



คู่มือการติดตั้ง ระบบไฟฟ้า อย่างมืออาชีพ

ฉบับปรับปรุงตามมาตรฐานฯ ใหม่ พ.ศ.2564
ลือชัย ทองนิล

Thai-Yazaki Electric Wire Co.,Ltd.



Thai-Yazaki Electric Wire Co.,Ltd.

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ
คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ

ชื่อหนังสือ : คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ
ฉบับปรับปรุงตามมาตรฐานใหม่ 2564

ผู้เขียน : ลือชัย ทองนิล

ISBN : 978-616-93347-1-2

พิมพ์ครั้งที่ 2 : มิถุนายน 2565 จำนวน 10,000 เล่ม
(ฉบับปรับปรุงครั้งที่1)

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์

โดย : บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยาสากิ จำกัด
ห้ามลอกเลียนแบบไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้
นอกจากได้รับอนุญาต

จัดพิมพ์โดย : บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยาสากิ จำกัด
ที่อยู่ ชั้นที่ 21 อาคารโอเนสทาวเวอร์ เลขที่ 6 ซอยสุขุมวิท6
แขวงคลองเตย เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร 10110
โทรศัพท์ 02-653-2550 โทรสาร 02-653-2613
<https://www.thaiyazaki-electricwire.co.th/>

จัดพิมพ์ที่ : บริษัท ยามาฮากะ (ประเทศไทย) จำกัด
324 หมู่ 4 ซอย 6B ถ.สุขุมวิท
ตำบลแพรกษา อำเภอเมืองสมุทรปราการ
จังหวัดสมุทรปราการ 10280
โทรศัพท์: 02-709-6556-66 ต่อ 416



ข้อมูลบริษัท

บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยازากิ จำกัด หรือ TYE นับจากก่อตั้งบริษัทขึ้นเมื่อปี พุทธศักราช 2505 บริษัท ก็ค่อย ๆ เติบโต ก้าวขึ้นเป็นผู้นำด้านการผลิต และจำหน่ายสายไฟฟ้า และสายเคเบิลที่เป็นตัวนำทองแดง และอลูมิเนียม ที่ไม่หยุด สร้างสรรค์เทคโนโลยีใหม่ ๆ สู้สังคม และยังมีส่วนแบ่งการตลาดเป็นอันดับต้นๆ ในประเทศ เรามีฐานการผลิตที่จังหวัดสมุทรปราการ

ซึ่งมี 3 สาขา คือ สาขาพระประแดง หรือ TYE-P , สาขาวัดแค หรือ TYE-W และสาขาสวรรณภูมิ หรือ TYE-S โดยดำเนินธุรกิจมานานกว่า 50 ปี ตั้งอยู่ในทำเลที่เป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมการผลิตของประเทศ



หน้าที่ของเราคือการเป็นผู้ผลิตสายไฟฟ้าที่มีคุณภาพ ที่จะเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตของผู้นับมากมาย รวมทั้งการเพิ่มมาตรฐานคุณภาพด้วยการตรวจสอบอย่างเคร่งครัด และ พัฒนาต่อยอดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ตอบความต้องการสูงสุดของลูกค้าได้

ผลิตภัณฑ์ของเรา

- Building Wire and Cable
- Low voltage Power Cable
- Medium and High Voltage Power Cable
- Control Cable and Instrument Cable
- Bare Conductors
- Special cable
 - Low Smoke & Halogen Free cable
 - Fire Resistant Cable
 - Flame Retardant Cable
 - Vermin Proof Cable
 - Armoured Cable





ผลิตภัณฑ์คุณภาพ

บริษัทฯ ได้ผลิตสายไฟฟ้าที่มีคุณภาพสูงโดยใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง และจ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยเฉพาะวัตถุดิบหลักของสายไฟฟ้าคือตัวนำไฟฟ้า (Conductor) ซึ่งทางบริษัทฯ ได้ใช้ทองแดงที่มีความบริสุทธิ์ 99.99% ซึ่งเป็นทองแดงใหม่มาใช้ผสมผสานกับเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัยทำให้ได้ตัวนำที่มีคุณภาพโดยผลที่ได้คือ มีความนำไฟฟ้าเป็นไปตามมาตรฐาน และไม่ทำให้เกิดความต้านทานสูง วัตถุดิบ PVC ทางบริษัทฯ ใช้ PVC ใหม่และปราศจากการเจือปน

ทำให้ฉนวนที่ได้นั้นมีคุณภาพ และทำให้สายไฟฟ้าสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้เต็มพิกัดตามมาตรฐาน และกระบวนการผลิตภายในบริษัทนั้นก็ได้มีการตรวจสอบในทุกขั้นตอน เพื่อควบคุมให้เป็นไปตามคุณภาพของบริษัทฯ นอกจากการผลิตที่มีคุณภาพแล้วนั้น การทดสอบนับเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เพราะเป็นเครื่องชี้วัดคุณภาพของสายไฟฟ้า ทางบริษัทฯ ได้มีเครื่องมือทดสอบที่ได้มาตรฐาน และการรับรองตามมาตรฐานสากล ทำให้เป็นการการันตีได้ว่าสายไฟฟ้า ที่ทางบริษัทฯ ได้ผลิตส่งออกไปยังลูกค้า นั้น ได้คุณภาพแน่นอน

CERTIFICATES

Thai Industrial Standard Institute



TIS 11-2553
TIS 11 part 101-2559
TIS 85-2548
TIS 293-2541
TIS 2202-2547



TIS 64-2517
TIS 118-2522
TIS 2143-2546
TIS 386-2531
TIS 2341-2555
TIS 838-2531

MASCI



ISO 9001
OHSAS 18001
TIS 18001

BUREAU VERITAS



ISO 14001

TUV



Flame Retardant with Low Smoke and Zero Halogen Cable
Fire Resistant, Flame Retardant with Low Smoke and Zero Halogen Cable



คำนำ

บริษัทสายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ จำกัด เป็นผู้ผลิตสายไฟฟ้าในประเทศไทยที่มีชื่อเสียงมายาวนาน และเน้นผลิตสายไฟฟ้าที่มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป สายไฟฟ้าของบริษัท มีให้เลือกใช้งานครบถ้วนตามความต้องการใช้งานในการติดตั้งทางไฟฟ้า และเนื่องจากบริษัทฯ ได้เล็งเห็นความสำคัญของงานติดตั้งทางไฟฟ้าที่มีคุณภาพ ถูกต้องตามหลักการทางวิศวกรรม และสอดคล้องกับมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ หรือ วสท. ซึ่งใช้อ้างอิงกันทั่วไปนั้น จึงได้จัดทำหนังสือเล่มนี้ ขึ้นมาพร้อมทั้งปรับปรุงให้ทันสมัยตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า เพื่อเป็นแหล่งความรู้และใช้อ้างอิง และยังถือเป็นส่วนหนึ่งของความรับผิดชอบต่อสังคม อันเป็นสิ่งที่บริษัทฯ ให้ความสำคัญยิ่ง อีกด้วย

คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพเล่มนี้ได้มีการปรับปรุงใหม่ให้มีความทันสมัยยิ่งขึ้น โดยจะสอดคล้องกับมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 ของ วสท.



(นายจรัญ แวววรวิทย์)

กรรมการ
บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ จำกัด



คำนิยม

ผู้เขียนได้รู้จักสายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ มาตั้งแต่เริ่มเข้ามาในวงการช่างไฟฟ้า ในด้านที่เป็นสายไฟฟ้าที่มีคุณภาพ มีความอ่อนนุ่ม ดัดง่าย ปลอกง่าย เป็นที่ชื่นชอบของช่างไฟฟ้าทั่วไป อีกทั้งเจ้าของงานก็เรียกร้องให้ใช้

เมื่อบริษัท มีความคิดริเริ่มที่จะจัดทำหนังสือ “คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้า อย่างมืออาชีพ” เล่มนี้ โดยมีจุดประสงค์ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบและติดตั้งทางไฟฟ้าได้ใช้อ้างอิง ข้าพเจ้าจึงมีความยินดีเป็นอย่างยิ่งและขอชื่นชมในการที่บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ ได้มองเห็นความสำคัญของการติดตั้งทางไฟฟ้า เพราะเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทั้งต่อบุคคลและทรัพย์สิน และหนังสือคู่มือเล่มนี้ยังได้มีการปรับปรุงใหม่ ให้สอดคล้องตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 อีกด้วย

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากกับผู้อ่าน และแสดงความชื่นชมบริษัทสายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ อีกครั้งที่สร้างสรรค์งานที่มีคุณค่า และให้ความสำคัญกับสังคมโดยเฉพาะในแวดวงวิศวกรรมไฟฟ้า และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบริษัทฯ จะยังคงพัฒนาต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง

(นายลือชัย ทองนิล)

ประธานสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วสท. พ.ศ. 2563-2565

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 ความรู้ทั่วไป	
1.1 ระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย	1
1.2 การผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า	2
1.3 ระบบการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ	4
1.4 Ring Main Unit	8
1.5 ความรู้เรื่องการต่อสายไฟฟ้า	11
1.6 สัญลักษณ์สำหรับงานเขียนแบบไฟฟ้า	15
บทที่ 2 ชนิดของสายไฟฟ้าและการใช้งาน	
2.1 ลักษณะของสายไฟฟ้าที่ดี	17
2.2 แนวทางการเลือกสายไฟฟ้า	17
2.3 โครงสร้างของสายไฟฟ้าแรงต่ำ	19
2.4 สายไฟฟ้าแรงต่ำตาม มอก.11 และข้อกำหนดการใช้งาน	20
2.5 สายไฟฟ้าแรงต่ำหุ้มฉนวน XLPE ตาม IEC 60502-1 และข้อกำหนดการใช้งาน	25
2.6 สายไฟฟ้าชนิด Fire Performance Cable	30
2.7 สายไฟฟ้าในระบบแรงสูง	45
2.8 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า	52
บทที่ 3 การเดินสายไฟฟ้า	
3.1 ข้อกำหนดทั่วไปในการเดินสายไฟฟ้า	64
3.2 การเดินสายเปิดหรือเดินลอยบนฉนวน (Open Wiring on Insulator)	70
3.3 การเดินสายในช่องเดินสาย	73
3.4 การเดินสายบนรางเคเบิล (Cable Tray)	91
3.5 การติดตั้งบัสเวย์หรือบัสดัก (Busways or Bus Duct)	95
3.6 ปัญหาการเดินสายที่พบบ่อย	99

บทที่ 4 การต่อลงดิน

4.1 ชนิดของการต่อลงดิน	105
4.2 ส่วนประกอบของระบบการต่อลงดิน	106
4.3 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้า	107
4.4 ชนิดและขนาดสายดิน	111
4.5 การต่อลงดินของระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย	115
4.6 หลักดินและความต้านทานการต่อลงดิน	117
4.7 ข้อควรระวังเรื่องการต่อลงดิน	120

บทที่ 5 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า

5.1 การคำนวณโหลดสำหรับโหลดทั่วไป	127
5.2 การคำนวณโหลดสำหรับอาคารชุด	143
5.3 การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วและเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน	154

บทที่ 6 มอเตอร์ไฟฟ้า

6.1 วงจรมอเตอร์ตัวเดียว	159
6.2 วงจรมอเตอร์หลายตัว	162
6.3 เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง	165
6.4 เครื่องควบคุมมอเตอร์	165
6.5 เครื่องปลดวงจรมอเตอร์	166

บทที่ 7 หม้อแปลงไฟฟ้า

7.1 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า	171
7.2 การปรับแรงดัน	171
7.3 การกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า	172
7.4 การป้องกันแรงดันเกิน	173
7.5 การป้องกันกระแสเกิน	175
7.6 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า	176
7.7 การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า	177



บทที่ 8 แผงสวิตช์และการติดตั้ง

8.1 รูปแบบของแผงสวิตช์	179
8.2 การติดตั้ง	181
8.3 โครงสร้างของแผงสวิตช์	183
8.4 พื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานและทางเข้า	184

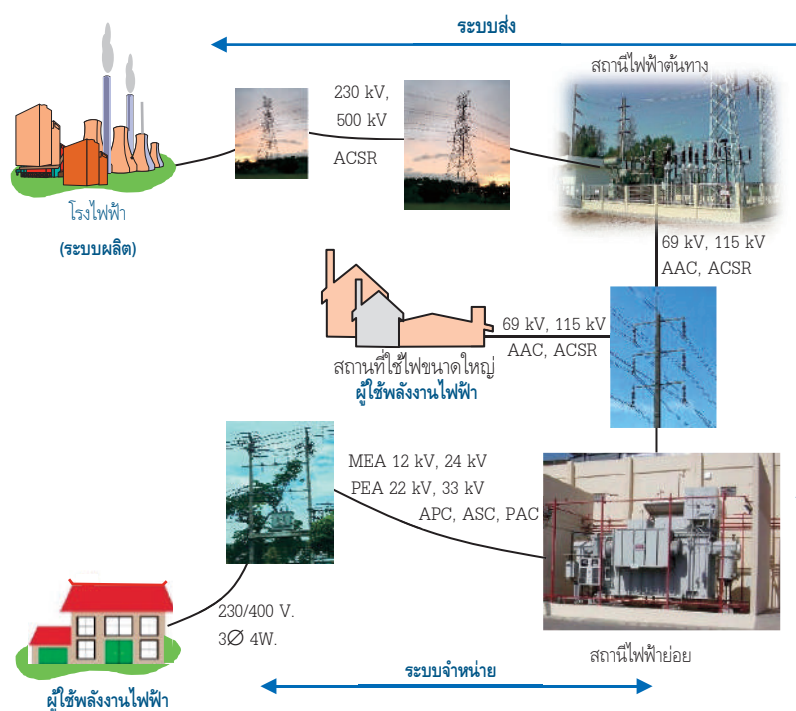
บทที่ 9 แรงดันตก

9.1 การเกิดแรงดันตก	197
9.2 ผลของแรงดันตก	197
9.3 มาตรฐานแรงดันตก	197
9.4 การคำนวณแรงดันตก	198
9.5 อิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้า	199
9.6 การหาค่าแรงดันตกโดยใช้ตาราง	201
9.7 ความยาวสายสูงสุดตามค่าแรงดันตก	209
ภาคผนวก A ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า	211
ภาคผนวก B ขนาดสายไฟฟ้า	255
ภาคผนวก C จำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย	259
ภาคผนวก D ขนาดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและลิฟต์	265
ภาคผนวก E ขนาดสายไฟฟ้าเดินร้อยท่อตามขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	277
ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า	291
ภาคผนวก G ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า	319
ภาคผนวก H กระแสลัดวงจร	323
ภาคผนวก I ความปลอดภัยในการติดตั้งระบบไฟฟ้า	331
ภาคผนวก J วิธีการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายสายไฟฟ้าที่บรรจุในล่อไม้	339
บรรณานุกรม	341



บทที่ 1 ความรู้ทั่วไป

1.1 ระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย



รูปที่ 1.1 ระบบจ่ายไฟฟ้าของประเทศไทย

1. ระบบผลิต คือระบบที่ทำหน้าที่ผลิตกำลังไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการใช้งาน ปัจจุบันคือการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนซึ่งมีทั้งที่ผลิตและขายโดยตรงให้ผู้ใช้ไฟฟ้าและผลิตขายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พลังงานที่ใช้ในการผลิตมีหลายชนิดเช่น น้ำ ถ่านหิน แก๊ส น้ำมันเตา ลม และแดด เป็นต้น

2. ระบบส่ง คือระบบที่ทำหน้าที่ส่งกำลังไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ส่งจะเปลี่ยนเป็นแรงดันสูงที่ 69, 115, 230 หรือ 500 kV เพื่อลดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย และเพิ่มความสามารถในการส่งกำลังไฟฟ้าอีกด้วย

3. ระบบจำหน่าย คือระบบที่จำหน่ายพลังไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟฟ้า โดยปกติจะหมายถึงระบบแรงดัน 230/400 V, 12, 22, 24 และ 33 kV

4. ผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า คือระบบไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้านำไปใช้เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานอย่างอื่น อาจเป็นแรงดัน 230/400 V, 12, 22, 24, 33, 69 หรือ 115 kV ตามความต้องการ

1.2 การผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า

1.2.1 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีหน้าที่ผลิตไฟฟ้ารวมทั้งรับซื้อไฟฟ้าจากแหล่งผลิตอื่นเช่น ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชน และผู้ผลิตจากต่างประเทศ มาจำหน่ายให้การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และขายตรงให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่บางราย

1.2.2 การไฟฟ้านครหลวง รับซื้อไฟจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมาจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ 3 จังหวัดคือกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และนนทบุรี ด้วยแรงดันที่เรียกเป็น 115 kV, 69 kV, 24 kV, 12 kV และแรงต่ำ 230/400 V 3 เฟส 4 สาย ตามขนาดการใช้ไฟฟ้าและพื้นที่ที่สามารถจ่ายได้ ดังนี้

ขนาดการใช้ไฟฟ้า	แรงดันบริการ
< 300 kVA	230/400 V, 3 Ph. 4 W.
≥ 300 – 15,000 kVA	12 kV or 24 kV
> 15,000 kVA	69 kV or 115 kV

ระบบแรงต่ำของ กฟน. พิกัดแรงดันที่ออกจากหม้อแปลงไฟฟ้าคือ 240/416 V, 3 เฟส 4 สาย ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเป็นไปตามตารางที่ 1.1

**ตารางที่ 1.1 ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ
(การไฟฟ้านครหลวง)**

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A)	โหลดสูงสุด (A)
5 (15)	10
15 (45)	30
30 (100)	75
50 (150)	100
200	150
	200
400	250
	300
	400

1.2.3 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค รับซื้อไฟจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมาจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่นอกเหนือจากการไฟฟ้านครหลวงด้วยแรงดันที่เรียกเป็น 115 kV, 33 kV, 22 kV และแรงต่ำ 230/400 V 3 เฟส 4 สาย ตามขนาดการใช้ไฟฟ้าและพื้นที่ที่สามารถจ่ายได้ดังนี้

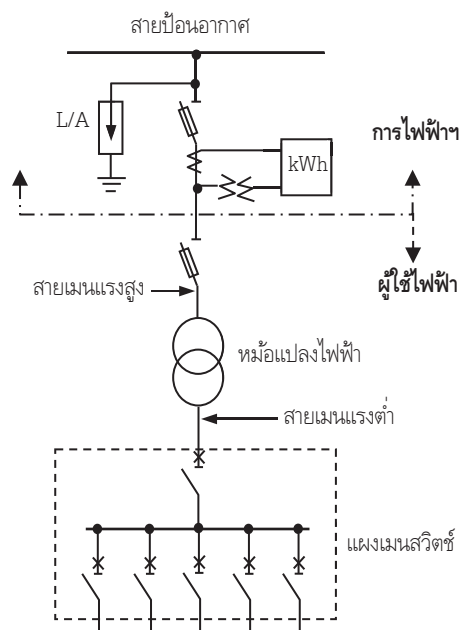
ขนาดการใช้ไฟฟ้า	แรงดันบริการ
< 250 kVA	220/380 V, 3 Ph. 4 W.
≥ 250 – 10,000 kVA	22 kV or 33 kV
> 10,000 kVA	115 kV

ระบบแรงต่ำของ กฟภ. ที่เรียก 230/400 V นั้นคือแรงดันบริการ 220/380 V พิกัดแรงดันที่ออกจากหม้อแปลงไฟฟ้าคือ 230/400 V, 3 เฟส 4 สาย ปัจจุบัน กฟภ. เริ่มมีการนำหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันดันไฟออก 240/416 V, 3 เฟส 4 สาย มาใช้งานแล้วในบางพื้นที่

1.3 ระบบการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ

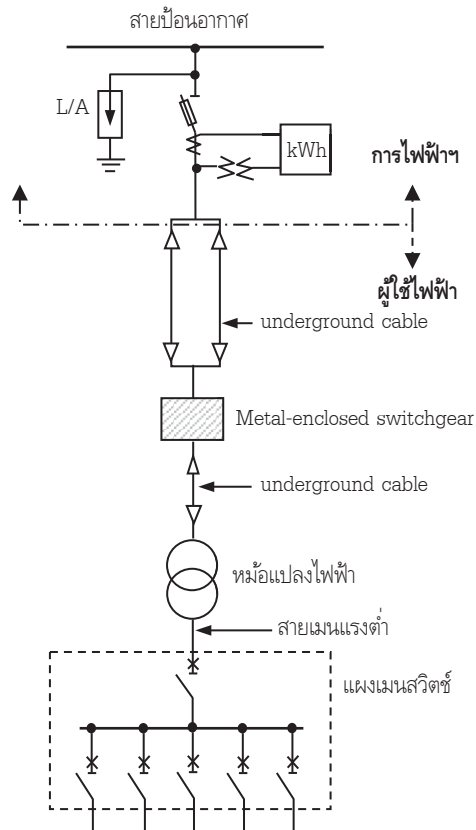
ระบบการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้ามีทั้งที่เป็นระบบสายอากาศและสายใต้ดิน โดยส่วนใหญ่จะเป็นระบบสายอากาศ สำหรับระบบแรงต่ำการจ่ายไฟฟ้าโดยปกติจะเป็นระบบสายอากาศ ผู้ใช้ไฟฟ้าอาจเลือกเดินสายภายในด้วยระบบสายอากาศหรือสายใต้ดินก็ได้ตามความต้องการ สำหรับระบบแรงดัน 12 – 33 kV การไฟฟ้าฯ อาจจ่ายด้วยระบบแรงสูงสายอากาศหรือสายใต้ดิน ตามพื้นที่การจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ สามารถสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้จากการไฟฟ้าฯ เจ้าของพื้นที่ และผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องให้ถูกต้องเหมาะสมด้วย รูปแบบการจ่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปเป็นดังนี้

1.3.1 ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าแรงสูงด้วยสายป้อนอากาศจากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า



รูปที่ 1.2 ตัวอย่างไดอะแกรมการจ่ายไฟในระบบสายอากาศ

1.3.2 ผู้ใช้ไฟฟ้าที่รับด้วยสายใต้ดินจากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า

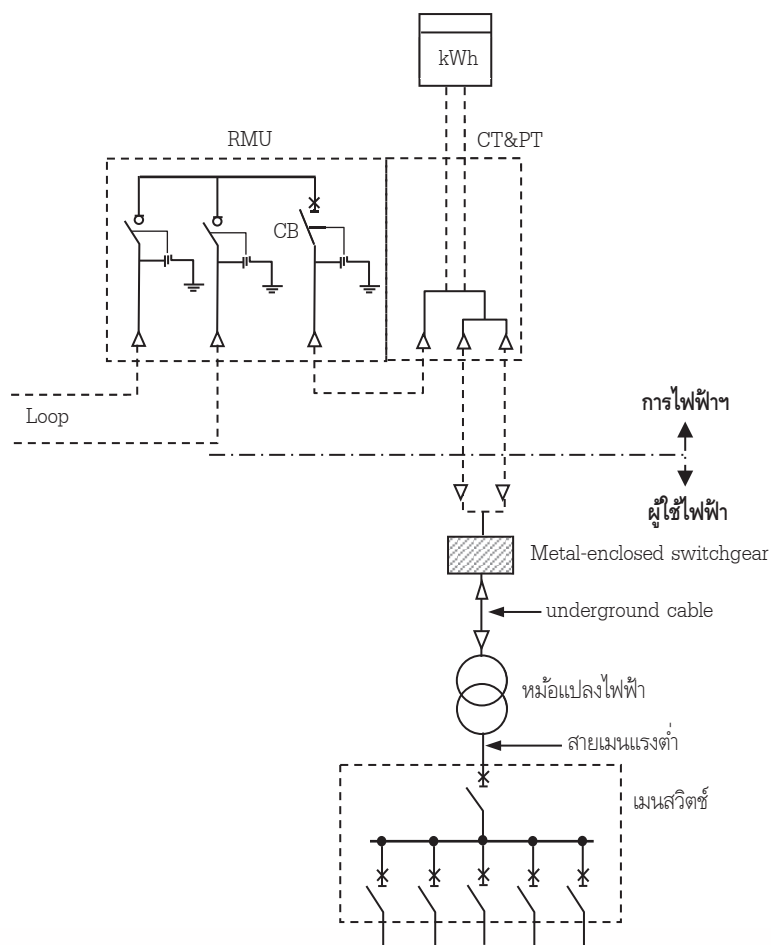


รูปที่ 1.3 ตัวอย่างไดอะแกรมการจ่ายไฟ

(การไฟฟ้า จ่ายด้วยสายอากาศ ผู้ใช้ไฟฟ้ารับด้วยสายใต้ดิน)

หมายเหตุ สายใต้ดินแรงสูงใช้งานจริง 1 ชุด ลำรอง 1 ชุด ซึ่งอาจสำรองเฉพาะท่อร้อยสายก็ได้ แต่อาคารที่มีความสำคัญเช่นโรงพยาบาล สถานที่ราชการ หรืออาคารขนาดใหญ่ จะต้องสำรองสายด้วย (ควรประสานกับการไฟฟ้า เจ้าของพื้นที่ด้วย)

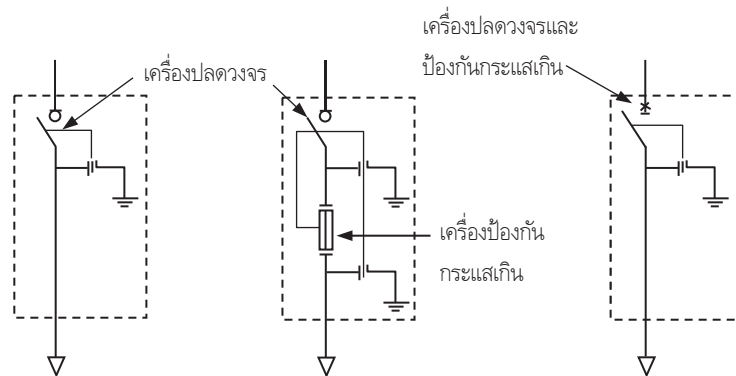
1.3.3 ผู้ใช้ไฟฟ้าที่รับไฟฟ้าแรงสูงด้วยสายใต้ดินจากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้า



รูปที่ 1.4 ตัวอย่างไดอะแกรมการจ่ายไฟระบบสายใต้ดิน

1.4 Ring Main Unit

Ring main unit หรือ RMU เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทำหน้าที่สับถ่ายหรือเปลี่ยนโหลด นิยมใช้ในระบบสายใต้ดินแรงสูงที่มีสายป้อนมากกว่า 1 ชุด แต่ก็ใช้ในระบบสายอากาศได้ หรือใช้กับสถานที่ใช้ไฟฟ้าที่มีสถานีย่อยเป็นของตนเอง ทำให้การออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้าสามารถจ่ายเป็นแบบวงแหวน หรือลูป (loop) ได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อเพิ่มความมั่นคงของระบบการจ่ายไฟฟ้า ring main unit ประกอบด้วยหลายยูนิตหรือหลายตู้ประกอบเข้าด้วยกันเป็นชุด ในแต่ละตู้จะมีเครื่องปลดวงจรและอาจมีหรือไม่มีเครื่องป้องกันกระแสเกินก็ได้ตามความต้องการ เครื่องป้องกันกระแสเกินมีทั้งชนิดที่เป็นฟิวส์และเซอร์กิตเบรกเกอร์ บรรจุในเครื่องห่อหุ้มอย่างมิดชิดในการใช้งานจึงมีความปลอดภัย แบบที่มีใช้งานทั่วไปจะใช้ SF₆ เป็นตัวกลางดับอาร์กซึ่งจะทำให้มีขนาดกระทัดรัด

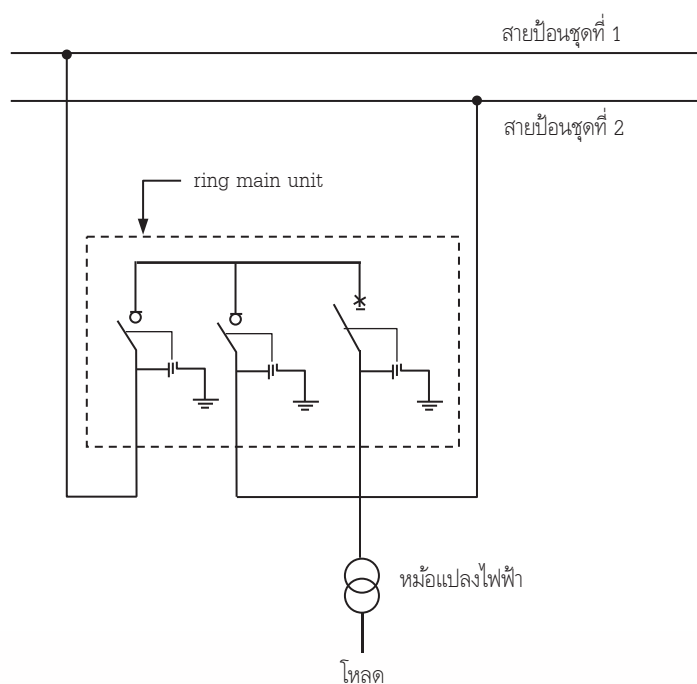


รูปที่ 1.5 ส่วนประกอบของ ring main unit แบบต่าง ๆ

การใช้งาน ตู้ที่มีเฉพาะเครื่องปลดวงจรจะทำหน้าที่รับไฟฟ้าจากการไฟฟ้าหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอื่นเพื่อจ่ายต่อไปยังตู้อื่นที่อยู่ติดกัน สำหรับตู้ที่มีเฉพาะเครื่องปลดวงจรที่เหลือจะทำหน้าที่ได้ 2 ลักษณะ หน้าที่แรกจะทำหน้าที่จ่ายไฟต่อไปยังวงจรไฟฟ้าอื่น หน้าที่ที่สองคือเป็นทางเลือกที่จะรับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าอื่น กรณีที่สองนี้เครื่องปลดวงจรจะต้องจรวจเพียงตู้เดียวเท่านั้น ตู้ที่มีเฉพาะเครื่องปลดวงจรนี้สามารถมีได้หลายตู้ตามความต้องการใช้งาน

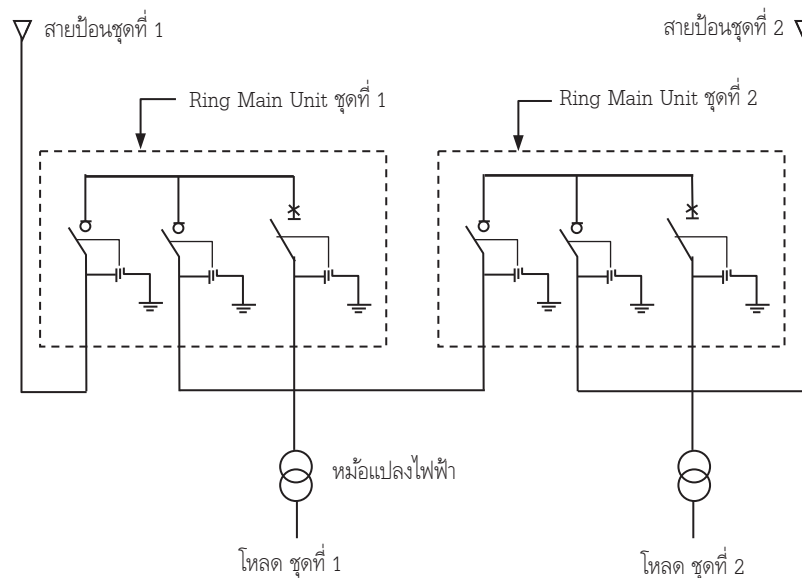
ตู้ที่มีเครื่องป้องกันกระแสเกินอยู่ด้วยจะทำหน้าที่รับไฟฟ้ามาจ่ายให้โหลดอีกต่อหนึ่ง โหลดนี้อาจเป็นโหลดตัวเดียว หลายตัว หรือทั้งสถานประกอบการเลยก็ได้ ตู้ที่มีเครื่องป้องกันกระแสเกินด้วยนี้จะมีจำนวนตู้ได้หลายตู้ตามความต้องการใช้งาน

โดยทั่วไปจึงใช้ ring main unit ทำหน้าที่รับไฟจากการไฟฟ้า กระจายให้โหลดและจ่ายต่อไปยังที่อื่นหรือเตรียมรับไฟฟ้าจากแหล่งอื่น เหมาะสำหรับวงจรที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าหรือสายจ่ายไฟฟ้ามากกว่าหนึ่งแหล่งจ่าย นั่นคือในการใช้งานจะสามารถเลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้ และยังสามารถทำหน้าที่เป็นทางผ่านของวงจรไฟฟ้าได้อีกด้วย ตัวอย่างการจ่ายไฟเป็นไปตามรูปที่ 1.6 และ 1.7



รูปที่ 1.6 ตัวอย่างการใช้ ring main unit ในระบบที่มีสายป้อน 2 ชุด

ในรูปที่ 1.6 เป็นการใช้งานกรณีที่ใช้ไฟฟ้ามีแหล่งจ่ายไฟฟ้า 2 แหล่ง แต่ละแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็นอิสระต่อกัน เมื่อสายป้อนชุดใดชุดหนึ่งดับจะสามารถเปลี่ยนไปใช้สายป้อนที่เหลือได้ ทำให้การจ่ายไฟฟ้ามีความมั่นคงมาก



รูปที่ 1.7 ตัวอย่างการใช้ ring main unit จ่ายไฟฟ้าเป็นระบบ loop

รูปที่ 1.7 เป็นตัวอย่างการจ่ายไฟฟ้าแบบ loop ที่สายป้อนสองชุดจ่ายไฟฟ้าให้โหนดหลายแห่ง โหนดแต่ละแห่งจะมี ring main unit อยู่ด้วย แต่ละชุดก็จะจ่ายไฟฟ้าให้ ring main unit ชุดต่อไป สายป้อนทั้งสองชุดจะจ่ายไฟฟ้าเข้าหากันแต่จะไม่ต่อกัน ดังนั้นเครื่องปลดวงจรของ ring main unit ตัวหนึ่งจึงต้องอยู่ในตำแหน่งปลด การจ่ายไฟฟ้าแบบนี้มีข้อดีคือเมื่อสายป้อนชุดใดชุดหนึ่งดับจะสามารถจ่ายมาจากอีกสายป้อนหนึ่งได้โดยการสับเครื่องปลดวงจรให้ต่อกัน นอกจากนี้แล้วยังนำมาต่อกันในรูปแบบอื่นได้อีกตามรูปแบบการจ่ายไฟที่ต้องการ

1.5 ความรู้เรื่องการต่อสายไฟฟ้า

ปัญหาของการต่อสายไฟฟ้าหรือการต่อสายคือ จุดต่อหลวม หลุด หรือมีความต้านทานสูง ทำให้เกิดความร้อนสูง เป็นสาเหตุของไฟฟ้าขัดข้อง รวมทั้งอาจเป็นสาเหตุของการเกิดเพลิงไหม้ได้อีกด้วย การต่อสายไฟฟ้าที่ดีนั้นจะต้องเป็นการต่อที่มีความต้านทานต่ำ มีความคงทน ใช้งานได้ยาวนาน จึงต้องเลือกใช้อุปกรณ์หรือตัวสายที่เหมาะสม ใช้เครื่องมือการต่อสายที่ถูกต้อง ต่อสายอย่างถูกวิธี และผู้ต่อสายต้องมีความรู้ความชำนาญด้วย

1.5.1 การต่อสายตามที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ มีดังนี้

การต่อสายตัวนำ ต้องใช้อุปกรณ์ต่อสายและวิธีการต่อสายที่เหมาะสม โดยเฉพาะการต่อตัวนำที่เป็นโลหะต่างชนิดกัน ต้องใช้อุปกรณ์ต่อสายที่สามารถใช้ต่อตัวนำต่างชนิดกันได้

ขั้วต่อสาย (terminals) การต่อตัวนำเข้ากับขั้วต่อสาย ต้องเป็นการต่อที่ดีและไม่ทำให้ตัวนำเสียหาย ขั้วต่อสายต้องเป็นแบบบีบ หรือแบบขันแน่นด้วยหมุดเกลียวหรือแป้นเกลียว ในกรณีที่สายขนาดไม่เกิน 6 ตร.มม. อนุญาตให้ใช้สายพันรอบหมุดเกลียว หรือ เดือย เกลียว (stud) ได้ แล้วขันให้แน่น

การต่อสาย (splices) ต้องใช้อุปกรณ์สำหรับการต่อสายที่เหมาะสมกับงาน หรือโดยการเชื่อมประสาน (brazing) การเชื่อม (welding) หรือการบัดกรี (soldering) ที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน หากใช้วิธีการบัดกรีต้องต่อให้แน่นทั้งทางกลและทางไฟฟ้าเสียก่อนแล้วจึงบัดกรีหุ้มรอยต่อ ปลายสายที่ติดตั้งไว้ต้องมีการหุ้มฉนวนด้วยเทปหรืออุปกรณ์ที่ทนแรงดันไฟฟ้าได้เทียบเท่ากับฉนวนของสาย และเหมาะสมกับการใช้งาน

หมายเหตุ อนุโลมให้ใช้วิธีต่อสายโดยตรงด้วยการพันเกลียวสำหรับสายแกนเดียวที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ตร.มม.

1.5.2 สาเหตุที่จุดต่อสายหลวม พอสรุปได้ดังนี้

1. ชนิดและขนาดของสายไฟฟ้า ไม่เหมาะสมกับตัวต่อสายหรือขั้วต่อสายที่ใช้อุปกรณ์ เช่น พิวส์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ และสวิตช์ เป็นต้น ถ้าสายไฟฟ้ามีขนาดใหญ่หรือเล็กเกินไปก็จะเป็น

ผลให้จุดต่อสายเป็นปัญหาได้ อุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะระบุขนาดสายไฟฟ้าที่เหมาะสมมาให้ด้วย ชนิดของตัวต่อสายหรือขั้วต่อสายต้องเหมาะสมกับชนิดของสายไฟฟ้าด้วย

เมื่อโลหะต่างชนิดสัมผัสกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จะเกิดการกัดกร่อนของโลหะ จากการถ่ายเทประจุ ถ้าตัวนำทองแดงสัมผัสกับอะลูมิเนียม อะลูมิเนียมจะถูกกัดกร่อนและหลวม ในที่สุด ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องมีการต่อระหว่างโลหะที่เป็นทองแดงกับอะลูมิเนียมจะต้องไม่ให้โลหะทั้งสองชนิดนี้สัมผัสถึงกันโดยตรง ตัวต่อสายก็ต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้ได้กับโลหะทั้งสองชนิดเรียกว่า universal ซึ่งปกติจะเคลือบด้วยดีบุก

2. ขั้วต่อสายไม่แน่นตามทอร์กที่กำหนดโดยผู้ผลิต เมื่อมีกระแสไหลมากโลหะจะขยายตัวและหดตัวเมื่อกระแสลดลง ถ้าขั้วต่อสายขันไม่ได้ทอร์กตามที่กำหนดซึ่งอาจมากเกินไปหรือน้อยเกินไปจุดต่อสายก็จะหลวมได้ ผู้ติดตั้งจำนวนไม่น้อยที่ละเลยจนเกิดปัญหาโดยเฉพาะการต่อสายเข้าขั้วเซอร์กิตเบรกเกอร์ บัสบาร์ และหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น ทอร์กนี้อาจระบุมากับตัวอุปกรณ์นั้นเลย หรือมากับเอกสารของผู้ผลิต

3. การบีบสายไม่เหมาะสม เกิดกับตัวต่อสายที่ต้องใช้วิธีบีบให้แน่นด้วยคีมย้ำทั้งชนิดที่ทำงานด้วยมือและชนิดที่ทำงานด้วยระบบไฮดรอลิก อาจเนื่องจากการเลือกขนาดตัวบีบ (die) ขนาดไม่ถูกต้อง หรือจำนวนรอยที่บีบไม่ตรงตามที่ผู้ผลิตกำหนด เป็นผลให้แรงบีบที่ตัวต่อสายหลวมหรือแน่นเกินไป เมื่อใช้งานเป็นเวลานานก็จะหลวมและเกิดความร้อนสูงจนสายหรือขั้วต่อสายชำรุด โดยเฉพาะสายที่รับแรงดึงอาจหลุดจนเป็นอันตรายได้

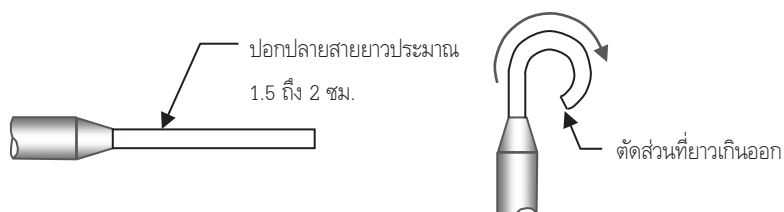
โดยปกติตัวต่อสายจะระบุขนาดของสายไฟฟ้า ขนาด die ที่ต้องใช้ และกำหนดตำแหน่งที่ต้องบีบมาให้ด้วย ตัวต่อสายขนาดเดียวกันแต่คนละผู้ผลิตก็อาจใช้ die คนละขนาดก็ได้ ดังนั้นในการทำงานจะต้องเลือกให้ตรงกับที่ระบุมาด้วย

4. สายไม่เข้าที่ เกิดกับตัวต่อสายชนิดเสียบแน่น (quick connection terminal) เมื่อเสียบสายแล้วสายอาจไม่ลงตำแหน่งที่กำหนด ทำให้หน้าสัมผัสร้อนและเกิดความร้อนสูงได้ อีกปัญหาคือพิกัดกระแสไม่เหมาะสม ปกติขั้วต่อสายแบบนี้จะออกแบบให้ใช้งานกับกระแสไม่มากเช่น 16 หรือ 20 A หรือน้อยกว่า ซึ่งก็ต้องสอดคล้องกับขนาดของสายไฟฟ้าด้วยเช่นกัน

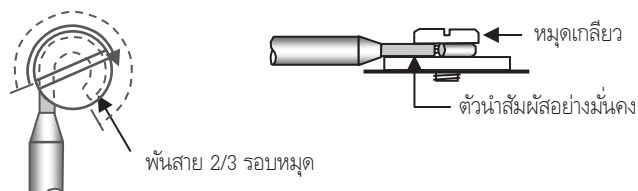
5. ใช้สายหลายเส้นกับตัวต่อสายที่ออกแบบสำหรับสายเส้นเดียว ในการต่อสายจะต้องตรวจสอบให้ชัดเจนก่อนว่าตัวต่อสายนั้นออกแบบสำหรับสายกี่เส้น ซึ่งจะต้องใช้ให้ถูกต้องด้วยเช่นกัน

ตัวอย่างการต่อโดยการพันสายรอบสกรู

- ปอกปลายสายให้มีความยาวประมาณ 1.5 ถึง 2 ซม. ขึ้นกับขนาดของสกรู
- ใช้คีมม้วนปลายสายให้มีลักษณะโค้งเป็นวงกลม และตัดปลายสายส่วนที่เกินออก

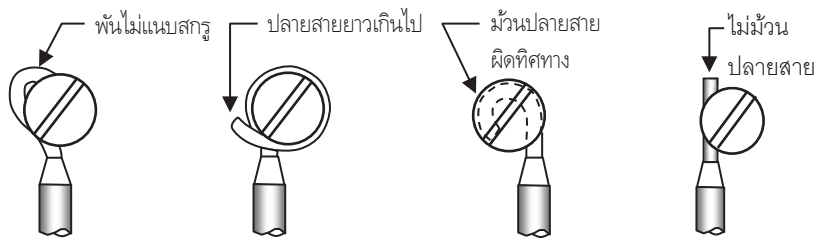


- คลายสกรูออกและนำปลายสายที่โค้งไว้วางทาบลงให้ปลายสายหันไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา แล้วขันสกรูให้แน่น



รูปที่ 1.8 ตัวอย่างการต่อสายโดยการพันสายรอบสกรู ที่ถูกต้อง

ตัวอย่างการต่อสายพันรอบสกรูที่ไม่ถูกต้อง เป็นดังนี้



รูปที่ 1.9 ตัวอย่างการต่อสายโดยการพันสายรอบสกรูที่ไม่ถูกต้อง

การต่อดัวยโดยการขันแน่นด้วยสกรู

- ปอกปลายสายให้มีความยาวประมาณ 0.5 ถึง 1 ซม. ตามรูต่อสายของอุปกรณ์ ทดสอบความยาวว่าพอดีหรือไม่ด้วยการลองแห่ดูซึ่งไม่ควรมีส่วนที่เป็นตัวนำทองแดงโผล่ออกมา
- คลายสกรูที่ตัวอุปกรณ์ไฟฟ้า ใส่ปลายสายเข้าไปแล้วขันให้แน่น

ตัวอย่างการต่อสายด้วยไวร์นัต สายที่ใช้ต่อควรเป็นสายขนาดเดียวกัน และห้ามใช้กับสายไฟฟ้าชนิดที่ตัวนำเป็นทองแดงเส้นฝอยขนาดเล็ก

- ปอกสายไฟฟ้าให้มีความยาวประมาณ 1 ซม.
- นำปลายสายทองแดงมาจับคู่กัน มือจับสายไฟให้แน่นและสวมไวร์นัตที่ปลายสายหมุนเข้าในลักษณะตามเข็มนาฬิกาจนแน่น และไม่จำเป็นต้องพันทบจนวนทับอีก (หรือถ้าจะพันทบอีกชั้นก็ได้)

หมายเหตุ การต่อสายควรศึกษาเพิ่มเติมจากคู่มือของผู้ผลิตด้วย



รูปที่ 1.10 ตัวอย่างการต่อสายด้วยไวร์นัต

1.6 สัญลักษณ์สำหรับงานเขียนแบบไฟฟ้า

สัญลักษณ์ต่อไปนี้ใช้กับงานเขียนแบบทั่วไป ในการใช้งานจริงอาจแตกต่างกันออกไปได้

	แสงไฟฟ้าทั่วไป หรือแสงไฟฟ้าแสงสว่าง
	แสงไฟฟ้ากำลัง
	แสงควบคุม
 หรือ 	หม้อแปลงไฟฟ้า (กำลัง, ระบุขนาด แรงดัน และอื่น ๆ)
 -  A, B, C..	หลอดไฟฟ้า (ระบุชนิดและขนาดด้วยตัวอักษร)
 - 	จุดต่อไฟฟ้าทั่วไป (ระบุตัวอักษร หรือตัวเลข เพิ่มตามจุดประสงค์)
 - 	จุดต่อพัดลมไฟฟ้า
 - 	ชุดต่อสาย หรือกล่องต่อสาย
 - 	จุดต่อไฟฟ้าสำหรับไฟทางออก
	เต้ารับเดี่ยว
	เต้ารับคู่
	เต้ารับสำหรับงานเฉพาะอย่าง (เดี่ยว)
	เต้ารับสำหรับงานเฉพาะอย่าง (คู่)
	เต้ารับชนิดฝังพื้น (เดี่ยว)
	หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดเดี่ยว (ระบุขนาด)
	หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดหลอดคู่ (ระบุขนาด)
S หรือ 	สวิตช์ไฟฟ้า
S ₃	สวิตช์ไฟฟ้า ชนิด 3 ทาง

	เซอร์กิตเบรกเกอร์
	ออกไฟฟ้า
	กระดิ่งไฟฟ้า
	สายไฟฟ้า (ระบุวิธีการเดินสาย)
	สายไฟฟ้าเดินขึ้น
	สายไฟฟ้าเดินลง
	สายไฟฟ้าเดินกลับไปแผงจ่ายไฟ (จำนวนลูกศรแสดงจำนวนวงจร)
	สายไฟฟ้าเดินกลับไปแผงจ่ายไฟ (แสดงจำนวนสายไฟฟ้าด้วยขีด)
	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
	มอเตอร์ไฟฟ้า
	เครื่องวัด (ระบุชนิดด้วยตัวอักษร)
	Hand hole
	Manhole
	Kilowatt-hour meter
	กั้บดักฟ้าผ่า (Lightning arrester)
	ฟิวส์ (ระบุขนาดแรงดัน และกระแส)
	ต่อลงดิน