได

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ความกว้างรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 455 (569) | 2 (3 x 150 , 1 x 95)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50) | 300<br>400 |
| 400 | 577 (721) | 2 (3 x 240 , 1 x 120)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70) | 300<br>400 |
| 500 | 722 (903) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95)<br>4 (3 x 120 , 1 x 70) | 400<br>400<br>500 |
| 630 | 909 (1136) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95)<br>5 (3 x 120 , 1 x 70) | 500<br>500<br>600 |
| 800 | 1155 (1444) | 3 (3 x 300 , 1 x 150)<br>4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 150 , 1 x 95) | 500<br>600<br>700 |
| 1000 | 1443 (1804) | 4 (3 x 300 , 1 x 150)<br>5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 150 , 1 x 95) | 700<br>800<br>800 |
| 1250 | 1804 (2255) | 5 (3 x 300 , 1 x 150)<br>6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>7 (3 x 185 , 1 x 95) | 900<br>900<br>1000 |
| 1600 | 2309 (2886) | 6 (3 x 400 , 1 x 240)<br>7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8 (3 x 240 , 1 x 120) | (2 x 600)<br>(2 x 700)<br>(2 x 600) |
| 2000 | 2887 (3609) | 7 (3 x 400 , 1 x 240)<br>9 (3 x 300 , 1 x 150) | (2 x 800)<br>(2 x 900) |

## ตาราง G – 3 TR LV 230/400 V

สาย NYY บนรางเคเบิลด้านล่างทึบไม่มีฝาปิด

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ความกว้างรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 455 (569) | 2 (3 x 185 , 1 x 95)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 300<br>400<br>500 |
| 400 | 577 (721) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 185 , 1 x 95)<br>4 (3 x 120 , 1 x 70) | 400<br>400<br>500 |
| 500 | 722 (903) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95)<br>5 (3 x 120 , 1 x 70) | 500<br>500<br>600 |
| 630 | 909 (1136) | 4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 185 , 1 x 95)<br>6 (3 x 150 , 1 x 95) | 600<br>700<br>800 |
| 800 | 1155 (1444) | 5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 185 , 1 x 95)<br>7 (3 x 150 , 1 x 95) | 800<br>800<br>900 |
| 1000 | 1443 (1804) | 6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>8 (3 x 185 , 1 x 95)<br>9 (3 x 150 , 1 x 95) | (2 x 500)<br>(2 x 600)<br>(2 x 700) |
| 1250 | 1804 (2255) | 7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8 (3 x 240 , 1 x 120) | (2 x 700)<br>(2 x 600) |
| 1600 | 2309 (2886) | 8 (3 x 400 , 1 x 240)<br>9 (3 x 300 , 1 x 150) | (2 x 800)<br>(2 x 900) |
| 2000 | 2887 (3609) | 10 (3 x 400 , 1 x 240)<br>12 (3 x 300 , 1 x 150) | (2 x 800)<br>(2 x 900) |

## ตาราง G – 4 TR LV 230/400 V

สาย NYY ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 455 (569) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70) | 2 x 125<br>3 x 90 |
| 400 | 577 (721) | 3 (3 x 185 , 1 x 95)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 3 x 100<br>4 x 80 |
| 500 | 722 (903) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95)<br>5 (3 x 120 , 1 x 70) | 3 x 125<br>4 x 100<br>5 x 90 |
| 630 | 909 (1136) | 4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 150 , 1 x 95)<br>6 (3 x 120 , 1 x 70) | 4 x 125<br>5 x 100<br>6 x 90 |
| 800 | 1155 (1444) | 5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 185 , 1 x 95) | 5 x 125<br>6 x 100 |
| 1000 | 1443 (1804) | 6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>7 (3 x 185 , 1 x 95) | 6 x 125<br>7 x 100 |
| 1250 | 1804 (2255) | 7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8 (3 x 240 , 1 x 120) | 7 x 125<br>8 x 125 |
| 1600 | 2309 (2886) | 9 (3 x 300 , 1 x 150)<br>10 (3 x 240 , 1 x 120) | 9 x 125<br>10 x 125 |
| 2000 | 2887 (3609) | 10 (3 x 300 , 1 x 150) | 10 x 125 |

## ตาราง G – 5 TR LV 230/400 V

สาย NYY ร้อยท่อฝังดิน ห่าง 250 mm. การติดตั้งกลุ่มที่ 5

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 455 (569) | 2 (3 x 240 , 1 x 120)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70) | 2 x 100<br>3 x 80 |
| 400 | 577 (721) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 185 , 1 x 95)<br>4 (3 x 120 , 1 x 70) | 2 x 125<br>3 x 90<br>4 x 80 |
| 500 | 722 (903) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 185 , 1 x 95)<br>5 (3 x 120 , 1 x 70) | 3 x 100<br>4 x 90<br>5 x 80 |
| 630 | 909 (1136) | 4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 185 , 1 x 95)<br>6 (3 x 150 , 1 x 95) | 4 x 100<br>5 x 90<br>6 x 90 |
| 800 | 1155 (1444) | 5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 185 , 1 x 95)<br>7 (3 x 150 , 1 x 95) | 5 x 100<br>6 x 90<br>7 x 90 |
| 1000 | 1443 (1804) | 6 (3 x 300 , 1 x 150)<br>7 (3 x 240 , 1 x 120)<br>8 (3 x 185 , 1 x 95) | 6 x 125<br>7 x 100<br>8 x 90 |
| 1250 | 1804 (2255) | 7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8 (3 x 240 , 1 x 120)<br>10 (3 x 185 , 1 x 95) | 7 x 125<br>8 x 100<br>10 x 90 |
| 1600 | 2309 (2886) | 9 (3 x 300 , 1 x 150)<br>10 (3 x 240 , 1 x 120) | 9 x 125<br>10 x 100 |
| 2000 | 2887 (3609) | 9 (3 x 500 , 1 x 300)<br>10 (3 x 400 , 1 x 240) | 9 x 150<br>10 x 125 |

## ตาราง G – 6 TR LV 230/400 V

สาย XLPE บนรางเคเบิลระบายอากาศ

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ความกว้างรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 455 (569) | 2 (3 x 120 , 1 x 70) | 200 |
| 400 | 577 (721) | 2 (3 x 150 , 1 x 95)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50) | 300<br>300 |
| 500 | 722 (903) | 2 (3 x 240 , 1 x 120)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 300<br>300<br>400 |
| 630 | 909 (1136) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 185 , 1 x 95)<br>4 (3 x 120 , 1 x 70) | 300<br>400<br>400 |
| 800 | 1155 (1444) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 185 , 1 x 95)<br>5 (3 x 150 , 1 x 95) | 400<br>500<br>600 |
| 1000 | 1443 (1804) | 4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 185 , 1 x 95)<br>6 (3 x 150 , 1 x 95) | 500<br>600<br>700 |
| 1250 | 1804 (2255) | 5 (3 x 300 , 1 x 150)<br>6 (3 x 185 , 1 x 95)<br>7 (3 x 150 , 1 x 95) | 700<br>700<br>800 |
| 1600 | 2309 (2886) | 6 (3 x 300 , 1 x 150)<br>7 (3 x 240 , 1 x 120)<br>8 (3 x 185 , 1 x 95) | 900<br>900<br>900 |
| 2000 | 2887 (3609) | 7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8 (3 x 300 , 1 x 150)<br>9 (3 x 240 , 1 x 120) | 1000<br>(2 x 600)<br>(2 x 700) |

## ตาราง G – 7 TR LV 230/400 V

สาย XLPE บนรางเคเบิลบันได

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ความกว้างรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 455(569) | 2 (3 x 95 , 1 x 50) | 200 |
| 400 | 577 (721) | 2 (3 x 150 , 1 x 95) | 300 |
| 500 | 722 (903) | 2 (3 x 185 , 1 x 95)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70) | 300<br>300 |
| 630 | 909 (1136) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 300<br>400<br>400 |
| 800 | 1155 (1444) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95)<br>5 (3 x 120 , 1 x 70) | 400<br>500<br>500 |
| 1000 | 1443 (1804) | 3 (3 x 300 , 1 x 150)<br>4 (3 x 185 , 1 x 95)<br>5 (3 x 150 , 1 x 95) | 500<br>500<br>600 |
| 1250 | 1804 (2255) | 4 (3 x 300 , 1 x 150)<br>5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 150 , 1 x 95) | 600<br>700<br>700 |
| 1600 | 2309 (2886) | 5 (3 x 300 , 1 x 150)<br>6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>7 (3 x 185 , 1 x 95) | 700<br>800<br>800 |
| 2000 | 2887 (3609) | 6 (3 x 300 , 1 x 150)<br>7 (3 x 240 , 1 x 120)<br>9 (3 x 185 , 1 x 95) | 900<br>900<br>(2 x 600) |

# ตาราง G – 8 TR LV 230/400 V

สาย XLPE บนรางเคเบิลด้านล่างทึบไม่มีฝาปิด

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ความกว้างรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 455 (569) | 2 (3 x 120 , 1 x 70) | 200 |
| 400 | 577 (721) | 2 (3 x 185 , 1 x 95)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70) | 300<br>300 |
| 500 | 722 (903) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95)<br>4 (3 x 120 , 1 x 70) | 300<br>400<br>400 |
| 630 | 909 (1136) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95)<br>5 (3 x 120 , 1 x 70) | 400<br>500<br>500 |
| 800 | 1155 (1444) | 3 (3 x 300 , 1 x 150)<br>4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 185 , 1 x 95) | 500<br>500<br>600 |
| 1000 | 1443 (1804) | 4 (3 x 300 , 1 x 150)<br>5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 185 , 1 x 95) | 600<br>700<br>700 |
| 1250 | 1804 (2255) | 6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>8 (3 x 185 , 1 x 95)<br>9 (3 x 150 , 1 x 95) | 800<br>900<br>1000 |
| 1600 | 2309 (2886) | 7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8 (3 x 240 , 1 x 120) | (2 x 600)<br>(2 x 500) |
| 2000 | 2887 (3609) | 9 (3 x 300 , 1 x 150)<br>10 (3 x 240 , 1 x 120) | (2 x 700)<br>(2 x 700) |

## ตาราง G – 9 TR LV 230/400 V

สาย XLPE ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 455 (569) | 2 (3 x 150 , 1 x 95)<br>3 (3 x 70 , 1 x 50) | 2 x 80<br>3 x 50 |
| 400 | 577 (721) | 2 (3 x 240 , 1 x 120)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50)<br>4 (3 x 70 , 1 x 50) | 2 x 90<br>3 x 65<br>4 x 50 |
| 500 | 722 (903) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 2 x 100<br>3 x 80<br>4 x 65 |
| 630 | 909 (1136) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 120 , 1 x 70)<br>5 (3 x 95 , 1 x 50) | 3 x 90<br>4 x 65<br>5 x 65 |
| 800 | 1155 (1444) | 4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 150 , 1 x 95) | 4 x 90<br>5 x 80 |
| 1000 | 1443 (1804) | 4 (3 x 300 , 1 x 150)<br>5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 150 , 1 x 95) | 4 x 100<br>5 x 90<br>6 x 80 |
| 1250 | 1804 (2255) | 5 (3 x 300 , 1 x 150)<br>6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>7 (3 x 185 , 1 x 95) | 5 x 100<br>6 x 90<br>7 x 80 |
| 1600 | 2309 (2886) | 7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8(3 x 240 , 1 x 120) | 7 x 100<br>8 x 90 |
| 2000 | 2887 (3609) | 8(3 x 300 , 1 x 150)<br>9 (3 x 240 , 1 x 120) | 8 x 100<br>9 x 90 |

## ตาราง G – 10 TR LV 230/400 V

สาย XLPE ร้อยท่อฝังดินห่าง 250 mm. การติดตั้งกลุ่มที่ 5

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 455 (569) | 2 (3 x 185 , 1 x 95)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50) | 2 x 80<br>3 x 65 |
| 400 | 577 (721) | 2 (3 x 240 , 1 x 120)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 2 x 90<br>3 x 80<br>4 x 65 |
| 500 | 722 (903) | 3 (3 x 185 , 1 x 95)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95)<br>5 (3 x 95 , 1 x 50) | 3 x 80<br>4 x 80<br>5 x 65 |
| 630 | 909 (1136) | 3 (3 x 300 , 1 x 150)<br>4 (3 x 185 , 1 x 95)<br>5 (3 x 150 , 1 x 95) | 3 x 100<br>4 x 80<br>5 x 80 |
| 800 | 1155 (1444) | 4 (3 x 300 , 1 x 150)<br>5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 150 , 1 x 95) | 4 x 100<br>5 x 90<br>6 x 80 |
| 1000 | 1443 (1804) | 5 (3 x 300 , 1 x 150)<br>6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>7 (3 x 185 , 1 x 95) | 5 x 100<br>6 x 90<br>7 x 80 |
| 1250 | 1804 (2255) | 6 (3 x 300 , 1 x 150)<br>7 (3 x 240 , 1 x 120)<br>8 (3 x 185 , 1 x 95) | 6 x 100<br>7 x 90<br>8 x 80 |
| 1600 | 2309 (2886) | 8 (3 x 300 , 1 x 150)<br>9 (3 x 240 , 1 x 120) | 8 x 100<br>9 x 90 |
| 2000 | 2887 (3609) | 10 (3 x 300 , 1 x 150)<br>11 (3 x 240 , 1 x 120) | 10 x 100<br>11 x 90 |

## ตาราง G – 11 TR LV 240/416 V

สาย NYY บนรางเคเบิลระบายอากาศ

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ความกว้างรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 437 (546) | 2 (3 x 150 , 1 x 95)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50) | 300<br>400 |
| 400 | 555 (694) | 2 (3 x 240 , 1 x 120)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 400<br>400<br>500 |
| 500 | 694 (868) | 3 (3 x 185 , 1 x 95)<br>4 (3 x 120 , 1 x 70)<br>5(3 x 95 , 1 x 50) | 500<br>500<br>600 |
| 630 | 874 (1093) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 185 , 1 x 95)<br>5 (3 x 150 , 1 x 95) | 500<br>600<br>700 |
| 800 | 1110 (1388) | 4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 185 , 1 x 95)<br>6 (3 x 150 , 1 x 95) | 700<br>700<br>800 |
| 1000 | 1388 (1735) | 5 (3 x 300 , 1 x 150)<br>6 (3 x 185 , 1 x 95)<br>7 (3 x 150 , 1 x 95) | 900<br>800<br>900 |
| 1250 | 1735 (2169) | 6 (3 x 300 , 1 x 150)<br>7 (3 x 240 , 1 x 120)<br>8 (3 x 185 , 1 x 95) | (2 x 500)<br>(2 x 600)<br>(2 x 600) |
| 1600 | 2221 (2776) | 7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>9 (3 x 240 , 1 x 120) | (2 x 700)<br>(2 x 800) |
| 2000 | 2776 (3470) | 8 (3 x 400 , 1 x 240) | (2 x 800) |

# ตาราง G – 12 TR LV 240/416 V

สาย NYY บนรางเคเบิลบันได

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ความกว้างรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 437 (546) | 2 (3 x 150 , 1 x 95) | 300 |
| 400 | 555 (694) | 2 (3 x 185 , 1 x 95)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70) | 300<br>400 |
| 500 | 694 (868) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 400<br>400<br>500 |
| 630 | 874 (1093) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95)<br>5 (3 x 95 , 1 x 50) | 500<br>500<br>600 |
| 800 | 1110 (1388) | 3 (3 x 300 , 1 x 150)<br>4 (3 x 185 , 1 x 95)<br>5 (3 x 150 , 1 x 95) | 500<br>600<br>700 |
| 1000 | 1388 (1735) | 4 (3 x 300 , 1 x 150)<br>5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 150 , 1 x 95) | 700<br>800<br>800 |
| 1250 | 1735 (2169) | 5 (3 x 300 , 1 x 150)<br>6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>7 (3 x 185 , 1 x 95) | 900<br>900<br>1000 |
| 1600 | 2221 (2776) | 7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8 (3 x 240 , 1 x 120)<br>9 (3 x 185 , 1 x 95) | (2 x 700)<br>(2 x 600)<br>(2 x 700) |
| 2000 | 2776 (3470) | 7 (3 x 400 , 1 x 240)<br>8 (3 x 300 , 1 x 150) | (2 x 800)<br>(2 x 700) |

## ตาราง G – 13 TR LV 240/416 V

สาย NYY บนรางเคเบิลด้านล่างทึบไม่มีฝาปิด

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ความกว้างรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 437 (546) | 2 (3 x 185 , 1 x 95)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70) | 300<br>400 |
| 400 | 555 (694) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95)<br>4 (3 x 120 , 1 x 70) | 400<br>400<br>500 |
| 500 | 694 (868) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95)<br>5 (3 x 120 , 1 x 70) | 500<br>500<br>600 |
| 630 | 874 (1093) | 4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 185 , 1 x 95)<br>6 (3 x 120 , 1 x 70) | 600<br>700<br>700 |
| 800 | 1110 (1388) | 5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 185 , 1 x 95)<br>7 (3 x 150 , 1 x 95) | 800<br>800<br>900 |
| 1000 | 1388 (1735) | 6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>7 (3 x 185 , 1 x 95)<br>8 (3 x 150 , 1 x 95) | (2 x 500)<br>(2 x 600)<br>(2 x 500) |
| 1250 | 1735 (2169) | 7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8 (3 x 240 , 1 x 120) | (2 x 700)<br>(2 x 600) |
| 1600 | 2221 (2776) | 8 (3 x 400 , 1 x 240)<br>9 (3 x 300 , 1 x 150) | (2 x 800)<br>(2 x 900) |
| 2000 | 2776 (3470) | 10 (3 x 400 , 1 x 240) | (2 x 900) |

## ตาราง G – 14 TR LV 240/416 V

สาย NYY ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 437 (546) | 2 (3 x 240 , 1 x 120)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70) | 2 x 125<br>3 x 90 |
| 400 | 555 (694) | 3 (3 x 185 , 1 x 95)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 3 x 100<br>4 x 80 |
| 500 | 694 (868) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95)<br>5 (3 x 95 , 1 x 50) | 3 x 125<br>4 x 100<br>5 x 80 |
| 630 | 874 (1093) | 4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 150 , 1 x 95)<br>6 (3 x 120 , 1 x 70) | 4 x 125<br>5 x 100<br>6 x 90 |
| 800 | 1110 (1388) | 5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 185 , 1 x 95) | 5 x 125<br>6 x 100 |
| 1000 | 1388 (1735) | 6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>7 (3 x 185 , 1 x 95) | 6 x 125<br>7 x 100 |
| 1250 | 1735 (2169) | 7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8 (3 x 240 , 1 x 120) | 7 x 125<br>8 x 125 |
| 1600 | 2221 (2776) | 9 (3 x 300 , 1 x 150)<br>10 (3 x 240 , 1 x 120) | 9 x 125<br>10 x 125 |
| 2000 | 2776 (3470) | 10 (3 x 300 , 1 x 150) | 10 x 125 |

## ตาราง G – 15 TR LV 240/416 V

สาย NYY ร้อยท่อฝังดิน ห่าง 250 mm. การติดตั้งกลุ่มที่ 5

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 437 (546) | 2 (3 x 185 , 1 x 95)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70) | 2 x 100<br>3 x 90 |
| 400 | 555 (694) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 185 , 1 x 95)<br>4 (3 x 120 , 1 x 70) | 2 x 125<br>3 x 100<br>4 x 90 |
| 500 | 694 (868) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 185 , 1 x 95)<br>5 (3 x 120 , 1 x 70) | 3 x 125<br>4 x 100<br>5 x 90 |
| 630 | 874 (1093) | 4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 185 , 1 x 95)<br>6 (3 x 120 , 1 x 95) | 4 x 125<br>5 x 100<br>6 x 90 |
| 800 | 1110 (1388) | 4 (3 x 400 , 1 x 240)<br>5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 185 , 1 x 95) | 4 x 125<br>5 x 125<br>6 x 100 |
| 1000 | 1388 (1735) | 5 (3 x 400 , 1 x 240)<br>6 (3 x 240 , 1 x 120) | 5 x 125<br>6 x 125 |
| 1250 | 1735 (2169) | 7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8 (3 x 240 , 1 x 120) | 7 x 125<br>8 x 125 |
| 1600 | 2221 (2776) | 8 (3 x 400 , 1 x 240)<br>9 (3 x 300 , 1 x 150) | 8 x 125<br>9 x 125 |
| 2000 | 2776 (3470) | 10 (3 x 400 , 1 x 240) | 10 x 125 |

# ตาราง G – 16 TR LV 240/416 V

สาย XLPE บนรางเคเบิลระบายอากาศ

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ความกว้างรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 437 (546) | 2 (3 x 95 , 1 x 50) | 200 |
| 400 | 555 (694) | 2 (3 x 150 , 1 x 95)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50) | 300<br>300 |
| 500 | 694 (868) | 2 (3 x 185 , 1 x 95)<br>3 (3 x 120 , 1 x 70)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 300<br>300<br>400 |
| 630 | 874 (1093) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95)<br>4 (3 x 120 , 1 x 70) | 300<br>400<br>400 |
| 800 | 1110 (1388) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 185 , 1 x 95)<br>5 (3 x 120 , 1 x 75) | 400<br>500<br>500 |
| 1000 | 1388 (1735) | 3 (3 x 300 , 1 x 150)<br>4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 185 , 1 x 95) | 500<br>500<br>600 |
| 1250 | 1735 (2169) | 4 (3 x 300 , 1 x 150)<br>5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 185 , 1 x 95) | 600<br>700<br>700 |
| 1600 | 2221 (2776) | 6 (3 x 300 , 1 x 150)<br>7 (3 x 240 , 1 x 120)<br>8 (3 x 185 , 1 x 95) | 900<br>900<br>900 |
| 2000 | 2776 (3470) | 6 (3 x 400 , 1 x 240)<br>7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8 (3 x 240 , 1 x 120) | 1000<br>1000<br>1000 |

## ตาราง G – 17 TR LV 240/416 V

สายไฟฟ้า XLPE บนรางเคเบิล แบบบันได

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ความกว้างรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 437 (546) | 2 (3 x 95 , 1 x 50) | 200 |
| 400 | 555 (694) | 2 (3 x 120 , 1 x 70) | 200 |
| 500 | 694 (868) | 2 (3 x 185 , 1 x 95)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50) | 300<br>300 |
| 630 | 874 (1093) | 2 (3 x 240 , 1 x 120)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 300<br>400<br>400 |
| 800 | 1110 (1388) | 3 (3 x 185 , 1 x 95)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95)<br>5 (3 x 95 , 1 x 50) | 400<br>500<br>500 |
| 1000 | 1388 (1735) | 3 (3 x 300 , 1 x 150)<br>4 (3 x 185 , 1 x 95)<br>5 (3 x 150 , 1 x 95) | 500<br>500<br>600 |
| 1250 | 1735 (2169) | 4 (3 x 300 , 1 x 150)<br>5 (3 x 185 , 1 x 95)<br>6 (3 x 150 , 1 x 95) | 600<br>600<br>700 |
| 1600 | 2221 (2776) | 5 (3 x 300 , 1 x 150)<br>6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>7 (3 x 185 , 1 x 95) | 700<br>800<br>800 |
| 2000 | 2776 (3470) | 6 (3 x 300 , 1 x 150)<br>7(3 x 240 , 1 x 120)<br>9 (3 x 185 , 1 x 95) | 900<br>900<br>(2 x 600) |

## ตาราง G – 18 TR LV 240/416 V

สายไฟฟ้า XLPE บนรางเคเบิลด้านล่างทึบไม่มีฝาปิด

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ความกว้างรางเคเบิล (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 437 (546) | 2 (3 x 120 , 1 x 70) | 200 |
| 400 | 555 (694) | 2 (3 x 185 , 1 x 95)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50) | 300<br>300 |
| 500 | 694 (868) | 2 (3 x 240 , 1 x 120)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 300<br>400<br>400 |
| 630 | 874 (1093) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 150 , 1 x 95)<br>5 (3 x 120 , 1 x 70) | 400<br>500<br>500 |
| 800 | 1110 (1388) | 3 (3 x 300 , 1 x 150)<br>4 (3 x 240 , 1 x 120)<br>5 (3 x 150 , 1 x 95) | 500<br>500<br>600 |
| 1000 | 1388 (1735) | 4 (3 x 300 , 1 x 150)<br>5 (3 x 240 , 1 x 120)<br>6 (3 x 185 , 1 x 95) | 600<br>700<br>700 |
| 1250 | 1735 (2169) | 6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>8 (3 x 185 , 1 x 95)<br>9 (3 x 150 , 1 x 95) | 800<br>900<br>1000 |
| 1600 | 2221 (2776) | 7 (3 x 300 , 1 x 150)<br>8 (3 x 240 , 1 x 120)<br>9 (3 x 185 , 1 x 95) | (2 x 600)<br>(2 x 500)<br>(2 x 600) |
| 2000 | 2776 (3470) | 9 (3 x 185 , 1 x 95) | (2 x 600) |

## ตาราง G – 19 TR LV 240/416 V

สาย XLPE ร้อยท่อในอากาศ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 437 (546) | 2 (3 x 120 , 1 x 70)<br>3 (3 x 70 , 1 x 50) | 2 x 65<br>3 x 50 |
| 400 | 555 (694) | 2 (3 x 185 , 1 x 95)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50)<br>4 (3 x 70 , 1 x 50) | 2 x 80<br>3 x 65<br>4 x 50 |
| 500 | 694 (868) | 2 (3 x 300 , 1 x 150)<br>3 (3 x 150 , 1 x 95)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 2 x 100<br>3 x 80<br>4 x 65 |
| 630 | 874 (1093) | 3 (3 x 240 , 1 x 120)<br>4 (3 x 120 , 1 x 70)<br>5 (3 x 95 , 1 x 50) | 3 x 90<br>4 x 65<br>5 x 65 |
| 800 | 1110 (1388) | 4 (3 x 185 , 1 x 95)<br>5 (3 x 120 , 1 x 70) | 4 x 80<br>5 x 65 |
| 1000 | 1388 (1735) | 5 (3 x 185 , 1 x 95)<br>6 (3 x 150 , 1 x 95)<br>7 (3 x 120 , 1 x 70) | 5 x 80<br>5 x 80<br>6 x 65 |
| 1250 | 1735 (2169) | 6 (3 x 240 , 1 x 120)<br>7 (3 x 150 , 1 x 95)<br>8 (3 x 120 , 1 x 70) | 6 x 90<br>7 x 80<br>8 x 65 |
| 1600 | 2221 (2776) | 7 (3 x 240 , 1 x 120)<br>8 (3 x 185 , 1 x 95) | 7 x 90<br>8 x 80 |
| 2000 | 2776 (3470) | 8 (3 x 300 , 1 x 150)<br>9 (3 x 240 , 1 x 120) | 8 x 100<br>9 x 90 |

## ตาราง G – 20 TR LV 240/416 V

สาย XLPE ร้อยท่อฝังดิน ห่าง 250 mm. การติดตั้งกลุ่มที่ 5

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด $I_n$ (1.25In) (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) |
|---|---|---|---|
| 315 | 437 (546) | 2 (3 x 150 , 1 x 95)<br>3 (3 x 95 , 1 x 50) | 2 x 80<br>3 x 65 |
| 400 | 555 (694) | 2 (3 x 240 , 1 x 120)<br>3 (3 x 120 , 1 x 95)<br>4 (3 x 95 , 1 x 50) | 2 x 90<br>3 x 65<br>4 x 65 |
| 500 | 694 (868) | 3 (3 x 185 , 1 x 95)<br>4 (3 x 120 , 1 x 95) | 3 x 80<br>4 x 65 |
| 630 | 874 (1093) | 3 (3 x 300 , 1 x 150)<br>4 (3 x 185 , 1 x 95)<br>5 (3 x 120 , 1 x 95) | 3 x 100<br>4 x 80<br>5 x 65 |
| 800 | 1110 (1388) | 4 (3 x 300 , 1 x 150)<br>5 (3 x 185 , 1 x 95)<br>6 (3 x 150 , 1 x 95) | 4 x 100<br>5 x 80<br>6 x 80 |
| 1000 | 1388 (1735) | 5 (3 x 300 , 1 x 150)<br>6 (3 x 240 , 1 x 120) | 5 x 100<br>6 x 90 |
| 1250 | 1735 (2169) | 7 (3 x 240 , 1 x 120)<br>8 (3 x 185 , 1 x 95) | 7 x 90<br>8 x 80 |
| 1600 | 2221 (2776) | 8 (3 x 300 , 1 x 150)<br>9 (3 x 240 , 1 x 120) | 8 x 100<br>9 x 90 |
| 2000 | 2776 (3470) | 10 (3 x 300 , 1 x 150) | 10 x 100 |

# ภาคผนวก H

## แรงดันตก

### หลักการและข้อกำหนด

แรงดันตกสำหรับระบบแรงต่ำ

1. กรณีรับไฟแรงต่ำจากการไฟฟ้าแรงดันตก คิดจากเครื่องวัดฯ จนถึงจุดใช้ไฟจุดสุดท้ายรวมกัน ต้องไม่เกิน 5 % จากระบบแรงดันที่ระบุ
2. กรณีรับไฟแรงสูงจากการไฟฟ้าแรงดันตก คิดจากบริภัณฑ์ประธานแรงต่ำจนถึงจุดใช้ไฟจุดสุดท้ายรวมกัน ต้องไม่เกิน 5 % จากระบบแรงดันที่ระบุ

แรงดันตกจากสายประธาน (Service) ไปยังโหลด (Load) 5 %

**อาจแยกออกเป็น**

| | |
|---|---|
| แรงดันตกในสายป้อน (Feeder) | 2 – 3 % |
| แรงดันตกในวงจรย่อย (Branch Circuit) | 2 – 3 % |
| รวม ไม่เกิน | 5 % |

การคำนวณแรงดันตก

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของ วสท. พ.ศ. 2556 ได้ให้ตาราง สำหรับคำนวณแรงดันตก ในภาคผนวก ฐ ซึ่งมีทั้งหมด 4 ตารางตามชนิดของฉนวน และวิธีการติดตั้ง

การคำนวณแรงดันตกสามารถทได้ตามสูตร

VD = VD (T) x I x L ⁄ 1000

โดยที่

VD = ค่าแรงดันตก (V)

VD (T) = ค่าจาก ตารางภาคผนวก ฐ (mV⁄A⁄m)

I = กระแส (A)

L = ความยาวทางเดียวของวงจร (m)

สูตรนี้ใช้ได้ทั้งระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส เนื่องจากค่า VD (T) ในตารางได้ปรับค่าไว้ให้แล้ว

**ตัวอย่างที่ H.1**

วงจรย่อยเฉพาะ 1 เฟส, 230 V, IEC 01, 2.5 $mm^2$

I = 10 A L = 30 m

การติดตั้งกลุ่มที่ 2 VD เป็นเท่าใด

วิธีทำ

ภาคผนวก ฐ 1 2.5 $mm^2$ VD (T) = 18 mV⁄Am

VD = VD (T) x I x L ⁄ 1000

VD = (18 x 10 x 30) ⁄ 1000

= 5.4 V

2 % = 230 x 02 = 4.6 V 3 % = 230 x 03 = 6.9 V

**ตัวอย่างที่ H.2**

วงจรสายป้อน 3 เฟส 4 สาย, 230 / 400 V, จากตู้ DB จ่ายไฟ 110 A ไปยังตู้ LP ระยะ 100 m ใช้ สาย XLPE แกนเดียว การติดตั้งกลุ่มที่ 2 ถ้าต้องการ VD ไม่เกิน 2% จะต้องสายขนาดเท่าใด

วิธีทำ

VD 2% = 400 x 02 = 8 V

จาก ตารางที่ 5 – 27 และ ภาคผนวก ฐ 3 I = 110 A

สาย 35 $mm^2$ 131 A VD (T) = 1.17 mV / A / m

สาย 50 $mm^2$ 159 A VD (T) = 0.91 mV / A / m

สาย 70 $mm^2$ 202 A VD (T) = 0.65 mV / A / m

สาย 35 $mm^2$ VD = (1.17 x 110 x 100) / 1000 = 12.9 V

สาย 50 $mm^2$ VD = (0.91 x 110 x 100) / 1000 = 10.0 V

สาย 70 $mm^2$ VD = (0.65 x 110 x 100) / 1000 = 7.2 V

เลือก สาย 70 $mm^2$

**ตัวอย่างที่ H.3**

วงจรย่อย 20 A, 230 V จ่ายโหลด 3 จุด จุดละ 5 A ห่างกัน 20 m ให้หา VD ที่จุดไกลสุดวงจรย่อยใช้สาย IEC 01 2 x 4 $mm^2$ ติดตั้งกลุ่มที่ 2

ถ้าใช้สาย 2 x 6 $mm^2$ VD จะเป็นเท่าใด

วิธีทำ

สาย IEC 01, 2 x 4 $mm^2$ ติดตั้งกลุ่มที่ 2

ตาราง ฐ 1 VD(T) = 11 mV / A / m

VD = VD(T) x I x L / 1000

VD 1 = 11 x 5 x 20 / 1000 = 1.1 V

VD 2 = 11 x 10 x 20 / 1000 = 2.2 V

VD 3 = 11 x 15 x 20 / 1000 = 3.3 V

VD ทั้งหมด = 1.1 + 2.2 + 3.3 = 6.6 V

% = 6.6 x 100 / 230 = 2.9 %

ถ้าใช้สาย IEC 01 2 x 6 $mm^2$

ตาราง ฐ 1 2 x 6 $mm^2$ VD(T) = 7.3 mV / A / m

VD = 6.6 x 7.3 / 11 = 4.4 V

% = 4.4 x 100 / 230 = 1.9 %

**ตัวอย่างที่ H.4**

สายป้อน 3 (3 x 120 $mm^2$, 1 x 70 $mm^2$) XLPE เดินบนรางเคเบิลแบบบันไดวางชิดกันในแนวนอนกระแสโหลด 800 A, L = 50 m ให้หา VD

วิธีทำ

ควบ 3 VD (T) ต้องหารด้วย 3

สาย 120 $mm^2$ รางเคเบิลแบบบันไดวางชิดกัน

การติดตั้งกลุ่มที่ 7 ภาคผนวก ฐ 3

VD (T) = 0.38 mV / A / m

VD = VD (T) x I x L / 1000

= 0.38 x 800 x 50 / (3 x 1000)

= 5.1 V

## ตัวอย่างที่ H.5

ตู้ MDB มีสายป้อน 230 / 400 V จ่ายไฟให้

ตู้ DB ใช้สาย XLPE 4 x 120 $mm^2$ ยาว 50 $mm^2$ ยาว 20 m จ่ายไฟ 200 A

ตู้ DB จ่ายไฟให้ แผงไฟ LP ใช้สาย XLPE 4 x 50 $mm^2$ ยาว 20 m

จ่ายไฟ 100 A

วิธีทำ

ตู้ LP จ่ายให้วงจรย่อย ใช้สาย IEC 01, 2 x 2.5 $mm^2$

จ่ายไฟให้โหลด 10 A, 230 V ยาว 30 m

ให้คำนวนหา VD ที่โหลดวงจรย่อย การเดินสายติดตั้งกลุ่มที่ 2

เนื่องจากมีโหลด 1 เฟส และ 3 เฟส

การคำนวณ VD ต้องปรับให้เหมือนกัน

ในที่นี้ใช้คิด แบบ 1 เฟส 2 สาย

จากตู้ MDB ไปยังตู้ DB

สาย XLPE 2 x 120 $mm^2$ ตาราง ฐ 3 VD(T) = 0.49 mV / A / m

I = 200 A, L = 50 m

VD = 0.49 x 200 x 50 / 1000 = 4.9 V

จากตู้ DB ไปยังตู้ LP

สาย XPLE 2 x 50 $mm^2$ ตาราง ฐ 3 VD(T) = 1.04 mV / A / m

I = 100 A, L = 20 m

VD = 1.04 x 100 x 20 / 1000 = 2.1 V

จากแผงไฟ LP ไปยังโหลด

สาย IEC 01 2 x 2.5 $mm^2$ ตาราง ฐ 1 VD(T) = 18 mV / A / m

I = 10 A, L = 30 m

VD = 18 x 10 x 30 / 1000 = 5.4 V

VD ทั้งหมด = 4.9 + 2.1 + 5.4

= 12.4 V

= 12.4 x 100 ⁄ 230

= 5.4 %

เกิน 5% ต้องแก้ไข

ให้วงจนย่อย ใช้สาย 2 x 4 $mm^2$, VD(T) = 11 mV ⁄ A ⁄ m

VD = 11 x 10 x 30 ⁄ 1000

= 3.3 V

VD ทั้งหมด = 4.9 + 2.1 + 5.4

= 10.3 V

= 10.3 x 100 ⁄ 230

= 4.5 % OK

## ตาราง H – 1

แรงดันตก PVC แกนเดียว (ตาราง ฐ 1)

| ขนาดสาย (mm²) | 1 เฟส AC (mV / A / m) | | | 3 เฟส AC (mV / A / m) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | รูปแบบการติดตั้ง | | | | | | |
| | กลุ่มที่ 1, 2 | กลุ่มที่ 3 , 7 | | กลุ่มที่ 1 , 2 | กลุ่มที่ 3 , 7 | | |
| | | Touchlng | Spaced | | Trefoil | Flat | Spaced |
| 1.0 | 44 | 44 | 44 | 38 | 38 | 38 | 38 |
| 1.5 | 29 | 29 | 29 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 2.5 | 18 | 18 | 18 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 4 | 11 | 11 | 11 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 |
| 6 | 7.3 | 7.3 | 7.3 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 |
| 10 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 3.8 | 3.8 | 3.8 | 3.8 |
| 16 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| 25 | 1.81 | 1.75 | 1.75 | 1.52 | 1.50 | 1.50 | 1.52 |
| 35 | 1.33 | 1.25 | 1.27 | 1.13 | 1.11 | 1.12 | 1.15 |
| 50 | 1.00 | 0.94 | 0.97 | 0.85 | 0.81 | 0.84 | 0.86 |
| 70 | 0.71 | 0.66 | 0.69 | 0.61 | 0.57 | 0.60 | 0.63 |
| 95 | 0.56 | 0.50 | 0.54 | 0.48 | 0.44 | 0.47 | 0.50 |
| 120 | 0.48 | 0.41 | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.39 | 0.43 |
| 150 | 0.41 | 0.35 | 0.39 | 0.35 | 0.30 | 0.34 | 0.38 |
| 185 | 0.36 | 0.29 | 0.34 | 0.31 | 0.26 | 0.30 | 0.34 |
| 240 | 0.30 | 0.25 | 0.29 | 0.27 | 0.21 | 0.25 | 0.29 |
| 300 | 0.27 | 0.22 | 0.26 | 0.24 | 0.18 | 0.23 | 0.26 |
| 400 | 0.25 | 0.19 | 0.23 | 0.22 | 0.16 | 0.20 | 0.24 |
| 500 | 0.23 | 0.17 | 0.21 | 0.20 | 0.15 | 0.18 | 0.22 |

## ตาราง H – 2

แรงดันตก PVC หลายแกน (ตาราง ฐ 2)

| ขนาดสาย (mm²) | 1 เฟส AC (mV / A / m) | 3 เฟส AC (mV / A / m) |
|---|---|---|
| | ทุกกลุ่มการติดตั้ง | ทุกกลุ่มการติดตั้ง |
| 1.0 | 44 | 38 |
| 1.5 | 29 | 25 |
| 2.5 | 18 | 15 |
| 4 | 11 | 9.5 |
| 6 | 7.3 | 6.4 |
| 10 | 4.4 | 3.8 |
| 16 | 2.8 | 2.4 |
| 25 | 1.75 | 1.50 |
| 35 | 1.25 | 1.10 |
| 50 | 0.93 | 0.80 |
| 70 | 0.65 | 0.57 |
| 95 | 0.49 | 0.43 |
| 120 | 0.41 | 0.36 |
| 150 | 0.34 | 0.29 |
| 185 | 0.29 | 0.25 |
| 240 | 0.24 | 0.21 |
| 300 | 0.21 | 0.18 |
| 400 | 0.17 | 0.15 |

# ตาราง H – 3

## แรงดันตก XLPE แกนเดียว (ตาราง ฐ 3)

| ขนาดสาย (mm²) | 1 เฟส AC (mV / A / m) | | | 3 เฟส AC (mV / A / m) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | รูปแบบการติดตั้ง | | | | | | |
| | กลุ่มที่ 1, 2 | กลุ่มที่ 3 , 7 | | กลุ่มที่ 1 , 2 | กลุ่มที่ 3 , 7 | | |
| | | Touchlng | Spaced | | Trefoil | Flat | Spaced |
| 1.0 | 46 | 46 | 46 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 1.5 | 31 | 31 | 31 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| 2.5 | 19 | 19 | 19 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 4 | 12 | 12 | 12 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 6 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 6.8 | 6.8 | 6.8 | 6.8 |
| 10 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 16 | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| 25 | 1.85 | 1.85 | 1.85 | 1.60 | 1.57 | 1.58 | 1.60 |
| 35 | 1.37 | 1.35 | 1.37 | 1.17 | 1.14 | 1.15 | 1.17 |
| 50 | 1.04 | 1.00 | 1.02 | 0.91 | 0.87 | 0.87 | 0.90 |
| 70 | 0.75 | 0.70 | 0.73 | 0.65 | 0.61 | 0.62 | 0.64 |
| 95 | 0.58 | 0.52 | 0.56 | 0.50 | 0.45 | 0.46 | 0.50 |
| 120 | 0.49 | 0.42 | 0.47 | 0.42 | 0.37 | 0.38 | 0.42 |
| 150 | 0.42 | 0.36 | 0.40 | 0.37 | 0.31 | 0.33 | 0.37 |
| 185 | 0.37 | 0.31 | 0.35 | 0.32 | 0.26 | 0.27 | 0.31 |
| 240 | 0.32 | 0.25 | 0.30 | 0.27 | 0.22 | 0.23 | 0.27 |
| 300 | 0.28 | 0.22 | 0.26 | 0.24 | 0.19 | 0.20 | 0.24 |
| 400 | 0.25 | 0.19 | 0.23 | 0.22 | 0.17 | 0.18 | 0.22 |
| 500 | 0.23 | 0.17 | 0.21 | 0.20 | 0.15 | 0.16 | 0.20 |

## ตาราง H – 4

แรงดันตก XLPE หลายแกน (ตาราง ฐ 4)

| ขนาดสาย (mm²) | 1 เฟส AC (mV / A / m) | 3 เฟส AC (mV / A / m) |
|---|---|---|
| | ทุกกลุ่มการติดตั้ง | ทุกกลุ่มการติดตั้ง |
| 1.0 | 46 | 40 |
| 1.5 | 31 | 27 |
| 2.5 | 19 | 16 |
| 4 | 12 | 10 |
| 6 | 7.9 | 6.8 |
| 10 | 4.7 | 4 |
| 16 | 2.9 | 2.5 |
| 25 | 1.85 | 1.60 |
| 35 | 1.35 | 1.15 |
| 50 | 0.99 | 0.86 |
| 70 | 0.68 | 0.60 |
| 95 | 0.52 | 0.44 |
| 120 | 0.42 | 0.36 |
| 150 | 0.35 | 0.31 |
| 185 | 0.30 | 0.25 |
| 240 | 0.24 | 0.22 |
| 300 | 0.21 | 0.18 |
| 400 | 0.19 | 0.16 |

# ภาคผนวก M

## สายท่อ CB ของ Motors

### หลักการและข้อกำหนด

แรงดันตกสำหรับระบบแรงต่ำ

- ขนาดพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าให้คิดไม่น้อยกว่า 125% ของกระแสพิกัดมอเตอร์
- ขนาดสายดินคิด 1.15 x $I_n$ ตามข้อ 4.19 และ ตามตาราง 4 – 2 ของ CB ขั้นถัดไป
- มอเตอร์สตาร์ทแบบ Star – Delta ซึ่งจะมีสายเข้ามอเตอร์ 6 เส้น

  $I_c$ = 1.25 x 0.58 x $I_n$ = 0.725 x $I_n$

  ถ้า 6 เส้น เดินในท่อเดียวกัน $C_g$ = 0.8

  $I_c$ = 0.725 x In / 0.80

  = 0.91 x $I_n$
- CB, Icb ≤ 2.5 x $I_n$

  ค่าในตารางได้มาจากตารางต่างประเทศ สำหรับมอเตอร์ทั่วไป CB

  Icb = (1.5 – 2.0) x $I_n$

**ตัวอย่างที่ M.1**

มอเตอร์ 2.2 kW, 230V, 1 ph, $I_n$ = 19 A ใช้สาย IEC (THW) และ NYY เดินในท่อร้อยสายในอากาศ ให้ขนาดสายท่อ CB

วิธีทำ

$I_c$ = 1.25 x $I_n$ = 1.25 x 19 = 24 A

CB = 40 A

สาย Ground 1.15 x 19 = 22 A, 40 A

ตาราง 4–2 G–4 $mm^2$

สายไฟฟ้า

IEC 01 (THW) 2 x 4 $mm^2$ (28 A)

G – 4 $mm^2$, $\phi$ 15 mm

NYY 2 x 4 $mm^2$ (28 A)

G – 4 $mm^2$, $\phi$ 32 mm

**ตาราง M – 1**

## ตัวอย่างที่ M.2

มอเตอร์ 2.2 kW, 400V, 3 ph, $I_n$ = 42 A เดินในท่อร้อยสาย และสตาร์ทแบบ DOL ให้ขนาด สายท่อ CB

วิธีทำ

$I_c$ = 1.25 x I = 1.25 x 42 = 53 A

CB = 80 A

สาย Ground 1.15 x 42 = 48 A, 70 A

ตาราง 4–2 G–6 $mm^2$

สายไฟฟ้า

| | |
|---|---|
| IEC 01 | 3 x 16 $mm^2$ (59 A) |
| | G – 6 $mm^2$, $\phi$ 25 mm |
| NYY | 3 x 16 $mm^2$ (59 A) |
| | G – 6 $mm^2$, $\phi$ 50 mm |

**ตาราง M – 2**

**ตัวอย่างที่ M.3**

มอเตอร์ 2.2 kW, 400V, 3 ph, $I_n$ = 42 A เดินในท่อร้อยสาย และสตาร์ท Star–Delta ให้ขนาดสายท่อ CB

วิธีทำ

$I_c$ = 1.25 x $I_n$ = 1.25 $I_n$ / 1.732 = 0.73 $I_n$

ถ้าเดินในท่อ 6 เส้น 2 กลุ่มวงจร ตัวคูณปรับค่า 0.8

$I_c$ = 0.73 $I_n$ / 0.8 = 0.91 $I_n$

= 0.91 x 42

= 38 A

CB = 80 A

สายไฟฟ้า

| | |
|---|---|
| IEC 01 | 6 x 10 $mm^2$ (44 A) |
| | G – 6 $mm^2$, $\phi$ 32 mm |
| NYY | 6 x 10 $mm^2$ (44 A) |
| | G – 6 $mm^2$, $\phi$ 65 mm |

**ตาราง M – 3**

## ตาราง M – 1

ขนาด สาย CB และ ท่อสำหรับ Motor 1 ph, 230 V

| พิกัดมอเตอร์ | | กระแสพิกัด | | | ขนาดของสายไฟฟ้าในท่อโลหะ | | | บริภัณฑ์ป้องกัน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kW | Hp | $I_n$ (A) | 1.15 $I_n$ (A) | 1.25 $I_n$ (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ IEC 01 | ขนาดท่อ NYY | CB (AT) |
| 0.37 | 0.5 | 3.9 | 4.5 | 4.9 | 2 x 2.5 G – 2.5 | 15 | 32 | 16 |
| 0.55 | 0.75 | 5.2 | 6.0 | 6.5 | 2 x 2.5 G – 2.5 | 15 | 32 | 16 |
| 0.75 | 1.0 | 6.6 | 7.6 | 8.3 | 2 x 2.5 G – 2.5 | 15 | 32 | 16 |
| 1.1 | 1.5 | 9.6 | 11 | 12 | 2 x 2.5 G – 2.5 | 15 | 32 | 20 |
| 1.5 | 2.0 | 13 | 15 | 16 | 2 x 2.5 G – 2.5 | 15 | 32 | 32 |
| 2.2 | 3.0 | 19 | 22 | 24 | 2 x 4 G - 4 | 15 | 32 | 40 |

# ตาราง M – 1 (ต่อ)

ขนาด สาย CB และ ท่อสำหรับ Motor 1 ph, 230 V

| พิกัดมอเตอร์ | | กระแสพิกัด | | | ขนาดของสายไฟฟ้าในท่อโลหะ | | | บริภัณฑ์ป้องกัน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kW | Hp | $I_n$ (A) | 1.15 $I_n$ (A) | 1.25 $I_n$ (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ | | CB (AT) |
| | | | | | | IEC 01 | NYY | |
| 3.0 | 4.0 | 24 | 28 | 30 | 2 x 6 G - 4 | 20 | 32 | 50 |
| 4.0 | 5.0 | 30 | 34 | 37 | 2 x 10 G - 4 | 20 | 40 | 63 |
| 4.4 | 6.0 | 35 | 40 | 44 | 2 x10 G - 4 | 20 | 40 | 70 |
| 5.5 | 7.5 | 42 | 48 | 52 | 2 x 16 G - 6 | 25 | 40 | 70 |
| 6.0 | 8.0 | 44 | 51 | 55 | 2 x 16 G - 6 | 25 | 40 | 90 |
| 7.0 | 9.0 | 49 | 56 | 61 | 2 x 16 G - 6 | 25 | 40 | 90 |
| 7.5 | 10.0 | 54 | 62 | 67 | 2 x 25 G - 6 | 32 | 40 | 90 |

## ตาราง M – 2

ขนาด สาย CB และ ท่อสำหรับ Motor 3 ph, 400 V DOL

| พิกัดมอเตอร์ | | กระแสพิกัด | | | ขนาดของสายไฟฟ้าในท่อโลหะ | | | บริภัณฑ์ป้องกัน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kW | Hp | $I_n$ (A) | 1.15 $I_n$ (A) | 1.25 $I_n$ (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ | | CB (AT) |
| | | | | | | IEC 01 | NYY | |
| 0.37 | 0.5 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 3 x 2.5 G-2.5 | 15 | 32 | 16 |
| 0.55 | 0.75 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 3 x 2.5 G-2.5 | 15 | 32 | 16 |
| 0.75 | 1.0 | 1.9 | 2.2 | 2.4 | 3 x 2.5 G-2.5 | 15 | 32 | 16 |
| 1.1 | 1.5 | 2.5 | 2.9 | 3.1 | 3 x 2.5 G-2.5 | 15 | 32 | 16 |
| 1.5 | 2.0 | 3.4 | 3.9 | 4.2 | 3 x 2.5 G-2.5 | 15 | 32 | 15 |
| 2.2 | 3.0 | 4.8 | 5.5 | 6.0 | 3 x 2.5 G-2.5 | 15 | 32 | 16 |
| 3.7 | 5.0 | 7.4 | 8.5 | 9.2 | 3 x 2.5 G-2.5 | 15 | 32 | 20 |
| 5.5 | 7.5 | 11 | 13 | 14 | 3 x 2.5 G-2.5 | 15 | 32 | 20 |
| 7.5 | 10 | 15 | 17 | 19 | 3 x 2.5 G-2.5 | 15 | 40 | 32 |
| 11 | 15 | 21 | 24 | 26 | 3 x 6 G-4 | 20 | 40 | 50 |

## ตาราง M – 2 (ต่อ)

ขนาด สาย CB และ ท่อสำหรับ Motor 3 ph, 400 V DOL

| พิกัดมอเตอร์ | | กระแสพิกัด | | | ขนาดของสายไฟฟ้าในท่อโลหะ | | | บริภัณฑ์ป้องกัน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kW | Hp | $I_n$ (A) | 1.15 $I_n$ (A) | 1.25 $I_n$ (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ | | CB (AT) |
| | | | | | | IEC 01 | NYY | |
| 15 | 20 | 28 | 32 | 35 | 3 x 10 G-4 | 25 | 40 | 63 |
| 18.5 | 25 | 35 | 40 | 44 | 3 x 10 G-6 | 25 | 40 | 80 |
| 22 | 30 | 42 | 48 | 52 | 3 x 16 G-6 | 25 | 50 | 80 |
| 30 | 40 | 57 | 65 | 71 | 3 x 25 G-6 | 32 | 50 | 90 |
| 37 | 50 | 69 | 79 | 86 | 3 x 35 G-10 | 40 | 65 | 110 |
| 45 | 60 | 81 | 93 | 101 | 3x50 G-10 | 50 | 65 | 125 |
| 55 | 75 | 100 | 115 | 125 | 3 x 70 G–16 | 50 | 65 | 160 |
| 75 | 100 | 131 | 151 | 164 | 3 x 95 G-16 | 65 | 80 | 225 |
| 90 | 125 | 162 | 186 | 202 | 3x120 G-16 | 65 | 80 | 250 |

## ตาราง M – 2 (ต่อ)

ขนาด สาย CB และ ท่อสำหรับ Motor 3 ph, 400 V DOL

| พิกัดมอเตอร์ | | กระแสพิกัด | | | ขนาดของสายไฟฟ้าในท่อโลหะ | | | บริภัณฑ์ป้องกัน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kW | Hp | $I_n$ (A) | 1.15 $I_n$ (A) | 1.25 $I_n$ (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ | | CB (AT) |
| | | | | | | IEC 01 | NYY | |
| 110 | 150 | 195 | 224 | 244 | 3 x 185 G-25 | 80 | 90 | 320 |
| 132 | 175 | 233 | 268 | 291 | 3 x 240 G–25 | 90 | 100 | 400 |
| 160 | 220 | 285 | 328 | 356 | 2 (3 x 95 G–25) | 2 x 65 | 2 x 80 | 400 |
| 200 | 270 | 352 | 405 | 440 | 2 (3 x 150 G–35) | 2 x 80 | 2 x 90 | 630 |

# ตาราง M – 3

## ขนาดสาย CB และท่อสำหรับ Motor 3 ph, 400 V Star – Delta

| พิกัดมอเตอร์ | | กระแสพิกัด | | | ขนาดของสายไฟฟ้าในท่อโลหะ | | | บริภัณฑ์ป้องกัน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kW | Hp | $I_n$ (A) | 1.15 $I_n$ (A) | 0.91 $I_n$ (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | | CB (AT) |
| | | | | | | IEC 01 | NYY | |
| 7.5 | 10 | 15 | 17 | 14 | 6 x 2.5 G – 2.5 | 20 | 40 | 32 |
| 11 | 15 | 21 | 24 | 19 | 6 x 4 G – 4 | 20 | 50 | 50 |
| 15 | 20 | 28 | 32 | 26 | 6 x 6 G – 4 | 25 | 50 | 63 |
| 18.5 | 25 | 35 | 40 | 32 | 6 x 10 G – 6 | 32 | 65 | 80 |
| 22 | 30 | 42 | 48 | 38 | 6 x 10 G – 6 | 32 | 65 | 80 |
| 30 | 40 | 57 | 65 | 52 | 6 x 16 G – 6 | 40 | 65 | 90 |
| 37 | 50 | 69 | 79 | 63 | 6 x 25 G – 10 | 50 | 65 | 110 |
| 45 | 60 | 81 | 93 | 74 | 6 x 25 G – 10 | 50 | 65 | 125 |

## ตาราง M – 3 (ต่อ)

ขนาดสาย CB และท่อสำหรับ Motor 3 ph, 400 V Star – Delta

| พิกัดมอเตอร์ | | กระแสพิกัด | | | ขนาดของสายไฟฟ้าในท่อโลหะ | | | บริภัณฑ์ป้องกัน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kW | Hp | $I_n$ (A) | 1.15 $I_n$ (A) | 0.91 $I_n$ (A) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ขนาดท่อ (mm) | | CB (AT) |
| | | | | | | IEC 01 | NYY | |
| 55 | 75 | 100 | 115 | 91 | 6 x 35 G – 16 | 50 | 80 | 160 |
| 75 | 100 | 131 | 151 | 119 | 6 x 70 G – 25 | 65 | 80 | 225 |
| 90 | 125 | 162 | 186 | 147 | 6 x 70 G – 25 | 65 | 80 | 250 |
| 110 | 150 | 195 | 224 | 178 | 6 x 95 G – 25 | 80 | 90 | 320 |
| 132 | 175 | 233 | 268 | 212 | 6 x 150 G - 25 | 90 | 125 | 400 |
| 160 | 220 | 285 | 328 | 259 | 6 x 240 G - 25 | 125 | 125 | 400 |
| 200 | 270 | 352 | 405 | 320 | 6 x 300 G – 50 | 125 | 150 | 630 |

# ภาคผนวก S

## กระแสลัดวงจร

## หลักการและข้อกำหนด

- พิกัดกระแสลัดวงจรของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องมากกว่าค่ากระแสลัดวงจรที่จุดติดตั้งข้อ 3.5.2
- กระแสลัดวงจรทางด้านแรงดันต่ำ ขึ้นอยู่กับ

1. ขนาดของระบบไฟฟ้า ทางด้าน MV

โดยทั่วไปค่า Short Circuit Capacity ใช้ 500 MVA

2. ขนาดพิกัดของหม้อแปลง และ % U
3. ขนาดสายไฟฟ้า และความยาวสาย

- การคำนวณกระแสลัดวงจรต้องทำตามมาตรฐานต่างๆ ที่กำหนด มาตรฐานที่นิยมใช้คือ **IEC 60909 Short – circuit Current Calculation in ThreE – phase A.C. System**

- การคำนวณมีรายละเอียดมาก
- ผู้เขียนจึงได้ใช้ **Computer** คำนวณกระแสลัดวงจรและทำเป็นตารางไว้เพื่อให้ใช้สะดวก
- ค่ากระแสลัดวงจรในตาราง โดยทั่วไปจะเป็นค่าสูงสุด ตามข้อมูลที่ใช้ แต่ถ้าข้อมูลผิดไป เช่น ค่า **Impedance** ของหม้อแปลงลดลง มีมอเตอร์ต่ออยู่ เป็นต้น

ค่ากระแสลัดวงจรที่แท้จริง อาจเพิ่มขึ้นบ้าง ดังนั้นในการใช้ตารางควรเผื่อไว้เพื่อความปลอดภัย โดยทั่วไปควรเผื่อประมาณ 25%

**ตัวอย่างที่ S.1**

หม้อแปลง 1600 kVA, 22 kV / 230 – 400 V ต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าที่มี $S''_{KQ}$=500 MVA ให้หาพิกัดกระแสลัดวงจรของ CB ที่ตู้ MDB จะต้องใช้ Main CB ขนาด AT และ AF และให้หาสายเมน XLPE เดินบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศ

วิธีทำ

จากตาราง S – 1 หม้อแปลง 1600 kVA

$I_k$ = 36.4 kA

เผื่อ 25 %

$I_k$ = 1.25 x 36.4 = 45.5 kA

กระแสลัดวงจรที่ตู้ MDB = 50 kA

CB ทุกตัวที่ตู้ MDB IC = 50 kA

Main CB

AT = 2400 – 2800 A

AF = 3200 A

จากตาราง G – 6

หม้อแปลง 1600 kVA สายเมน

6 (3 x 300, 1 x 150 $mm^2$)

7 (3 x 240, 1 x 120 $mm^2$)

8 (3 x 185, 1 x 95 $mm^2$)

**ตัวอย่างที่ S.2**

หม้อแปลง 1000 kVA, 22 kV / 230 – 400 V ต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าที่มี $S''_{KQ}$=500 MVA ให้หาพิกัด $I_{cu}$ ของ CB ที่ตู้ MDB และถ้าสายขนาด 50 $mm^2$ ยาว 25 m จ่ายไฟไปให้ตู้ DB ให้หาพิกัด $I_{cu}$ ของ CB ที่ตู้ DB

วิธีทำ

จากตาราง

หม้อแปลง 1000 kVA, $I_k$ = 23.2 kA

$I_{cu} \geq 1.25 \times 23.2$ = 29 kA

CB ทั้งหมดที่ตู้ MDB ต้องมี

$I_{cu}$ = 30 kA

จากตาราง

สาย 50 $mm^2$, ยาว 25 m, หม้อแปลง 1000 kVA

$I_k$ = 13.8 kA

$I_{cu} \geq 1.25 \times 13.8$ = 17.3 kA

CB ทั้งหมด ที่ตู้ DB ต้องมี

$I_{cu}$ = 18 kA

**ตัวอย่างที่ S.3**

หม้อแปลง 2000 kVA, 22 kV / 230 – 400 V ต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าที่มี $S''_{KQ}$=500 MVA ให้หาพิกัด $I_{cu}$ ของ CB ที่ตู้ MDB และถ้าสายขนาด 50 $mm^2$ ยาว 30 m จ่ายไฟไปให้ตู้ DB ให้หาพิกัด $I_{cu}$ ของ CB ที่ตู้ DB

วิธีทำ

จากตาราง

หม้อแปลง 2000 kVA, $I_k$ = 44.8 kA

$I_{cu} \geq 1.25 \times 44.8$ = 56 kA

CB ทั้งหมดที่ตู้ MDB ต้องมี

$I_{cu}$ = 56 kA

= 65 kA

จากตาราง

สาย 50 $mm^2$, ยาว 25 m, หม้อแปลง 2000 kVA Ik = 18.1 kA

สาย 50 $mm^2$, ยาว 50 m, หม้อแปลง 2000 kVA Ik = 10.5 kA

ใช้วิธี Interpolation

ระยะห่าง 50 – 25 = 25 m

กระแสต่าง 18.1 – 10.5 = 7.6 kA

สาย 50 $mm^2$, ยาว 30 m

$I_k$ = 18.1 – (7.6 / 25) x 5 = 16.6 kA

$I_{cu}$ ≥ 1.25 x 16.6 = 20.8 kA

CB ทั้งหมด ที่ตู้ DB ต้องมี

$I_{cu}$ = 22 kA

## ตาราง S – 1

ขนาด CB และ IC ที่ใช้กับหม้อแปลงที่ด้านแรงดันต่ำ 230/400 V

| ขนาดพิกัดหม้อแปลง (kVA) | กระแสพิกัด (A) | 125% กระแสพิกัด (A) | ค่าปรับตั้ง CB (AT) | AF (A) | ค่าพิกัดกระแสลัดวงจร (kA) |
|---|---|---|---|---|---|
| 315 | 455 | 568 | 500 - 550 | 630 | 18 |
| 400 | 577 | 721 | 600 – 700 | 800 | 18 |
| 500 | 722 | 903 | 800 – 900 | 1000 | 22 |
| 630 | 909 | 1136 | 1000 – 1100 | 1250 | 30 |
| 800 | 1155 | 1443 | 1250 – 1400 | 1600 | 25 |
| 1000 | 1443 | 1804 | 1500 – 1800 | 2000 | 30 |
| 1250 | 1804 | 2255 | 1900 – 2200 | 2500 | 42 |
| 1600 | 2309 | 2886 | 2400 – 2800 | 3200 | 50 |
| 2000 | 2887 | 3609 | 2900 – 3600 | 4000 | 65 |
| 2500 | 3608 | 4510 | 3700 – 4500 | 5000 | 80 |

## ตาราง S – 2

กระแสลัดวงจรสมมาตรสามเฟส ที่ 400 V ในหน่วย kA

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | ขนาดสาย (mm²) | ระยะห่างจากหม้อแปลงถึงตำแหน่งที่เกิดลัดวงจร (เมตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 10 | 25 | 5`0 | 75 | 100 |
| 315 | 16 | 11.2 | 8.4 | 5.5 | 3.4 | 2.4 | 1.8 |
| | 25 | 11.2 | 9.3 | 6.9 | 4.6 | 3.4 | 2.7 |
| | 35 | 11.2 | 9.7 | 7.8 | 5.6 | 4.3 | 3.5 |
| | 50 | 11.2 | 10.1 | 8.5 | 6.6 | 5.3 | 4.4 |
| | 70 | 11.2 | 10.3 | 9.0 | 7.4 | 6.2 | 5.3 |
| | 95 | 11.2 | 10.4 | 9.3 | 7.9 | 6.8 | 5.9 |
| | 120 | 11.2 | 10.5 | 9.5 | 8.2 | 7.2 | 6.4 |
| | 150 | 11.2 | 10.5 | 9.7 | 8.5 | 7.5 | 6.7 |
| | 185 | 11.2 | 10.6 | 9.8 | 8.6 | 7.7 | 7.0 |
| | 240 | 11.2 | 10.6 | 9.9 | 8.8 | 8.0 | 7.2 |
| | 300 | 11.2 | 10.6 | 9.9 | 8.9 | 8.1 | 7.4 |
| | 400 | 11.2 | 10.7 | 10.0 | 9.0 | 8.2 | 7.4 |
| | 2 x 95 | 11.2 | 10.8 | 10.2 | 9.3 | 8.6 | 7.9 |
| | 2 x 120 | 11.2 | 10.8 | 10.3 | 9.5 | 8.8 | 8.2 |
| | 2 x 150 | 11.2 | 10.9 | 10.4 | 9.7 | 9.0 | 8.5 |
| | 2 x 185 | 11.2 | 10.9 | 10.4 | 9.8 | 9.2 | 8.6 |
| | 2 x 240 | 11.2 | 10.9 | 10.5 | 9.9 | 9.3 | 8.8 |
| | 2 x 300 | 11.2 | 10.9 | 10.5 | 9.9 | 9.4 | 8.9 |

# ตาราง S – 2 (ต่อ)

## กระแสลัดวงจรสมมาตรสามเฟส ที่ 400 V ในหน่วย kA

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | ขนาดสาย (mm²) | ระยะห่างจากหม้อแปลงถึงตำแหน่งที่เกิดลัดวงจร (เมตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 400 | 16 | 14.1 | 9.9 | 6.0 | 3.5 | 2.4 | 1.9 |
| | 25 | 14.1 | 11.2 | 7.8 | 5.0 | 3.6 | 2.8 |
| | 35 | 14.1 | 11.9 | 9.0 | 6.2 | 4.6 | 3.7 |
| | 50 | 14.1 | 12.4 | 10.1 | 7.4 | 5.8 | 4.7 |
| | 70 | 14.1 | 12.7 | 10.8 | 8.5 | 6.9 | 5.8 |
| | 95 | 14.1 | 12.9 | 11.3 | 9.3 | 7.7 | 6.6 |
| | 120 | 14.1 | 13.0 | 11.6 | 9.7 | 8.3 | 7.2 |
| | 150 | 14.1 | 13.1 | 11.8 | 10.1 | 8.7 | 7.7 |
| | 185 | 14.1 | 13.2 | 12.0 | 10.3 | 9.0 | 8.0 |
| | 240 | 14.1 | 13.3 | 12.1 | 10.6 | 9.3 | 8.4 |
| | 300 | 14.1 | 13.3 | 12.2 | 10.7 | 9.5 | 8.6 |
| | 400 | 14.1 | 13.3 | 12.3 | 10.8 | 9.7 | 8.8 |
| | 2 x 95 | 14.1 | 13.5 | 12.6 | 11.3 | 10.2 | 9.3 |
| | 2 x 120 | 14.1 | 13.6 | 12.8 | 11.6 | 10.6 | 9.7 |
| | 2 x 150 | 14.1 | 13.6 | 12.9 | 11.8 | 10.9 | 10.1 |
| | 2 x 185 | 14.1 | 13.6 | 13.0 | 12.0 | 11.1 | 10.3 |
| | 2 x 240 | 14.1 | 13.7 | 13.0 | 12.1 | 11.3 | 10.6 |
| | 2 x 300 | 14.1 | 13.7 | 13.1 | 12.2 | 11.4 | 10.7 |
| | 3 x 185 | 14.1 | 13.8 | 13.3 | 12.6 | 12.0 | 11.4 |
| | 3 x 240 | 14.1 | 13.8 | 13.4 | 12.7 | 12.1 | 11.5 |
| | 3 x 300 | 14.1 | 13.8 | 13.4 | 12.8 | 12.2 | 11.7 |

## ตาราง S – 2 (ต่อ)

กระแสลัดวงจรสมมาตรสามเฟส ที่ 400 V ในหน่วย kA

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ระยะห่างจากหม้อแปลงถึงตำแหน่งที่เกิดลัดวงจร (เมตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 500 | 16 | 17.6 | 11.3 | 6.4 | 3.6 | 2.5 | 1.9 |
| | 25 | 17.6 | 13.2 | 8.6 | 5.2 | 3.7 | 2.9 |
| | 35 | 17.6 | 14.2 | 10.2 | 6.6 | 4.8 | 3.8 |
| | 50 | 17.6 | 14.9 | 11.6 | 8.2 | 6.2 | 5.0 |
| | 70 | 17.6 | 15.4 | 12.7 | 9.5 | 7.5 | 6.2 |
| | 95 | 17.6 | 15.7 | 13.4 | 10.5 | 8.6 | 7.2 |
| | 120 | 17.6 | 15.9 | 13.8 | 11.2 | 9.3 | 8.0 |
| | 150 | 17.6 | 16.0 | 14.1 | 11.7 | 9.9 | 8.5 |
| | 185 | 17.6 | 16.1 | 14.3 | 12.0 | 10.3 | 9.0 |
| | 240 | 17.6 | 16.2 | 14.5 | 12.4 | 10.7 | 9.5 |
| | 300 | 17.6 | 16.3 | 14.7 | 12.6 | 11.0 | 9.8 |
| | 400 | 17.6 | 16.3 | 14.8 | 12.8 | 11.2 | 10.0 |
| | 2 x 95 | 17.6 | 16.6 | 15.3 | 13.4 | 11.8 | 10.5 |
| | 2 x 120 | 17.6 | 16.7 | 15.5 | 13.8 | 12.4 | 11.2 |
| | 2 x 150 | 17.6 | 16.8 | 15.7 | 14.1 | 12.8 | 11.7 |
| | 2 x 185 | 17.6 | 16.8 | 15.8 | 14.3 | 13.1 | 12.0 |
| | 2 x 240 | 17.6 | 16.9 | 15.9 | 14.5 | 13.4 | 12.4 |
| | 2 x 300 | 17.6 | 16.9 | 16.0 | 14.7 | 13.6 | 12.6 |
| | 3 x 185 | 17.6 | 17.1 | 16.4 | 15.3 | 14.3 | 13.5 |
| | 3 x 240 | 17.6 | 17.1 | 16.4 | 15.4 | 14.5 | 13.7 |
| | 3 x 300 | 17.6 | 17.1 | 16.5 | 15.5 | 14.7 | 13.9 |

## ตาราง S – 2 (ต่อ)

กระแสลัดวงจรสมมาตรสามเฟส ที่ 400 V ในหน่วย kA

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ระยะห่างจากหม้อแปลงถึงตำแหน่งที่เกิดลัดวงจร (เมตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 630 | 16 | 22.0 | 12.7 | 6.8 | 3.7 | 2.5 | 1.9 |
| | 25 | 22.0 | 15.3 | 9.3 | 5.4 | 3.8 | 2.9 |
| | 35 | 22.0 | 16.8 | 11.3 | 7.0 | 5.0 | 3.9 |
| | 50 | 22.0 | 18.0 | 13.3 | 8.9 | 6.6 | 5.2 |
| | 70 | 22.0 | 18.7 | 14.8 | 10.6 | 8.1 | 6.6 |
| | 95 | 22.0 | 19.2 | 15.8 | 11.9 | 9.5 | 7.8 |
| | 120 | 22.0 | 19.5 | 16.4 | 12.8 | 10.4 | 8.7 |
| | 150 | 22.0 | 19.7 | 16.8 | 13.4 | 11.1 | 9.4 |
| | 185 | 22.0 | 19.8 | 17.1 | 13.9 | 11.7 | 10.0 |
| | 240 | 22.0 | 19.9 | 17.5 | 14.4 | 12.2 | 10.6 |
| | 300 | 22.0 | 20.0 | 17.7 | 14.7 | 12.6 | 11.0 |
| | 400 | 22.0 | 20.1 | 17.8 | 14.9 | 12.9 | 11.3 |
| | 2 x 95 | 22.0 | 20.5 | 18.6 | 15.8 | 13.6 | 11.9 |
| | 2 x 120 | 22.0 | 20.7 | 18.9 | 16.4 | 14.4 | 12.8 |
| | 2 x 150 | 22.0 | 20.8 | 19.1 | 16.8 | 15.0 | 13.4 |
| | 2 x 185 | 22.0 | 20.8 | 19.3 | 17.1 | 15.4 | 13.9 |
| | 2 x 240 | 22.0 | 20.9 | 19.5 | 17.5 | 15.8 | 14.4 |
| | 2 x 300 | 22.0 | 21.0 | 19.6 | 17.7 | 16.1 | 14.7 |
| | 2 x 400 | 22.0 | 21.0 | 19.7 | 17.8 | 16.2 | 14.9 |
| | 3 x 185 | 22.0 | 21.2 | 20.1 | 18.5 | 17.1 | 15.9 |
| | 3 x 240 | 22.0 | 21.3 | 20.3 | 18.8 | 17.5 | 16.3 |
| | 3 x 300 | 22.0 | 21.3 | 20.3 | 18.9 | 17.7 | 16.6 |

## ตาราง S – 2 (ต่อ)

กระแสลัดวงจรสมมาตรสามเฟส ที่ 400 V ในหน่วย kA

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ระยะห่างจากหม้อแปลงถึงตำแหน่งที่เกิดลัดวงจร (เมตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 800 | 16 | 18.7 | 11.9 | 6.6 | 3.7 | 2.5 | 1.9 |
| | 25 | 18.7 | 13.9 | 8.9 | 5.3 | 3.8 | 2.9 |
| | 35 | 18.7 | 15.0 | 10.7 | 6.8 | 4.9 | 3.9 |
| | 50 | 18.7 | 15.9 | 12.2 | 8.5 | 6.4 | 5.2 |
| | 70 | 18.7 | 16.4 | 13.4 | 9.9 | 7.8 | 6.6 |
| | 95 | 18.7 | 16.7 | 14.2 | 11.0 | 8.9 | 7.8 |
| | 120 | 18.7 | 16.9 | 14.6 | 11.7 | 9.7 | 8.7 |
| | 150 | 18.7 | 17.0 | 14.9 | 12.2 | 10.3 | 9.4 |
| | 185 | 18.7 | 17.1 | 15.1 | 12.6 | 10.7 | 10.0 |
| | 240 | 18.7 | 17.2 | 15.4 | 13.0 | 11.2 | 10.6 |
| | 300 | 18.7 | 17.3 | 15.5 | 13.2 | 11.5 | 11.0 |
| | 400 | 18.7 | 17.3 | 15.6 | 13.4 | 11.7 | 11.3 |
| | 2 x 95 | 18.7 | 17.7 | 16.3 | 14.2 | 12.4 | 11.9 |
| | 2 x 120 | 18.7 | 17.8 | 16.5 | 14.6 | 13.0 | 12.8 |
| | 2 x 150 | 18.7 | 17.8 | 16.6 | 14.9 | 13.5 | 13.4 |
| | 2 x 185 | 18.7 | 17.9 | 16.8 | 15.1 | 13.8 | 13.9 |
| | 2 x 240 | 18.7 | 17.9 | 16.9 | 15.4 | 14.1 | 14.4 |
| | 2 x 300 | 18.7 | 18.0 | 17.0 | 15.5 | 14.3 | 14.7 |
| | 2 x 400 | 18.7 | 18.0 | 17.0 | 15.6 | 14.4 | 14.9 |
| | 3 x 185 | 18.7 | 18.2 | 17.4 | 16.2 | 15.1 | 15.9 |
| | 3 x 240 | 18.7 | 18.2 | 17.5 | 16.3 | 15.4 | 16.3 |
| | 3 x 300 | 18.7 | 18.2 | 17.5 | 16.4 | 15.5 | 16.6 |

# ตาราง S – 2 (ต่อ)

## กระแสลัดวงจรสมมาตรสามเฟส ที่ 400 V ในหน่วย kA

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ระยะห่างจากหม้อแปลงถึงตำแหน่งที่เกิดลัดวงจร (เมตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 1000 | 16 | 23.2 | 13.2 | 6.9 | 3.7 | 2.5 | 1.9 |
| | 25 | 23.2 | 16.0 | 9.6 | 5.5 | 3.8 | 2.9 |
| | 35 | 23.2 | 17.7 | 11.7 | 7.2 | 5.1 | 3.9 |
| | 50 | 23.2 | 18.9 | 13.8 | 9.1 | 6.7 | 5.3 |
| | 70 | 23.2 | 19.7 | 15.4 | 10.9 | 8.3 | 6.7 |
| | 95 | 23.2 | 20.2 | 16.5 | 12.3 | 9.7 | 8.0 |
| | 120 | 23.2 | 20.5 | 17.1 | 13.2 | 10.7 | 8.9 |
| | 150 | 23.2 | 20.5 | 17.6 | 13.9 | 11.4 | 9.7 |
| | 185 | 23.2 | 20.7 | 17.9 | 14.5 | 12.0 | 10.3 |
| | 240 | 23.2 | 20.8 | 18.3 | 15.0 | 12.6 | 10.9 |
| | 300 | 23.2 | 21.0 | 18.5 | 15.3 | 13.0 | 11.3 |
| | 400 | 23.2 | 21.1 | 18.6 | 15.5 | 13.3 | 11.6 |
| | 2 x 95 | 23.2 | 21.7 | 19.5 | 16.5 | 14.2 | 12.3 |
| | 2 x 120 | 23.2 | 21.8 | 19.9 | 17.1 | 15.0 | 13.2 |
| | 2 x 150 | 23.2 | 21.9 | 20.1 | 17.6 | 15.6 | 13.9 |
| | 2 x 185 | 23.2 | 22.0 | 20.3 | 17.9 | 16.0 | 14.5 |
| | 2 x 240 | 23.2 | 22.0 | 20.5 | 18.3 | 16.5 | 15.0 |
| | 2 x 300 | 23.2 | 22.1 | 20.6 | 18.5 | 16.7 | 15.3 |
| | 2 x 400 | 23.2 | 22.1 | 20.7 | 18.6 | 16.9 | 15.5 |
| | 3 x 185 | 23.2 | 22.4 | 21.2 | 19.5 | 17.9 | 16.6 |
| | 3 x 240 | 23.2 | 22.4 | 21.3 | 19.7 | 18.3 | 17.0 |
| | 3 x 300 | 23.2 | 22.5 | 21.5 | 19.8 | 18.5 | 17.3 |
| | 3 x 400 | 23.2 | 22.5 | 21.5 | 20.0 | 18.6 | 17.5 |

## ตาราง S – 2 (ต่อ)

กระแสลัดวงจรสมมาตรสามเฟส ที่ 400 V ในหน่วย kA

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | ขนาดสาย (mm²) | ระยะห่างจากหม้อแปลงถึงตำแหน่งที่เกิดลัดวงจร (เมตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 1250 | 16 | 28.8 | 14.4 | 7.1 | 3.8 | 2.6 | 1.9 |
| | 25 | 28.8 | 18.1 | 10.1 | 5.7 | 3.9 | 3.0 |
| | 35 | 28.8 | 20.4 | 12.7 | 7.5 | 5.2 | 4.0 |
| | 50 | 28.8 | 22.3 | 15.3 | 9.6 | 7.0 | 5.4 |
| | 70 | 28.8 | 23.5 | 17.5 | 11.8 | 8.8 | 7.0 |
| | 95 | 28.8 | 24.2 | 19.0 | 13.6 | 10.4 | 8.4 |
| | 120 | 28.8 | 24.7 | 19.9 | 14.7 | 11.6 | 9.5 |
| | 150 | 28.8 | 25.0 | 20.6 | 15.7 | 12.6 | 10.4 |
| | 185 | 28.8 | 25.2 | 21.1 | 16.4 | 13.3 | 11.2 |
| | 240 | 28.8 | 25.4 | 21.5 | 17.1 | 14.1 | 12.0 |
| | 300 | 28.8 | 25.5 | 21.8 | 17.5 | 14.6 | 12.5 |
| | 400 | 28.8 | 25.7 | 22.0 | 17.8 | 14.9 | 12.8 |
| | 2 x 95 | 28.8 | 26.4 | 23.2 | 19.0 | 15.9 | 13.6 |
| | 2 x 120 | 28.8 | 26.6 | 23.8 | 19.9 | 17.0 | 14.7 |
| | 2 x 150 | 28.8 | 26.8 | 24.1 | 20.6 | 17.8 | 15.7 |
| | 2 x 185 | 28.8 | 26.9 | 24.4 | 21.1 | 18.4 | 16.4 |
| | 2 x 240 | 28.8 | 27.0 | 24.7 | 21.5 | 19.0 | 17.1 |
| | 2 x 300 | 28.8 | 27.1 | 24.8 | 21.8 | 19.4 | 17.5 |
| | 2 x 400 | 28.8 | 27.1 | 25.0 | 22.0 | 19.7 | 17.8 |
| | 3 x 185 | 28.8 | 27.5 | 25.7 | 23.2 | 21.1 | 19.3 |
| | 3 x 240 | 28.8 | 27.6 | 25.9 | 23.5 | 21.5 | 19.8 |
| | 3 x 300 | 28.8 | 27.6 | 26.0 | 23.8 | 21.8 | 20.2 |
| | 3 x 400 | 28.8 | 27.7 | 26.1 | 23.9 | 22.0 | 20.4 |

## ตาราง S – 2 (ต่อ)

กระแสลัดวงจรสมมาตรสามเฟส ที่ 400 V ในหน่วย kA

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ระยะห่างจากหม้อแปลงถึงตำแหน่งที่เกิดลัดวงจร (เมตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 1600 | 16 | 36.4 | 15.6 | 7.3 | 3.8 | 3.0 | 2.0 |
| | 25 | 36.4 | 20.4 | 10.7 | 5.8 | 4.0 | 3.0 |
| | 35 | 36.4 | 23.6 | 13.6 | 7.7 | 5.3 | 4.1 |
| | 50 | 36.4 | 26.3 | 16.9 | 10.2 | 7.2 | 5.6 |
| | 70 | 36.4 | 28.2 | 19.7 | 12.7 | 9.2 | 7.2 |
| | 95 | 36.4 | 29.4 | 21.9 | 14.9 | 11.1 | 8.9 |
| | 120 | 36.4 | 30.0 | 23.1 | 16.4 | 12.5 | 10.1 |
| | 150 | 36.4 | 30.5 | 24.1 | 17.6 | 13.7 | 11.2 |
| | 185 | 36.4 | 30.9 | 24.8 | 18.5 | 14.7 | 12.1 |
| | 240 | 36.4 | 31.2 | 25.5 | 19.4 | 15.6 | 13.1 |
| | 300 | 36.4 | 31.4 | 25.9 | 20.0 | 16.3 | 13.7 |
| | 400 | 36.4 | 31.5 | 26.3 | 20.5 | 16.7 | 14.2 |
| | 2 x 95 | 36.4 | 32.7 | 27.9 | 21.9 | 17.8 | 14.9 |
| | 2 x 120 | 36.4 | 33.0 | 28.7 | 23.1 | 19.2 | 16.4 |
| | 2 x 150 | 36.4 | 33.3 | 29.3 | 24.1 | 20.4 | 17.6 |
| | 2 x 185 | 36.4 | 33.4 | 29.7 | 24.8 | 21.2 | 18.5 |
| | 2 x 240 | 36.4 | 33.6 | 30.1 | 25.5 | 22.1 | 19.4 |
| | 2 x 300 | 36.4 | 33.7 | 30.3 | 25.9 | 22.6 | 20.0 |
| | 2 x 400 | 36.4 | 33.8 | 30.5 | 26.3 | 23.0 | 20.5 |
| | 3 x 185 | 36.4 | 34.4 | 31.7 | 27.9 | 24.8 | 22.3 |
| | 3 x 240 | 36.4 | 34.5 | 31.9 | 28.4 | 25.5 | 23.1 |
| | 3 x 300 | 36.4 | 34.6 | 32.1 | 28.7 | 25.9 | 23.6 |
| | 3 x 400 | 36.4 | 34.6 | 32.3 | 29.0 | 26.3 | 24.0 |

## ตาราง S – 2 (ต่อ)

กระแสลัดวงจรสมมาตรสามเฟส ที่ 400 V ในหน่วย kA

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | ขนาดสาย (mm²) | ระยะห่างจากหม้อแปลงถึงตำแหน่งที่เกิดลัดวงจร (เมตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 2000 | 16 | 44.8 | 16.5 | 7.5 | 3.9 | 2.6 | 2.0 |
| | 25 | 44.8 | 22.2 | 11.0 | 5.9 | 4.0 | 3.0 |
| | 35 | 44.8 | 26.4 | 14.3 | 7.9 | 5.4 | 4.1 |
| | 50 | 44.8 | 30.2 | 18.1 | 10.5 | 7.4 | 5.7 |
| | 70 | 44.8 | 32.8 | 21.7 | 13.3 | 9.5 | 7.4 |
| | 95 | 44.8 | 34.5 | 24.4 | 15.9 | 11.7 | 9.2 |
| | 120 | 44.8 | 35.5 | 26.1 | 17.7 | 13.3 | 10.6 |
| | 150 | 44.8 | 36.2 | 27.4 | 19.2 | 14.7 | 11.8 |
| | 185 | 44.8 | 36.7 | 28.4 | 20.4 | 15.8 | 12.9 |
| | 240 | 44.8 | 37.2 | 29.4 | 21.6 | 17.0 | 14.0 |
| | 300 | 44.8 | 37.5 | 30.0 | 22.3 | 17.8 | 14.7 |
| | 400 | 44.8 | 37.7 | 30.4 | 22.9 | 18.3 | 15.3 |
| | 2 x 95 | 44.8 | 39.4 | 32.4 | 24.4 | 19.3 | 15.9 |
| | 2 x 120 | 44.8 | 39.8 | 33.6 | 26.1 | 21.2 | 17.7 |
| | 2 x 150 | 44.8 | 40.2 | 34.4 | 27.4 | 22.6 | 19.2 |
| | 2 x 185 | 44.8 | 40.5 | 35.1 | 28.4 | 23.8 | 20.4 |
| | 2 x 240 | 44.8 | 40.7 | 35.6 | 29.4 | 24.9 | 21.6 |
| | 2 x 300 | 44.8 | 40.9 | 36.0 | 30.0 | 25.6 | 22.3 |
| | 2 x 400 | 44.8 | 41.0 | 36.3 | 30.4 | 26.1 | 22.9 |
| | 3 x 185 | 44.8 | 41.8 | 37.9 | 32.6 | 28.4 | 25.2 |
| | 3 x 240 | 44.8 | 42.0 | 38.3 | 33.3 | 29.4 | 26.2 |
| | 3 x 300 | 44.8 | 42.1 | 38.6 | 33.7 | 30.0 | 26.9 |
| | 3 x 400 | 44.8 | 42.2 | 38.8 | 34.1 | 30.4 | 27.4 |

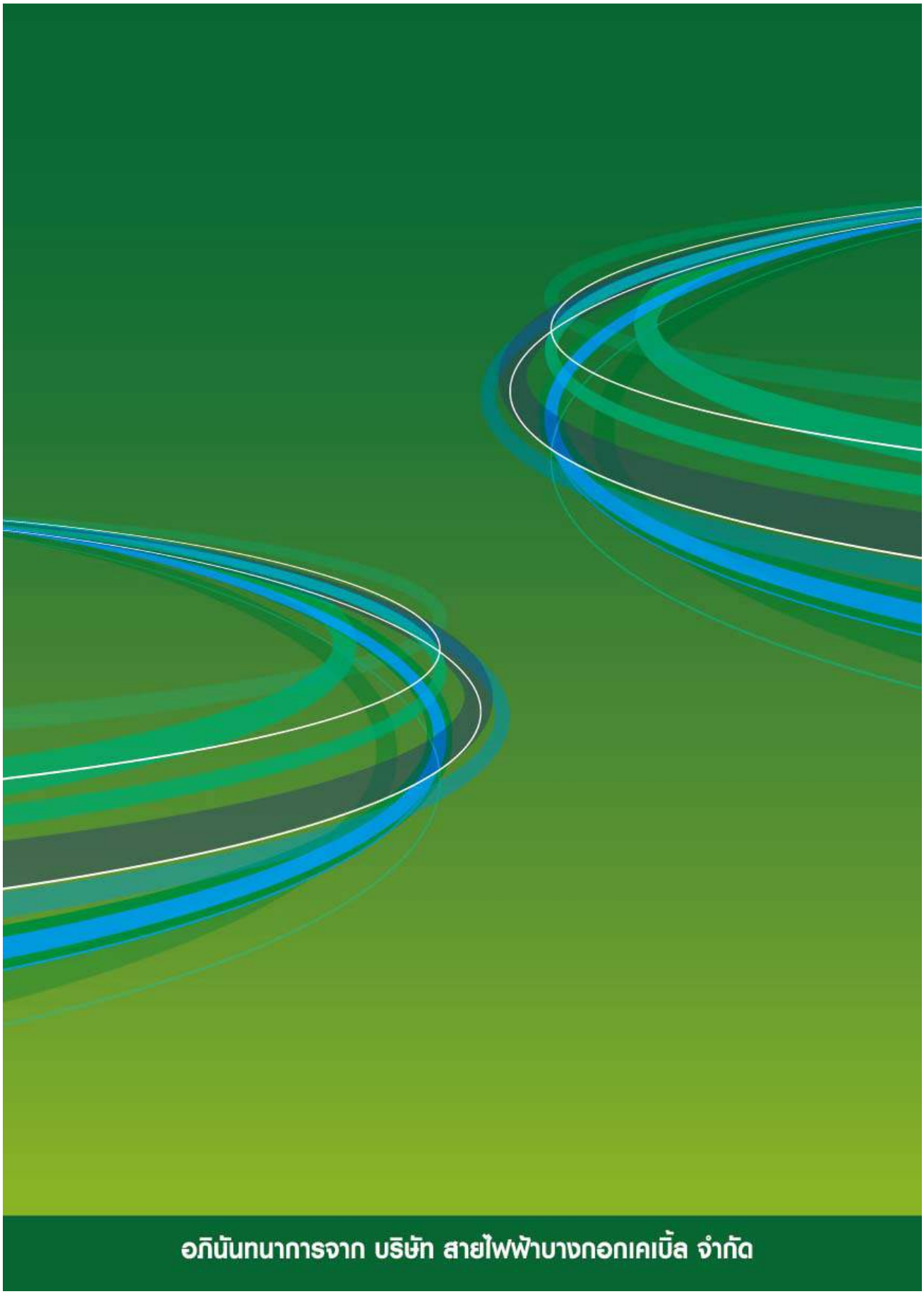
## ตาราง S – 2 (ต่อ)

กระแสลัดวงจรสมมาตรสามเฟส ที่ 400 V ในหน่วย kA

| พิกัดหม้อแปลง (kVA) | ขนาดสาย ($mm^2$) | ระยะห่างจากหม้อแปลงถึงตำแหน่งที่เกิดลัดวงจร (เมตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 2500 | 16 | 55.1 | 17.3 | 7.6 | 3.9 | 2.6 | 2.0 |
| | 25 | 55.1 | 24.0 | 11.3 | 5.9 | 4.0 | 3.0 |
| | 35 | 55.1 | 29.2 | 14.9 | 8.1 | 5.5 | 4.2 |
| | 50 | 55.1 | 34.1 | 19.3 | 10.9 | 7.5 | 5.7 |
| | 70 | 55.1 | 37.8 | 23.5 | 13.9 | 9.8 | 7.6 |
| | 95 | 55.1 | 40.3 | 26.9 | 16.8 | 12.1 | 9.5 |
| | 120 | 55.1 | 41.6 | 29.2 | 18.9 | 13.9 | 11.0 |
| | 150 | 55.1 | 42.6 | 30.9 | 20.7 | 15.5 | 12.4 |
| | 185 | 55.1 | 43.3 | 32.2 | 22.2 | 16.8 | 13.6 |
| | 240 | 55.1 | 44.0 | 33.4 | 23.6 | 18.2 | 14.8 |
| | 300 | 55.1 | 44.5 | 34.2 | 24.6 | 19.2 | 15.7 |
| | 400 | 55.1 | 44.8 | 34.8 | 25.3 | 19.8 | 16.3 |
| | 2 x 95 | 55.1 | 47.1 | 37.4 | 26.9 | 20.8 | 16.38 |
| | 2 x 120 | 55.1 | 47.8 | 39.0 | 29.2 | 23.0 | 18.9 |
| | 2 x 150 | 55.1 | 48.3 | 40.2 | 30.9 | 24.9 | 20.7 |
| | 2 x 185 | 55.1 | 48.7 | 41.1 | 32.2 | 26.3 | 22.2 |
| | 2 x 240 | 55.1 | 49.0 | 41.9 | 33.4 | 27.7 | 23.6 |
| | 2 x 300 | 55.1 | 49.3 | 42.4 | 34.2 | 28.6 | 24.6 |
| | 2 x 400 | 55.1 | 49.4 | 42.8 | 34.8 | 29.3 | 25.3 |
| | 3 x 185 | 55.1 | 50.7 | 45.0 | 37.7 | 32.2 | 28.0 |
| | 3 x 240 | 55.1 | 50.9 | 45.6 | 38.7 | 33.4 | 29.4 |
| | 3 x 300 | 55.1 | 51.1 | 46.0 | 39.3 | 34.2 | 30.3 |
| | 3 x 400 | 55.1 | 51.2 | 46.2 | 39.7 | 34.8 | 30.9 |

# เอกสารอ้างอิง


| | |
|---|---|
| ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ | “คู่มือการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า” Bangkok Cable Co., Ltd 2550 |
| ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ | “การออกแบบระบบไฟฟ้า” TCG Printing จำกัด 2553 |
| ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ | มอก 11 – 2553 |
| ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ | วสท. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 |



อภินันทนาการจาก บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิ้ล จำกัด