



គ្រឿងអេត

ការពិត់ព័ត៌មាន
របៀបដំឡើង
នូវការងារ



ឧបបរិបប្រុងតាមមាត្រាទ្មានយុ ໃល់ព.ស.2564

ល៉ីម៉ី កងនិក

Thai-Yazaki Electric Wire Co.,Ltd.



ข้อมูลทางบรณนาคมของหอสมุดแห่งชาติ คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ

ชื่อหนังสือ : คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ
ฉบับปรับปรุงตามมาตรฐานฯใหม่ 2564

ผู้เขียน : ลีอชัย ทองนิล

ISBN : 978-616-93347-2-9

พิมพ์ครั้งที่ 3 : ธันวาคม 2566 จำนวน 10,000 เล่ม
(ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2)

ส่วนเล็กซิทีตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์

โดย : บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ จำกัด
ห้ามลอกเลียนแบบไม่ว่าส่วนหนึ่ง ส่วนใดของหนังสือเล่มนี้
นอกจ้ากได้รับอนุญาต

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

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

ข้อมูลบริษัท

บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ จำกัด หรือ TYE นับจากก่อตั้งบริษัทขึ้นเมื่อปี พุทธศักราช 2505 บริษัท ก็ค่อย ๆ เดินทาง ถ้าวันนี้เป็นผู้นำด้านการผลิต และ จำหน่ายสายไฟฟ้า และสายเคเบลที่เป็นตัวนำกองแรง และอุปกรณ์ที่ไม่หยุด สร้างสรรค์เกิดใหม่ให้เป็นสู่สังคม และยังมีส่วนแบ่งการตลาดเป็นอันดับต้นๆ ในประเทศไทย เราเข้ามาในการผลิตที่จังหวัดสระบุรี ประเทศไทย

ซึ่งมี 3 สาขา คือ สาขาพระ-ประแดง หรือ TYE-P , สาขาอุดรธานี หรือ TYE-W และสาขาสุวรรณภูมิ หรือ TYE-S โดยดำเนินธุรกิจมาบนกว่า 50 ปี ตั้งอยู่ใน ทำเลที่เป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมการผลิตของประเทศไทย



หน้าที่ของเราร้ากิจการเป็นผู้ผลิตสายไฟฟ้าที่มีคุณภาพ ที่จะนำไปเป็นส่วนหนึ่งของ การดำเนินธุรกิจของผู้คนมากมาย รวมถึงการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม การ ตระเวนสอบอย่างเคร่งครัด และ พัฒนาต่ออยู่ดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่เหล่านี้ ตอบความ ต้องการสูงสุดของลูกค้าได้

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

บริษัทฯได้ผลิตสายไฟฟ้าที่บ่อกวนกาวสูญญากาศใช้วัสดุดีบบ่อมีคุณภาพ เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่บ่อกวนกาวสูง และจ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยเฉพาะวัสดุดีบหลักของสายไฟฟ้าคือตัวนำไฟฟ้า (Conductor) ซึ่งงานบริษัทฯ ได้ใช้ทองแดงที่มีความบริสุทธิ์ 99.99% ซึ่งเป็นกองడอล์ฟเบรนไซด์ผลผลิตภัณฑ์กับเทคโนโลยีการผลิตที่กันสนับเข้าหากันได้ตัวนำบ่อมีคุณภาพโดยผลิตที่ได้ต้อง มีความนำไฟฟ้าเป็นไปตามมาตรฐาน และไม่ทำให้เกิดความด้านทางสูง วัสดุดีบ PVC การบังคับฯ ใช้ PVC ใหม่และปราศจากสารเจือปน

ทำให้หัวบงก์ที่ได้นับเมืองกาฬฯ และทำให้สายไฟฟ้าสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตั้งแต่พัสดุตลาดน้ำชุมชนฯ และระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าที่น้ำตกได้มีการติดต่อสื่อสารไปทุกทิศทั่วตอน เพื่อควบคุมให้เป็นไปตามคุณภาพของรังสีฯ นอกจากการผลิตน้ำที่คุณภาพแล้วนั้น การทดสอบบันเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เพราะเป็นเครื่องซึ่งวัดคุณภาพของสายไฟฟ้า ทางบริษัทฯ ได้มีเครื่องมือทดสอบที่ได้มาตรฐาน และการรับรองตามมาตรฐานสากล ทำให้เป็นการรับต้นที่ได้ว่าสายไฟฟ้า ที่ทางบริษัทได้ผลิตส่งออกไปยังคลังค้าทั่วโลก

CERTIFICATES

Thai Industrial Standard Institute



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

MASCI



- ISO 9001
OHSAS 1800
TIS 18001

BUREAU VERITAS



- ISO 14001



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

TUV



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



คำนำ

บริษัทส่ายไฟฟ้าไทย-ยาชากิ จำกัด เป็นผู้ผลิตส่ายไฟฟ้าในประเทศไทยที่มีชื่อเสียงมายาวนาน และเน้นผลิตส่ายไฟฟ้าที่มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ส่ายไฟฟ้าของบริษัทฯ มีให้เลือกใช้งานครบถ้วนตามความต้องการใช้งานในการติดตั้งทางไฟฟ้า และเนื่องจากบริษัทฯ ได้เล็งเห็นความสำคัญของงานติดตั้งทางไฟฟ้าที่มีคุณภาพ ถูกต้องตามหลักการทางวิศวกรรม และสอดคล้องกับมาตรฐาน การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ หรือ วสท. ซึ่งใช้อ้างอิงกันทั่วไปนั้น จึงได้จัดทำหนังสือเล่มนี้ขึ้นมาพร้อมทั้งปรับปรุงให้ทันสมัยตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า เพื่อเป็นแหล่งความรู้และใช้อ้างอิง และยังถือเป็นส่วนหนึ่งของความรับผิดชอบต่อสังคม อันเป็นลิ่งที่บริษัทฯ ให้ความสำคัญยิ่ง อีกด้วย

คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพเล่มนี้ได้มีการปรับปรุงใหม่ให้มีความทันสมัยยิ่งขึ้น และเนื่องจากได้รับความสนใจจากผู้ที่เกี่ยวข้องจำนวนมากจึงได้จัดพิมพ์เป็นครั้งที่ 2 ซึ่งได้เพิ่มเนื้อหาขึ้นอีก เช่น การใช้งานส่ายไฟและภาคผนวก K รหัสสีและลักษณะที่ใช้ในการติดตั้งงานระบบ โดยจะยังคงสอดคล้องกับมาตรฐาน การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 ของ วสท.



(นายจรัญ แவวรวิทย์)

กรรมการ
บริษัท ส่ายไฟฟ้าไทย-ยาชากิ จำกัด

คำนิยม

ผู้เขียนได้รู้จักสายไฟฟ้าไทย-ยาชาแก้ มาตั้งแต่เริ่มเข้ามาในวงการช่างไฟฟ้า ในด้านที่เป็นสายไฟฟ้าที่มีคุณภาพ มีความอ่อนนุ่ม ดัดง่าย ปลอกง่าย เป็นที่นิยมของช่างไฟฟ้าทั่วไป อีกทั้งเจ้าของงานก็เรียกร้องให้ใช้

เมื่อปริษพฯ มีความคิดริเริ่มที่จะจัดทำหนังสือ “คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ” เล่มนี้ โดยมีจุดประสงค์ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบและติดตั้งทางไฟฟ้าได้ใช้อ้างอิง ข้าพเจ้าจึงมีความยินดีเป็นอย่างยิ่งและขอเชิญชวนในการที่ปริษพฯ สายไฟฟ้าไทย-ยาชาแก้ ได้มองเห็นความสำคัญของการติดตั้งทางไฟฟ้า เพราะเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทั้งต่อบุคคลและทรัพย์สิน และหนังสือคู่มือเล่มนี้ยังได้มีการปรับปรุงใหม่ ให้สอดคล้องตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 อีกด้วย

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากกับผู้อ่าน และขอแสดงความเชื่อมปริษพฯ สายไฟฟ้าไทย-ยาชาแก้ อีกครั้งที่สร้างสรรค์งานที่มีคุณค่า และให้ความสำคัญกับสังคมโดยเฉพาะในแวดวงวิศวกรรมไฟฟ้า และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริษพฯ จะยังคงพัฒนาต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง



(นายลือชัย ทองนิล)

ประธานสาขาวิชวกรรมไฟฟ้า วสท. พ.ศ. 2563-2565

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 ความรู้ทั่วไป	
1.1 ระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย	1
1.2 การผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า	2
1.3 ระบบการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้า	4
1.4 Ring Main Unit	8
1.5 ความรู้เรื่องการต่อสายไฟฟ้า	11
1.6 สัญลักษณ์สำหรับงานอิเล็กทรอนิกส์	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 สายไฟฟ้าแรงต่ำทุกชนิด XLPE ตาม IEC 60502-1 และข้อกำหนดการใช้งาน	25
2.6 สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติพิเศษ	30
2.7 สายไฟฟ้าในระบบแรงสูง	47
2.8 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า	54
บทที่ 3 การเดินสายไฟฟ้า	
3.1 ข้อกำหนดทั่วไปในการเดินสายไฟฟ้า	66
3.2 การเดินสายโดยเดินเส้นสายบนรั้วสุดบน (Open Wiring on Insulator)	72
3.3 การเดินสายในช่องเดินสาย	75
3.4 การเดินสายบนรางเคเบิล (Cable Tray)	93
3.5 การติดตั้งบัสเวย์หรือบัสดัก (Busways or Bus Duct)	97
3.6 ปัญหาการเดินสายไฟฟ้าบ่อย	101

บทที่ 4 การต่อลงดิน

4.1 ชนิดของการต่อลงดิน	107
4.2 ส่วนประกอบของระบบการต่อลงดิน	108
4.3 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้า	109
4.4 ชนิดและขนาดสายดิน	113
4.5 การต่อลงดินของระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย	117
4.6 หลักดินและความต้านทานการต่อลงดิน	119
4.7 ข้อควรระวังเรื่องการต่อลงดิน	122

บทที่ 5 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า

5.1 การคำนวณโหลดสำหรับโหลดทั่วไป	129
5.2 การคำนวณโหลดสำหรับอาคารชุด	145
5.3 การติดตั้งเครื่องตัดไฟรัวและเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน	156

บทที่ 6 มอเตอร์ไฟฟ้า

6.1 วงจรมอเตอร์ตัวเดียว	161
6.2 วงจรมอเตอร์หลายตัว	164
6.3 เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง	167
6.4 เครื่องควบคุมมอเตอร์	167
6.5 เครื่องปลดวางจรมอเตอร์	168

บทที่ 7 หม้อแปลงไฟฟ้า

7.1 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า	173
7.2 การปรับแรงดัน	173
7.3 การกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า	174
7.4 การป้องกันแรงดันเกิน	175
7.5 การป้องกันกระแสเกิน	177
7.6 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า	178
7.7 การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า	179

บทที่ 8 แผงสวิตซ์และการติดตั้ง

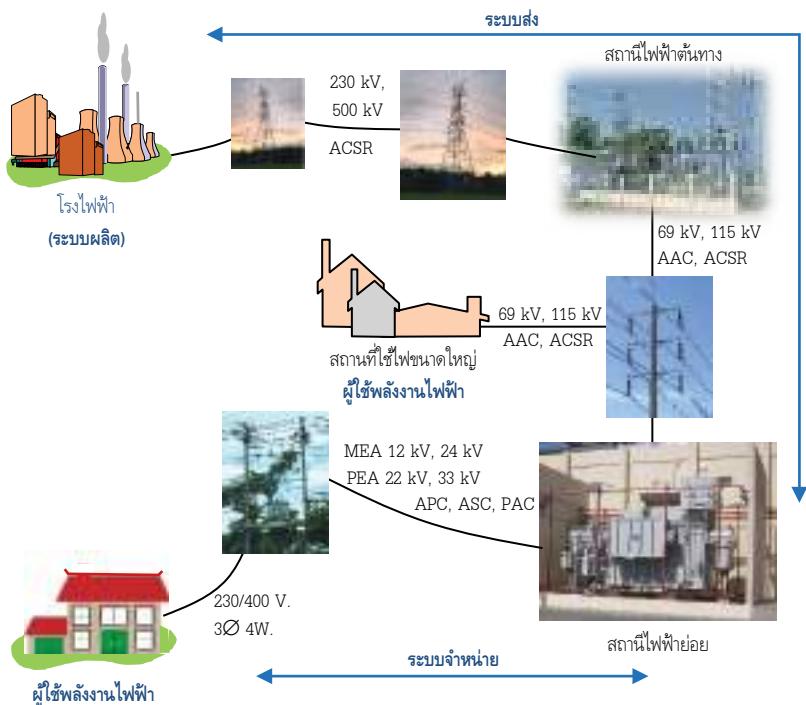
8.1 รูปแบบของแผงสวิตซ์	181
8.2 การติดตั้ง	183
8.3 โครงสร้างของแผงสวิตซ์	185
8.4 พื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานและทางเข้า	186

บทที่ 9 แรงดันตก

9.1 การเกิดแรงดันตก	199
9.2 ผลของแรงดันตก	199
9.3 มาตรฐานแรงดันตก	199
9.4 การคำนวนแรงดันตก	200
9.5 อิมพีเดนซ์ของสายไฟฟ้า	201
9.6 การหาค่าแรงดันตกโดยใช้ตาราง	203
9.7 ความยาวสายสูงสุดตามค่าแรงดันตก	211
ภาคผนวก A ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า	213
ภาคผนวก B ขนาดสายไฟฟ้า	255
ภาคผนวก C จำนวนสายไฟฟ้าในห่อร้อยสาย	259
ภาคผนวก D ขนาดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและลิฟต์	265
ภาคผนวก E ขนาดสายไฟฟ้าเดินร้อยห่อตามขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	277
ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า	291
ภาคผนวก G ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า	319
ภาคผนวก H กระแลล์ดูวิจาร	323
ภาคผนวก I ความปลอดภัยในการติดตั้งระบบไฟฟ้า	331
ภาคผนวก J วิธีการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายสายไฟฟ้าที่บรรจุในล้อไม้	339
ภาคผนวก K รหัสสีและลักษณะที่ใช้ในการติดตั้งงานระบบ	341
บรรณานุกรม	347

บทที่ 1 ความรู้ทั่วไป

1.1 ระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย



รูปที่ 1.1 ระบบจ่ายไฟฟ้าของประเทศไทย

- ระบบผลิต คือระบบที่ทำหน้าที่ผลิตกำลังไฟฟ้าให้เพียงพอ กับความต้องการใช้งาน ปัจจุบันคือการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนซึ่งมีทั้งที่ผลิตและขายโดยตรงให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าและผลิตขายให้กับไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พลังงานที่ใช้ในการผลิต มีหลายชนิด เช่น น้ำ ถ่านหิน แก๊ส น้ำมันเตา ลม และเดด เป็นต้น

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

3. ระบบจำหน่าย คือระบบที่จำหน่ายพลังไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟฟ้า โดยปกติจะหมายถึง ระบบแรงดัน 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 มีหน้าที่ผลิตไฟฟ้ารวมทั้งรับซื้อไฟฟ้าจากแหล่งผลิตอื่น เช่น ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชน และผู้ผลิตจากต่างประเทศ มาจำหน่ายให้กับไฟฟ้าในครบทุก (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และขยายตัวให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่บ้างราย

1.2.2 การไฟฟ้าในครบทุก รับซื้อไฟจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมาจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ 3 จังหวัดคือกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และนนทบุรี ด้วยแรงดันที่เรียกว่า 115 kV, 69 kV, 24 kV, 12 kV และแรงดัน 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

ระบบแรงดันของ กฟน. พิกัดแรงดันที่ออกจากร่มอ่อนเปล่งไฟฟ้าคือ 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
	250
400	300
	400

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

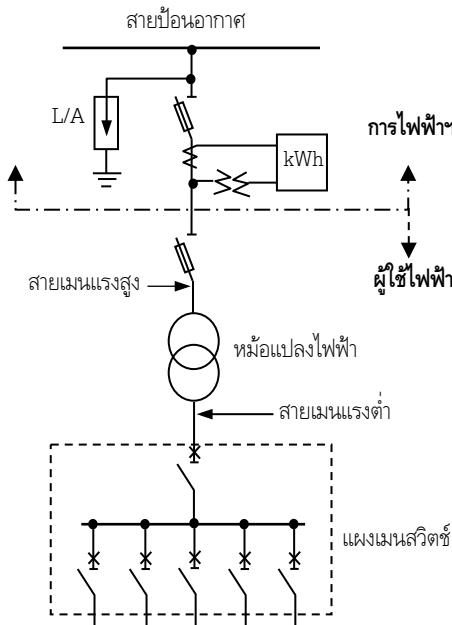
ขนาดการใช้ไฟฟ้า	แรงดันบริการ
< 250 kVA	220/380 V, 3 Ph. 4 W.
≥ 250 – 10,000 kVA	22 kV or 33 kV
> 10,000 kVA	115 kV

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

1.3 ระบบการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ

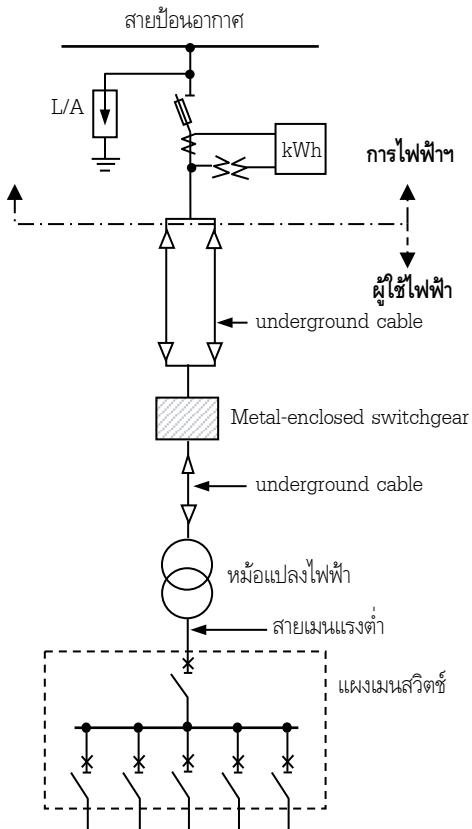
ระบบการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้ามีทั้งที่เป็นระบบสายอากาศและสายใต้ดิน โดยส่วนใหญ่จะเป็นระบบสายอากาศ สำหรับระบบแรงต่ำการจ่ายไฟฟ้าโดยปกติจะเป็นระบบสายอากาศ ผู้ใช้ไฟฟ้าอาจเลือกเดินสายภายในด้วยระบบสายอากาศหรือสายใต้ดินก็ได้ตามความต้องการ สำหรับระบบแรงดัน 12 – 33 kV การไฟฟ้าฯ อาจจ่ายด้วยระบบแรงสูงสายอากาศหรือสายใต้ดินตามพื้นที่การจ่ายไฟฟ้าของ การไฟฟ้าฯ สามารถสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้จากการไฟฟ้าฯ เจ้าของพื้นที่ และผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องให้ถูกต้องเหมาะสมสมด้วย รูปแบบ การจ่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปเป็นดังนี้

1.3.1 ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าแรงสูงด้วยสายป้อนอากาศจากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้าฯ



รูปที่ 1.2 ตัวอย่างไดอะแกรมการจ่ายไฟในระบบสายอากาศ

1.3.2 ผู้ใช้ไฟฟ้าที่รับด้วยสายใต้ดินจากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้าฯ

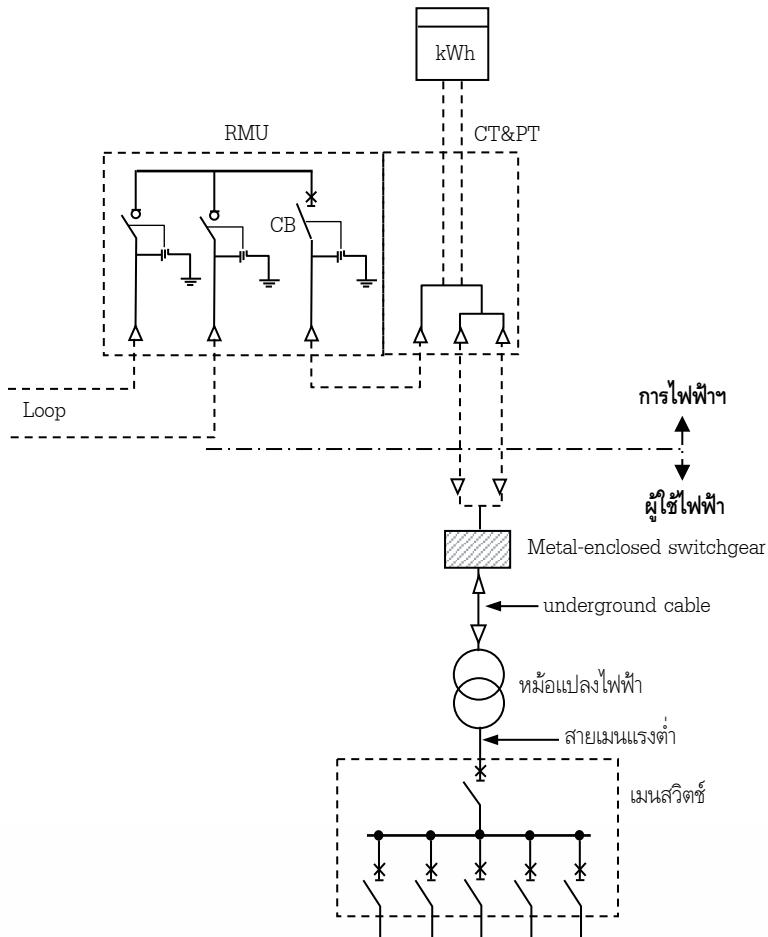


รูปที่ 1.3 ตัวอย่างไดอะแกรมการจ่ายไฟ

(การไฟฟ้าฯ จ่ายด้วยสายอากาศ ผู้ใช้ไฟฟ้ารับด้วยสายใต้ดิน)

หมายเหตุ สายใต้ดินแรงสูงใช้งานจริง 1 ชุด สำรอง 1 ชุด (ควรประสานกับการไฟฟ้าฯ เจ้าของพื้นที่ด้วย)

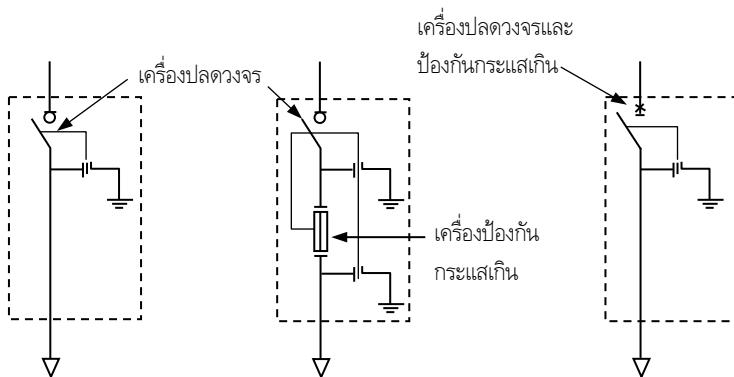
1.3.3 ผู้ใช้ไฟฟ้าที่รับไฟฟ้าแรงสูงด้วยสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้าฯ



รูปที่ 1.4 ตัวอย่างไดอะแกรมการจ่ายไฟระบบสายใต้ดิน

1.4 Ring Main Unit

Ring main unit หรือ RMU เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทำหน้าที่ลับถ่ายหรือเปลี่ยนโหมดนิยมใช้ในระบบสายใต้ดินแรงสูงที่มีสายป้อนมากกว่า 1 ชุด แต่ก็ใช้ในระบบสายอากาศได้ หรือใช้กับสถานที่ใช้ไฟฟ้าที่มีสถานียอดเป็นของตนเอง ทำให้การออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้าสามารถจ่ายเป็นแบบวงแหวน หรือลูป (loop) ได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อเพิ่มความมั่นคงของระบบการจ่ายไฟฟ้า ring main unit ประกอบด้วยหลายยนิตหรือหลากตู้ประกอบเข้าด้วยกันเป็นชุด ในแต่ละตู้จะมีเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ได้ตามความต้องการ เครื่องป้องกันกระแสเกินมีทั้งชนิดที่เป็นพิวล์และเซอร์กิตเบรคเกอร์ บรรจุในเครื่องห่อหุ้มอย่างมิดชิดในการใช้งานจึงมีความปลอดภัย แบบที่มีใช้งานทั่วไปจะใช้ SF₆ เป็นตัวกากลาดับอาร์กซึ่งจะทำให้มีขนาดกระหัตต์ต่ำ

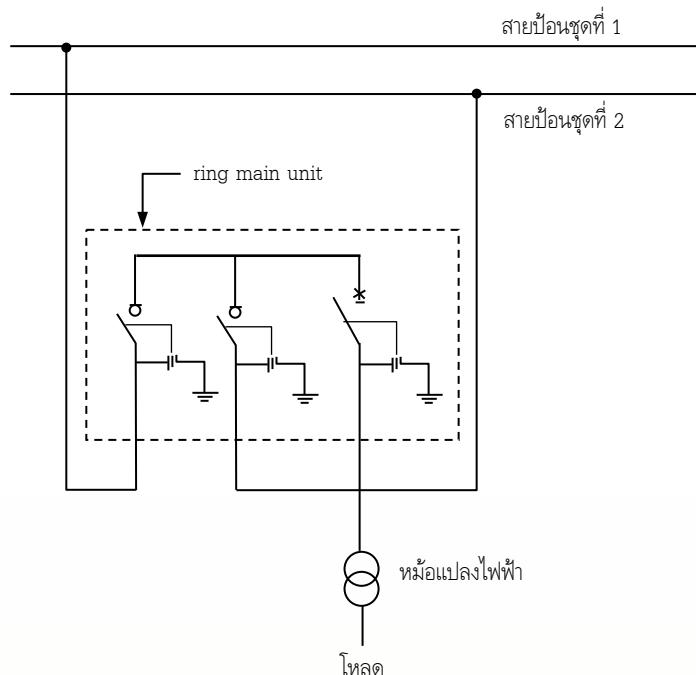


รูปที่ 1.5 ส่วนประกอบของ ring main unit แบบต่าง ๆ

การใช้งาน ตู้ที่มีเฉพาะเครื่องปิดวงจรจะทำหน้าที่รับไฟฟ้าจากการไฟฟ้าหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอื่นเพื่อจ่ายต่อให้กับตู้อื่นที่อยู่ติดกัน สำหรับตู้ที่มีเฉพาะเครื่องปิดวงจรที่เหลือจะทำหน้าที่ได้ 2 ลักษณะ หน้าที่แรกจะทำหน้าที่จ่ายไฟต่อให้วางริไฟฟ้าอื่น หน้าที่ที่สองคือเป็นทางเลือกที่จะรับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าอื่น กรณีที่สองนี้เครื่องปิดวงจรจะต้องจะเรียกว่าเดียวเท่านั้น ตู้ที่มีเฉพาะเครื่องปิดวงจรนี้สามารถมีได้หลายตู้ตามความต้องการใช้งาน

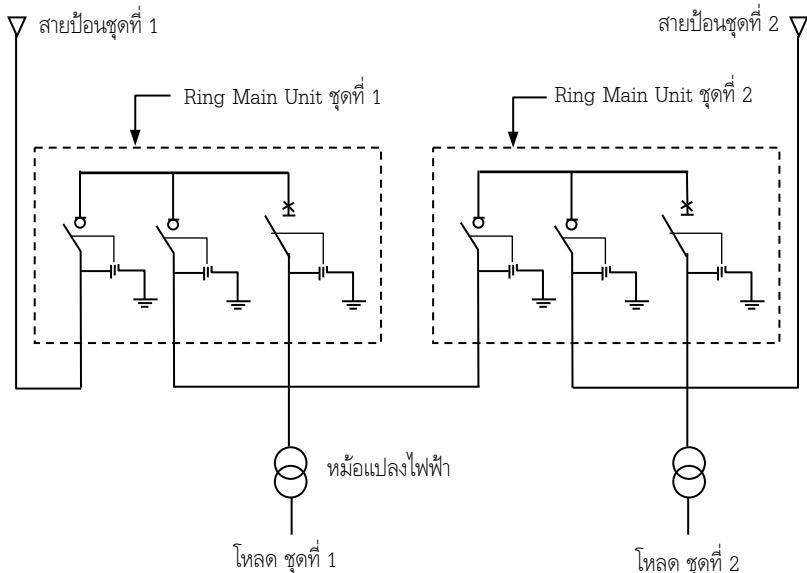
ตู้ที่มีเครื่องป้องกันกระแสเกินอยู่ด้วยจะทำหน้าที่รับไฟฟ้ามาจ่ายให้โหลดอีกต่อหนึ่ง โหลดนี้อาจเป็นโหลดตัวเดียว หลายตัว หรือห้องสถานประกอบการเลย์ก็ได้ ตู้ที่มีเครื่องป้องกันกระแสเกินด้วยนี้จะมีจำนวนตู้ได้ tally ตามความต้องการใช้งาน

โดยทั่วไปจึงใช้ ring main unit ทำหน้าที่รับไฟจากการไฟฟ้าฯ จ่ายให้โหลดและจ่ายต่อไปยังที่อื่นหรือเตรียมรับไฟฟ้าจากแหล่งอื่น เมฆะสำหรับวงจรที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าหรือสายจ่ายไฟฟ้ามากกว่าหนึ่งแหล่งจ่าย นั่นคือในการใช้งานจะสามารถเลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้ และยังสามารถทำหน้าที่เป็นทางผ่านของวงจรไฟฟ้าได้อีกด้วย ตัวอย่างการจ่ายไฟเป็นไปตามรูปที่ 1.6 และ 1.7



รูปที่ 1.6 ตัวอย่างการใช้ ring main unit ในระบบที่มีสายป้อน 2 ชุด

ในรูปที่ 1.6 เป็นการใช้งานกรณีที่สถานที่ใช้ไฟฟ้ามีแหล่งจ่ายไฟฟ้า 2 แหล่ง แต่ละแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็นคนละวงจรกัน เมื่อสายป้อนชุดใดชุดหนึ่งดับจะสามารถเปลี่ยนไปใช้สายป้อนที่เหลือได้ ทำให้การจ่ายไฟฟ้ามีความมั่นคงมาก



รูปที่ 1.7 ตัวอย่างการใช้ ring main unit จ่ายไฟฟ้าเป็นระบบ loop

รูปที่ 1.7 เป็นตัวอย่างการจ่ายไฟฟ้าแบบ loop ที่สายป้อนสองชุดจ่ายไฟฟ้าให้โหลดหลายแห่ง โหลดแต่ละแห่งจะมี ring main unit อยู่ด้วย แต่ละชุดก็จะจ่ายไฟฟ้าให้ ring main unit ชุดต่อไป สายป้อนทั้งสองชุดจะจ่ายไฟฟ้าเข้าหากันแต่จะไม่ต่อถึงกัน ดังนั้นเครื่องปลดวงจรของ ring main unit ตัวหนึ่งจึงต้องอยู่ในตำแหน่งปลด การจ่ายไฟฟ้าแบบนี้มีข้อดีคือ เมื่อสายป้อนชุดใดชุดหนึ่งดับจะสามารถจ่ายมาจากอีกสายป้อนหนึ่งได้โดยการลับเครื่องปลดวงจรให้ต่อถึงกัน นอกจากนี้แล้วยังสามารถต่อ กันในรูปแบบนี้ได้อีกตามรูปแบบการจ่ายไฟที่ต้องการ

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

ขัวต่อสาย (terminals) การต่อตัวนำเข้ากับขัวต่อสาย ต้องเป็นการต่อที่ดีและไม่ทำให้ตัวนำเลี้ยหาย ขัวต่อสายต้องเป็นแบบบีบ หรือแบบขันแน่นด้วยหมุดเกลียวหรือเปลี่ยนเกลียว ในกรณีที่สายขนาดไม่เกิน 6 ตร.ม.m. อนุญาตให้ใช้สายพันรอบหมุดเกลียว หรือ เดือย เกลียว (stud) ได้ และขันให้แน่น

การต่อสาย (splices) ต้องใช้อุปกรณ์สำหรับการต่อสายที่เหมาะสมกับงาน หรือโดยการเชื่อมประสาน (brazing) การเชื่อม (welding) หรือการบัดกรี (soldering) ที่เหมาะสม กับสภาพการใช้งาน หากใช้วิธีการบัดกรีต้องต่อให้แน่นทั้งทางกลและทางไฟฟ้าเล็กก่อนแล้วจึงบัดกรีทับรอยต่อ ปลายสายที่ตัดทิ้งไว้ต้องมีการหุ้มหนวดด้วยเทปหรืออุปกรณ์ที่ทนแรงดันไฟฟ้าได้เทียบเท่ากับหน่วงของสาย และเหมาะสมกับการใช้งาน

หมายเหตุ อนุโถมให้ใช้วิธีต่อสายโดยตรงด้วยการพันเกลียวสำหรับสายแกนเดียวที่มีขนาดไม่ใหญ่กว่า 2.5 ตร.ม.m.

1.5.2 สาเหตุที่จุดต่อสายหลวม พอกลุ่มได้ดังนี้

- ชนิดและขนาดของสายไฟฟ้า ไม่เหมาะสมกับตัวต่อสายหรือขัวต่อสายที่เข้าอุปกรณ์ เช่น พาวเวอร์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ และสวิตซ์ เป็นต้น ถ้าสายไฟฟ้ามีขนาดใหญ่หรือเล็กเกินไปก็จะเป็นผลให้จุดต่อสายเป็นปัญหาได้ อุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะระบุขนาดสายไฟฟ้าที่เหมาะสมมาให้ด้วย ชนิดของตัวต่อสายหรือขัวต่อสายต้องเหมาะสมกับชนิดของสายไฟฟ้าด้วย

เมื่อโลกแห่งต่างชนิดสัมผัสกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จะเกิดการรัดกร่อของโลหะจากการถ่ายเทประจุ ถ้าตัวน่านำทางแดงสัมผัสกับอะลูมิเนียม อะลูมิเนียมจะถูกดัดกร่อและหلامในที่สุด ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องมีการต่อระหว่างโลหะที่เป็นทางแดงกับอะลูมิเนียมจะต้องไม่ให้โลหะทั้งสองชนิดนี้สัมผัสถึงกันโดยตรง ตัวต่อสายก็จะต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้ได้กับโลหะทั้งสองชนิดเรียกว่า universal ซึ่งปกติจะเคลือบด้วยดีบุก

2. ข้อขี้ๆต่อสายไม่แน่นตามทอร์กที่กำหนดโดยผู้ผลิต เมื่อมีกระแสไฟ流มากโลหะจะขยายตัวและหดตัวเมื่อมีกระแสแลดลง ถ้าขี้ๆต่อสายขันไม่ได้ทอร์กตามที่กำหนดซึ่งอาจมากเกินไปหรือน้อยเกินไปปุจจุต่อสายก็จะหلامได้ ผู้ดัดตั้งจำนวนไม่น้อยที่ลากเลยจนเกิดบัญหาโดยเฉพาะการต่อสายเข้าชั้นเซอร์วิคิเบราเกอร์ บัสนาร์ และหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น ทอร์กนี้อาจระบุมากับตัวอุปกรณ์นั้นเลย หรือมากับเอกสารของผู้ผลิต

3. การบีบสายไม่เหมาะสม ก็เกิดกับตัวต่อสายที่ต้องใช้วีบบิปให้แน่นด้วยคีมย้ำหั้งชนิดที่ทำงานด้วยมือและชนิดที่ทำงานด้วยระบบไฮดรอลิก อาจเนื่องจากการเลือกขนาดตัวบีบ (die) ขนาดไม่ถูกต้อง หรือจำนวนรอยที่บีบไม่ตรงตามที่ผู้ผลิตกำหนด เป็นผลให้แรงบีบตัวต่อสายหلامหรือแน่นเกินไป เมื่อใช้งานเป็นเวลานานก็จะหلامและเกิดความร้อนสูงจนสายหรือขี้ๆต่อสายชำรุด โดยเฉพาะสายที่รับแรงดึงจากหลุดจมเป็นอันตรายได้

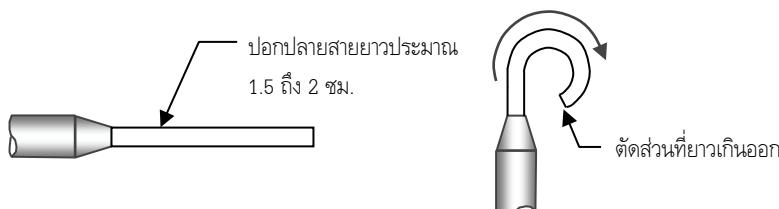
โดยปกติตัวต่อสายจะระบุขนาดของสายไฟฟ้า ขนาด die ที่ต้องใช้ และกำหนดตำแหน่งที่ต้องบีบมาให้ด้วย ตัวต่อสายขนาดเดียวกันแต่ค่านะผู้ผลิตก็อาจใช้ die คนละขนาดก็ได้ ดังนั้นในการทำงานจะต้องเลือกให้ตรงกับที่ระบุมาด้วย

4. สายไม่เข้าที่ เกิดกับตัวต่อสายชนิดเสียบแน่น (quick connection terminal) เมื่อเสียบสายแล้วสายอาจไม่ลงตำแหน่งที่กำหนด ทำให้หนาสัมผัสร้อนและเกิดความร้อนสูงได้ อีกบัญหาคือพิกัดกระแสไม่เหมาะสม ปกติขี้ๆต่อสายแบบนี้จะออกแบบให้ใช้งานกับกระแสไม่มาก เช่น 16 หรือ 20 A หรือน้อยกว่า ซึ่งก็ต้องสอดคล้องกับขนาดของสายไฟฟ้าด้วยเช่นกัน

5. ใช้สายหลายนึ่นกับตัวต่อสายที่ออกแบบสำหรับสายลักษณะเดียว ในการต่อสาย จะต้องตรวจสอบให้ชัดเจนก่อนว่าตัวต่อสายนั้นออกแบบสำหรับสายกี่ลักษณะ ซึ่งจะต้องใช้หัวต่อที่ต้องด้วยเช่นกัน

ตัวอย่างการต่อโดยการพันสายรอบสกรู

- ปอกปลายสายให้มีความยาวประมาณ 1.5 ถึง 2 ซม. ขึ้นกับขนาดของสกรู
- ใช้คิมม้วนปลายสายให้มีลักษณะโค้งเป็นวงกลม และตัดปลายสายส่วนที่เกินออก

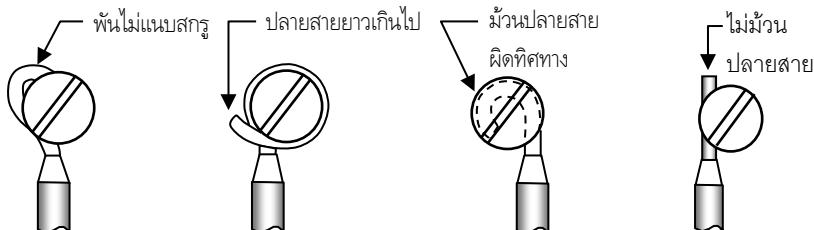


- คลายสกรูออกและนำปลายสายที่โค้งไว้วางทับลงให้ปลายสายหันไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และขันสกรูให้แน่น



รูปที่ 1.8 ตัวอย่างการต่อสายโดยการพันสายรอบสกรู ที่ถูกต้อง

ตัวอย่างการต่อสายพันรอบสกรูที่ไม่ถูกต้อง เป็นดังนี้



รูปที่ 1.9 ตัวอย่างการต่อสายโดยการพันสายรอบสกรู ที่ไม่ถูกต้อง

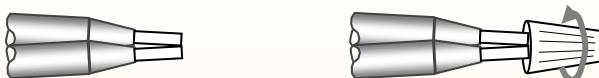
การต่อด้วยโดยการขันแน่นด้วยสกรู

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

ตัวอย่างการต่อสายด้วยไวนิล สายที่ใช้ต่อควรเป็นสายขนาดเดียวกัน และห้ามใช้กับสายไฟฟ้าชนิดที่ตัวนำเป็นทองแดงเส้นฟอยขนาดเล็ก

- ปอกสายไฟฟ้าให้มีความยาวประมาณ 1 ซม.
- นำปลายสายทองแดงมาจับต่อกัน มือจับสายไฟให้แน่นและสวมไวนิลที่ปลายสาย หมุนเข้าหากันลักษณะตามเข็มนาฬิกาจนแน่น และไม่จำเป็นต้องพันเทป绝缘缠带 ทับอีก (หรือถ้าจะพันเทปทับอีกชั้นก็ได้)

หมายเหตุ การต่อสายควรคีกษาเพิ่มเติมจากคู่มือของผู้ผลิตด้วย



รูปที่ 1.10 ตัวอย่างการต่อสายด้วยไวนิล

บทที่ 1 ความรู้ทั่วไป

1.6 สัญลักษณ์สำหรับงานเขียนแบบไฟฟ้า

สัญลักษณ์ต่อไปนี้ใช้กับงานเขียนแบบทั่วไป ในการใช้งานจริงอาจแตกต่างออกไปได้

	ແນ່ໃຟຟ້າທ່ວ່າໄປ ອີເວແນ່ໃຟຟ້າແສງສ່ວ່າງ
	ແນ່ໃຟຟ້າກໍາລັງ
	ແນ່ຄວບຄຸມ
	ໜ້າແປ່ງໄຟຟ້າ (ກໍາລັງ, ຮະບູ້ນາດ ແຮງດຳນັ່ນ ແລະອື່ນໆ)
	ຫລອດໄຟຟ້າ (ຮະບູ້ນິດແລະໝາດດ້ວຍຕົວອັກຊີ)
	ຈຸດຕ່ອໄຟຟ້າທ່ວ່າໄປ (ຮະບູ້ຕົວອັກຊີ ອີເວຕົວເລີ່ມ ເພີ່ມຕາມຈຸດປະສົງຄົງ)
	ຈຸດຕ່ອພັດລມໄຟຟ້າ
	ຈຸດຕ່ອສາຍ ອີເວລ່ອງຕ່ອສາຍ
	ຈຸດຕ່ອໄຟຟ້າສໍາຫັກໄຟທາງອອກ
	ເຕັ້ງຮັບເດືອນ
	ເຕັ້ງຮັບຄູ່
	ເຕັ້ງຮັບສໍາຫັກແພະຍ່າງ (ເດືອນ)
	ເຕັ້ງຮັບສໍາຫັກແພະຍ່າງ (ຄູ່)
	ເຕັ້ງຮັບນິດຝຶກພື້ນ (ເດືອນ)
	ຫລອດຟູ້ອອຣັບເສັນຕົ້ນ ຊົນດີເດືອນ (ຮະບູ້ນາດ)
	ຫລອດຟູ້ອອຣັບເສັນຕົ້ນ ຊົນດາຫລອດຄູ່ (ຮະບູ້ນາດ)
	ສວິຕູ້ໄຟຟ້າ
	ສວິຕູ້ໄຟຟ້າ ຊົນດີ 3 ທາງ

	หรือ	เชอร์กิตเบรกเกอร์
		ออดี้ไฟฟ้า
		กระดิ่งไฟฟ้า
		สายไฟฟ้า (ระบุวิธีการเดินสาย)
		สายไฟฟ้าเดินขึ้น
		สายไฟฟ้าเดินลง
		สายไฟฟ้าเดินกลับไป-กลับมา (จำนวนลูกศรแสดงจำนวนวงจร)
		สายไฟฟ้าเดินกลับไป-กลับมา (แสดงจำนวนสายไฟฟ้าด้วยขีด)
		เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
		มอเตอร์ไฟฟ้า
		เครื่องวัด (ระบุชนิดด้วยตัวอักษร)
		Hand hole
		Manhole
		Kilowatt-hour meter
	หรือ	 กับดักฟ้าผ่า (Lightning arrester)
		ฟิวส์ (ระบุขนาดแรงดัน และกระแส)
		ต่อลงติน

บทที่ 2 ชนิดของสายไฟฟ้าและการใช้งาน

2.1 ลักษณะของสายไฟฟ้าที่ดี

สายไฟฟ้าหรือเรียกันว่า “ไปร์ว่าสายไฟ” ทำหน้าที่นำพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังจุดที่ต้องการใช้งาน ปัจจุบันผู้ผลิตสายไฟฟ้าได้ผลิตสายออกแบบชนิดเพื่อให้ตรงตามความต้องการใช้งาน ซึ่งต่างกันทั้งชนิดของจำนวน ตัวนำ และโครงสร้าง การเลือกสายไฟฟ้าจึงต้องเลือกให้ตรงตามความต้องการใช้งาน การเลือกสายไฟฟ้าที่ดีควรพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

1. ผลิตตามมาตรฐานที่เชื่อถือได้ เช่น มอก. IEC หรือมาตรฐานอื่นๆ ที่ได้รับการยอมรับ
2. ความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าได้
3. ความต้านทานไฟฟ้าต่ำ
4. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน
5. ความทนต่อความร้อนเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร
6. โครงสร้างเหมาะสมกับสภาพที่ติดตั้งและการใช้งาน
7. คุณภาพของสายไฟฟ้าและวัสดุที่นำมายผลิต
8. ความเชื่อถือได้ของผู้ผลิต

2.2 แนวทางการเลือกสายไฟฟ้า

เป็นการเลือกชนิดของสายไฟฟ้าให้ตรงตามความต้องการใช้งานมีรายละเอียด ดังนี้

1. ชนิด เหมาะสมกับวิธีการเดินสายและสภาพแวดล้อม
2. ขนาด สามารถนำกระแสไฟได้ตามที่ต้องการและมีแรงดันตกไม่เกินค่าที่กำหนด
3. สถานที่ติดตั้งใช้งาน สถานที่ติดตั้งใช้งาน สอดคล้องกับที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า เช่น การติดตั้งในช่องเดินสาย การติดตั้งฝังดิน และสถานที่ที่ต้องการสายที่มีคุณสมบัติพิเศษ เป็นต้น

ปัจจุบันสายไฟฟ้าในระบบแรงต่ำที่ใช้ติดตั้งภายในอาคาร (หลังเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ของกรุงเทพฯ) กำหนดให้เป็นสายตัวนำทองแดง การเลือกสายไฟฟ้านิดหุ้มฉนวนระหว่าง PVC กับ XLPE มีข้อควรพิจารณา ดังนี้

2.2.1 อุณหภูมิใช้งาน สายหุ้มฉนวน PVC มีอุณหภูมิใช้งาน 70°C สำหรับสายหุ้มฉนวน XLPE มีอุณหภูมิใช้งาน 90°C มีข้อแตกต่างเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาคือ

1. **ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า** ในขณะที่ตัวนำมีขนาดเท่ากัน สายที่มีอุณหภูมิใช้งานสูงกว่าก็จะสามารถนำกระแสได้สูงกว่า ดังนั้นสาย XLPE จึงนำกระแสได้สูงกว่าสาย PVC ซึ่งเป็นข้อเด่นของสาย XLPE เมื่อเทียบกับสาย PVC

2. **ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย** ในขณะที่ตัวนำมีขนาดเท่ากัน สาย XLPE ซึ่งมีกระแสไฟสูงกว่าจึงมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียสูงกว่าซึ่งจะเกิดขึ้นตลอดเวลาที่ใช้งาน จึงเป็นข้อด้อยของสาย XLPE เมื่อเทียบกับสาย PVC

3. **แรงดันตก** ในขณะที่ตัวนำมีขนาดเท่ากัน สายไฟฟ้าที่มีกระแสไฟสูงกว่าก็จะมีค่าแรงดันตกสูงกว่าซึ่งอาจเป็นปัญหาหากเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิดที่จะมีประสิทธิภาพลดลงหรืออาจถึงขั้นใช้งานไม่ได้ ซึ่งเป็นข้อด้อยของสาย XLPE เมื่อเทียบกับสาย PVC แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มขนาดตัวนำให้ใหญ่ขึ้น

2.2.2 ผลของความร้อนที่มีต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในสายไฟฟ้าตามพิกัดที่กำหนดก็จะเกิดความร้อนที่ตัวนำของสายไฟฟ้า สาย PVC จะร้อนประมาณ 70°C และสาย XLPE จะร้อนประมาณ 90°C ความร้อนนี้จะส่งผ่านไปถึงขั้วของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สายต่ออยู่ข้างต่อสายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือแม้แต่ตัวอุปกรณ์ไฟฟ้าเองก็จะต้องออกແບบให้ทนอุณหภูมิจังกล่าวได้ด้วย อุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดอาจไม่ได้ออกແບบให้ใช้งานกับสายที่มีอุณหภูมิ 90°C เป็นผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุดหรือเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ การใช้งานจึงต้องมีความระมัดระวัง

การนำสายที่มีอุณหภูมิใช้งาน 90°C ไปใช้กับอุปกรณ์ที่ออกແບบให้ใช้งานกับสายที่มีอุณหภูมิใช้งาน 70°C สามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิของสายลง เช่น โดยการต่อฝาบล๊อบาร์ เพื่อให้ระบายความร้อนก่อน หรือโดยการใช้สายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมาต่อตรงช่วงที่จะต่อเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือใช้ขนาดกระแสเท่ากับสาย PVC เป็นต้น

2.2.3 คุณสมบัติต้านเปลวเพลิง สาย PVC มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง หมายถึงสามารถจุดติดไฟได้แต่เมื่อนำตัวน้ำเพลิงออก ไฟจะดับไปเอง สำหรับสาย XLPE เมื่อนำตัวน้ำเพลิงออกไฟจะไม่ดับเองแต่จะลุกตามต่อ จึงมีข้อจำกัดในการใช้งาน เช่น เมื่อใช้ในอาคารต้องเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด แต่สาย XLPE ที่สามารถผลิตให้เป็นชนิดต้านเปลวเพลิงได้โดยต้องผ่านการทดสอบตามที่มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า กำหนด ซึ่งผู้ผลิตต้องรับรอง

2.2.4 ความคงทนต่ออุณหภูมิของสาย PVC เนื่องจากถ้าเกิดเพลิงไหม้อาคารและสายไฟฟ้าลุกติดไฟจะเกิดความเสียหายมากซึ่งเป็นความชำรุดและมีพิษ จึงมีข้อจำกัดในการใช้งานในพื้นที่ที่ต้องการจำกัดปริมาณความร้อนหรือสารพิษ เช่น เส้นทางหนีไฟ อาคารใต้ดิน หรือในอาคารที่ต้องใช้เวลาในการหนีไฟนาน เป็นต้น

2.2.5 ความแข็งแรงทางกายภาพ สายทึบฉนวน XLPE มีความแข็งแรงทางกายภาพดีกว่าสาย PVC จึงทนต่อการรุกรานได้ในขณะติดตั้งได้

2.2.6 การทนความร้อนเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร เมื่อเกิดกระแสลัดวงจรจะมีกระแสไฟฟ้าจำนวนมากไหลผ่านสายไฟฟ้าก่อนที่เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือพิวาร์จะปลดวงจร สายไฟฟ้าก็จะร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว และถ้าความร้อนสูงเกิน จนวนของสายไฟฟ้าก็อาจเลือดสภาพแลยใช้งานต่อไม่ได้ สาย XLPE มีข้อดีที่ทนความร้อนนี้ได้มากกว่า (สาย PVC ทนความร้อนขณะลัดวงจรได้ 120°C สำหรับสาย XLPE ทนได้ 250°C)

2.3 โครงสร้างของสายไฟฟ้าแรงต่ำ

สายไฟฟ้าในระบบแรงต่ำมีโครงสร้างที่สำคัญ ดังนี้

2.3.1 ตัวนำ ทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าจึงมีความสำคัญมาก ตัวนำที่ดีต้องมีความต้านทานต่ำ มีความหนาแน่น และอ่อนตัวได้ดี ปัจจุบันวัสดุที่นิยมใช้เป็นตัวนำในระบบไฟฟ้าแรงต่ำได้แก่ทองแดง และอะลูมิเนียม

สำหรับสายไฟฟ้าในระบบแรงต่ำ (แรงดันไม่เกิน $1,000\text{ V}$) ภายในอาคาร จะใช้เป็นทองแดงเนื่องจากนำกระแสไฟฟ้าได้ดีกว่าและมีความยุ่งยากในการต่อสายน้อยกว่าอะลูมิเนียม ตัวนำมีทั้งที่เป็นตัวนำเส้นเดี่ยว ตีเกลียว และตัวนำชนิดสายอ่อน สายไฟฟ้าขนาดใหญ่ตัวนำจะเป็น

แบบตีเกลี่ยว่าเพื่อให้อ่อนตัวได้ดี ตัวนำที่ต้องมีความบริสุทธิ์ อ่อนนุ่ม และเห็นยา สามารถดัดโค้งได้ง่าย และหักยาก ส่วนตัวนำอะลูมิเนียมมีน้ำหนักเบาจึงนิยมใช้ในระบบสายอากาศถึงแม้จะมีข้อด้อยเรื่องความต้านทานก็ตาม

2.3.2 ชนวน ทำหน้าที่กันการไฟลั่นของกระแสไฟฟ้าไปยังสิ่งที่สัมผัสกับสายไฟฟ้า เช่น คน สัตว์ ต้นไม้ ดิน หรือแม้แต่ระหว่างสายไฟฟ้าตัวกัน เป็นต้น ปัจจุบันวัสดุที่ใช้ทำชนวนมีหลายชนิด ที่นิยมใช้ในระบบสายแรงต่ำภายใต้อาคารคือ PVC และ XLPE

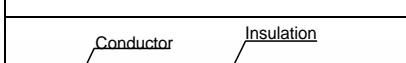
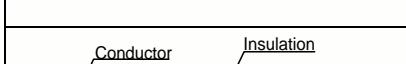
ชนวน PVC มีอุณหภูมิใช้งาน 70°C และ 90°C แต่สายที่ใช้งานในระบบการเดินสายที่ใช้เป็นสายที่มีอุณหภูมิใช้งาน 70°C สำหรับชนวน XLPE มีอุณหภูมิใช้งาน 90°C

2.3.3 เปลือก ทำหน้าที่ป้องกันชนวนของสายไฟฟ้าจากความเสียหายทางกลในระหว่างการติดตั้งและใช้งาน และยังช่วยป้องกันแสงแดด การกัดกร่อน รวมถึงการซึมผ่านของน้ำอีกด้วย สายไฟฟ้าบางชนิดมีเปลือกแต่บางชนิดไม่มีเปลือกซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ตัวอย่างสายไฟฟ้าที่มีเปลือก เช่น สาย NY, VCT, VAF และ CV เป็นต้น

2.4 สายไฟฟ้าแรงต่ำตาม มอก.11 และข้อกำหนดการใช้งาน

มาตรฐาน มอก.11 แบ่งเป็น มอก.11-2553 และ มอก.11 เล่ม 101-2559 ซึ่งปรับปรุงมาจากการเดินสายที่ต้องการใช้งาน ไม่สามารถเลือกตามความต้องการได้ แต่ต้องเลือกตามมาตรฐานและได้รับใบอนุญาต สำหรับสายตัวนำท่องแสงที่มีชนวน PVC ซึ่งกำหนดให้สายชนิดนี้ต้องผลิตตามมาตรฐานและได้รับใบอนุญาต สำหรับสายที่ต้องการใช้งาน ไม่เกิน 450/750 โวลต์ (U₀) หมายถึงแรงดันไฟฟ้าต่อเดียว ไม่เกิน 450/750 โวลต์ ต่ำกว่า 450/750 โวลต์ อุณหภูมิใช้งาน 70°C และ 90°C สำหรับสายที่ใช้ในระบบการเดินสายในอาคารเป็นชนิดที่มีอุณหภูมิใช้งาน 70°C รายละเอียดและข้อกำหนดการใช้งานของสายตาม มอก.11-2553 เป็นไปตามตารางที่ 2.1 และ มอก.11 เล่ม 101-2559 เป็นไปตามตารางที่ 2.1(ก)

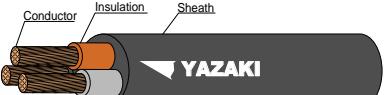
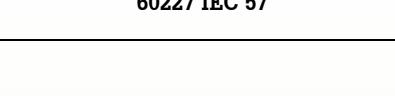
ตารางที่ 2.1 สายไฟฟ้าตาม มอก.11-2553 และการใช้งาน

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภท ตัวนำ	แรงดัน ใช้งาน	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.m.)			ประเภท การใช้ งาน (ดูหมาย เหตุ 1)
		อุณหภูมิ สูงสุด	1 แกน	หลาย แกน	หลาย แกนเม ล่ายดิน	
 60227 IEC 01 THW	Solid or Stranded	450/750 V	1.5-400	-	-	1
 60227 IEC 02 THW (f)		70 °C				
 60227 IEC 05 IV	Solid	450/750 V	1.5-240	-	-	1
 60227 IEC 06 IV(f)		70 °C				
 60227 IEC 07 HIV	Solid	300/500 V	0.5-1	-	-	1
 60227 IEC 08 HIV(f)		90 °C				
 60227 IEC 08 HIV(f)	Flexible	300/500 V	0.5-2.5	-	-	1
		90 °C				

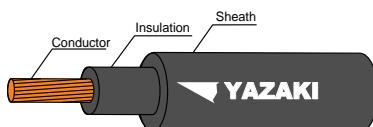
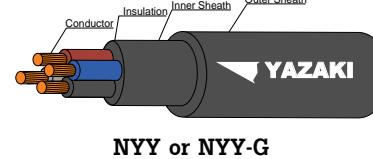
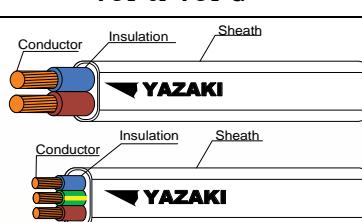
ตารางที่ 2.1 สายไฟฟ้าตาม อก.11-2553 และการใช้งาน (ต่อ)

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภท ตัวนำ	แรงดัน ใช้งาน อุณหภูมิ สูงสุด	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.m.)	ประเภท การใช้ งาน (ดูหมาย เหตุ)	
				1 แกน	หลาย แกน
	Solid or Stranded	300/500 V 70 °C	-	2-5 แกน 1.5-35	2-4 + G 1.5-35
	Flexible	300/300 V 70 °C	-	2 แกน 0.5-0.75	-
	Flexible	300/300 V 70 °C	-	2-3 แกน 0.5-0.75	2 + G 0.5-0.75
	Flexible	300/500 V 70 °C	-	2 แกน 0.75-1	-
	Flexible	300/500 V 70 °C	-	2-5 แกน 0.75-2.5	2-4 + G 0.75-2.5

ตารางที่ 2.1 สายไฟฟ้าตาม อก.ก.11-2553 และการใช้งาน (ต่อ)

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภท ตัวนำ	แรงดัน ใช้งาน	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)			ประเภท การใช้ งาน (ดูหมาย เหตุ 1)
		อุณหภูมิ สูงสุด	1 แกน	หลาย แกน	หลาย แกนเม สายเดียว	
 <p>60227 IEC 56 HVKF</p>	Flexible	300/300 V	-	2 แกน 0.5-0.75	-	3
 <p>60227 IEC 56</p>		90 °C				
 <p>60227 IEC 57 HVKF</p>	Flexible	300/300 V	-	2-3 แกน 0.5-0.75	2 + G 0.5-0.75	3
 <p>60227 IEC 57</p>		90 °C				
 <p>60227 IEC 57 HVKF</p>	Flexible	300/500 V	-	2 แกน 0.75-1	-	4
 <p>60227 IEC 57</p>		90 °C				

ตารางที่ 2.1(ก) สายไฟฟ้าตาม มอก.11 เล่ม 101-2559 และการใช้งาน

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภท ตัวนำ	แรงดัน ใช้งาน อุณหภูมิ สูงสุด	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.m.)			ประเภท การใช้ งาน (ดูหมาย เหตุ 1)
			1 แกน	หลาย แกน	หลาย แกนเมื่อ [*] สายเดิน	
 NYY or NYY-G	Solid or Stranded	450/750 V 70 °C	1-500	2-4 แกน 1-300	2-4 + G 1-300	6
 VCT or VCT-G	Flexible	450/750 V 70 °C	1-35	2-4 แกน 1-35	2-4 + G 1-35	6
 VAF or VAF-G	Solid or Stranded	300/500 V		2 แกน 1-16	2 + G 1-16	5

หมายเหตุ 1

ประ掏การใช้งานเป็นดังนี้

1. ใช้งานหัวไป เตินในช่องเดินสายและต้องป้องกันนำเข้าช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อผังดินหรือผังดินโดยตรง
2. ใช้งานหัวไป เตินในช่องเดินสายและต้องป้องกันนำเข้าช่องเดินสาย วางบนรางเคเบิล ห้ามร้อยท่อผังดินหรือผังดินโดยตรง
3. ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยอดยกได้ ใช้งานภายใต้เครื่องใช้ไฟฟ้า ดวงคอม
4. ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยอดยกได้ ใช้ในดวงคอมไฟฟ้า ในป้ายโฆษณา ป้ายไฟฟ้า
5. เดินสายผ่าน เตินในช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อ และห้ามแข็งดิน
6. ใช้งานหัวไป วางบนรางเคเบิล ร้อยท่อผังดินหรือผังดินโดยตรง

หมายเหตุ 2

ข้อแนะนำในการใช้งานสายแต่ละประเภท ให้ดูรายละเอียดเพิ่มเติมตามตารางที่ 5-48 ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ฉบับล่าสุด

2.5 สายไฟฟ้าแรงต่ำหุ้มฉนวน XLPE ตาม IEC 60502-1 และข้อกำหนดการใช้งาน

เป็นสายทองแดงหุ้มฉนวน XLPE (cross-linked polyethylene) หรือเรียกว่าหัวไปว่าสาย CV ผลิตตามมาตรฐาน IEC 60502-1 หรือ มอก.2143-2546 (เป็นมาตรฐานไม่บังคับ) ขนาดสายจึงเป็นไปตามความต้องการของตลาดและการผลิต

เนื่องจากคุณสมบัติของ XLPE ไม่ต้านเปลวเพลิง การติดตั้งในอาคารจึงมีข้อจำกัดว่า ต้องติดตั้งในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด ยกเว้นในการผลิตสายไฟฟ้าจะทำให้สายไฟฟ้ามีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิงและผ่านการทดสอบตามที่มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า กำหนด สายไฟฟ้าแรงต่ำของบริษัทฯ จะเป็นสายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง โดยจะระบุด้วยตัวอักษร FD ข้อมูลของสายไฟฟ้าเป็นไปตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สายไฟฟ้ารุ่นจนวน XLPE ตาม IEC 60502-1 และการใช้งาน

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภท ตัวนำ	แรงดัน ใช้งาน อุณหภูมิ สูงสุด	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)			ประเภท การใช้ งาน (ดูหมาย เหตุที่ 1)
			1 แกน	หลาย แกน	หลาຍ แกนเม ลยาດิน	
 FD-0.6/1KV-CV (0.6/1kV-Cu/XLPE/FR-PVC)	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	1.5-1000 1.5-400	2-4 แกน 1.5-400	2-4 + PE 1.5-400	2
 FD-0.6/1KV-CV-AWA (0.6/1kV-Cu/XLPE/PVC/AWA/FR-PVC)	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	1.5-1000	-	-	2
 FD-0.6/1KV-CV-SWA (0.6/1kV-Cu/XLPE/PVC/SWA/FR-PVC)	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	- 1.5-400	2-4 แกน 1.5-400	2-4+PE 1.5-400	2
 FD-0.6/1KV-CV-STA (0.6/1kV-Cu/XLPE/PVC/STA/FR-PVC)	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	- 1.5-400	2-4 แกน 1.5-400	2-4+PE 1.5-400	2

ตารางที่ 2.2 สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน XLPE ตาม IEC 60502-1 และการใช้งาน (ต่อ)

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภท ตัวนำ	แรงดัน ใช้งาน อุณหภูมิ สูงสุด	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.m.)			ประเภท การใช้ งาน (ดูหมาย เหตุ 1)
			1 แกน	หลาย แกน	หลา ยแกน มี สายเดิน	
<p>1.8/3KV-CV (1.8/3kV-Cu/XLPE/PVC)</p>	Compacted	1.8/3 kV 90°C	10-400	3 แกน 10-400	C+ Bare Cu 10-400	2
<p>FD-0.6/1KV-AL-CV (0.6/1kV-Al/XLPE/FR-PVC)</p>		0.6/1 kV 90°C	10-500	2-4 แกน 10-500	2-4+PE 10-500	
<p>FD-0.6/1KV-AL-CV-AWA (0.6/1kV- Al/XLPE/PVC/AWA/FR-PVC)</p>	Compacted	0.6/1 kV 90°C	10-500	-	-	2
<p>FD-0.6/1KV-AL-CV-SWA (0.6/1kV- Al/XLPE/PVC/SWA/FR-PVC)</p>		0.6/1 kV 90°C	-	2-4 แกน 10-400	2-4+PE 10-400	

ตารางที่ 2.2 สายไฟฟ้าหุ้มเงวน XLPE ตาม IEC 60502-1 และการใช้งาน (ต่อ)

รูปและข้อลักษณะไฟฟ้า	ประเภท ตัวนำ	แรงดัน ใช้งาน อุณหภูมิ สูงสุด	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.m.)	ประเภท การใช้งาน (ดูหมายเหตุ 1)	
				1 แคน	หลาย แคน
<p>FD-0.6/1KV-AL-CV-STA (0.6/1kV- Al/XLPE/PVC/STA/FR-PVC)</p>	Compacted	0.6/1 kV 90°C	- 10-400	2-4 แคน 10-400	2-4+PE 10-400
<p>FDLH-0.6/1KV-CE (0.6/1kV-Cu/XLPE/LSZH)</p>	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	1.5 - 1000	2-4 แคน 1.5-400	2-4+PE 1.5-400
<p>FDLH-0.6/1KV-CE-SWA (0.6/1kV-Cu/XLPE/LSZH/SWA/LSZH)</p>	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	- 1.5-400	2-4 แคน 1.5-400	2-4+PE 1.5-400
<p>FS/LH-0.6/1KV-XLPE(C) (0.6/1kV-Cu/MICA/LSZH-XLPE)</p>	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	1.5-630	-	-

ตารางที่ 2.2 สายไฟฟ้าหุ้นส่วน XLPE ตาม IEC 60502-1 และการใช้งาน (ต่อ)

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภท ตัวนำ	แรงดัน ใช้งาน อุณหภูมิ สูงสุด	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.m.)			ประเภท การใช้ งาน (ดูหมาย เหตุ 1)
			1 แคน	หลาย แคน	หลาย แคนเมื่อ [*] สายติด	
 FS/FDLH-0.6/1KV-CE (0.6/1kV-Cu/MICA/XLPE/LSZH)	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	1.5-1000	2-4 แคน	2-4+PE	2
 FS/FDLH-0.6/1KV-CE-SWA (0.6/1kV-Cu/MICA/XLPE/LSZH/SWA/LSZH)			-	1.5-400	1.5-400	

หมายเหตุ 1 ประเภทการใช้งานเป็นดังนี้

1. ใช้งานทั่วไป เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อผังดินหรือผังดินโดยตรง

2. ใช้งานทั่วไป วางบนรางเคลือบ ร้อยท่อผังดินหรือผังดินโดยตรง

หมายเหตุ 2 การติดตั้งภายใต้มาตรการต้องเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด นอกจากสายไฟฟ้าจะมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ตามมาตรฐาน IEC 60332-3 category C

Option for 0.6/1 kV to 1.8/3 kV Cable

Shield : Copper wire screen, Copper tape

Armor : AWA (Aluminium wire armour) for single core cable

: SWA (Steel wire armour) for multi-cores cable

: STA (Steel tape armour) for multi-cores cable

Sheath : Flame retardant

: Flame retardant + Vermin proof

2.6 สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติพิเศษ

เป็นคุณสมบัตินอกเหนือจากสายไฟฟ้าทั่วไป เพื่อให้สามารถใช้งานได้ตรงตามความต้องการตามที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า คุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ มีดังนี้

1. คุณสมบัติต้านเปลวเพลิง (Flame Propagation or Flame Retardant) คือ คุณสมบัติการหันหนียาลุกalam ของการลูกไฟขึ้นของสายไฟฟ้า เมื่อเกิดไฟไหม้สายไฟฟ้าจะช่วยลดปัญหาลุกalamของไฟไปตามสายไฟฟ้า ดังนั้นบริเวณที่ถูกไฟไหม้จะไม่ขยายเป็นบริเวณกว้าง และเมื่อเวลาแหล่งไฟออกก็จะดับเอง (self-extinguish) กำหนดให้ใช้ตามมาตรฐาน มอก.2756 หรือ IEC 60332-1 หรือ IEC 60332-3

2. คุณสมบัติการปล่อยควัน (Smoke Emission) คือ สายไฟฟ้าที่เมื่อถูกไฟไหม้ ส่วนประกอบหลายอย่างจะทำให้เกิดควันขึ้น ควันเหล่านี้จะทำให้การมองเห็นลดลง และทำให้สำลักควันเสียชีวิต สายควันน้อยยังกำหนดให้ใช้ตามมาตรฐาน มอก.2758 หรือ IEC 61034-2

3. คุณสมบัติการปล่อยก๊าซกรด (Acids Gas Emission) สายไฟฟ้าเมื่อถูกไฟไหม้ ส่วนประกอบบางส่วนจะทำให้เกิดก๊าซขึ้น และก๊าซบางอย่างก็จะทำให้เกิดกรด ซึ่งมีคุณสมบัติการกัดกร่อนสูง สายไฟฟ้าต้องไม่มีส่วนประกอบที่ทำให้เกิดสารไฮโลเจน (zero halogen or halogen free) กำหนดให้ใช้ตามมาตรฐาน มอก.2757 เล่ม 1-2559 และ มอก.2757 เล่ม 2-2559 หรือ IEC 60754-1 และ IEC 60754-2

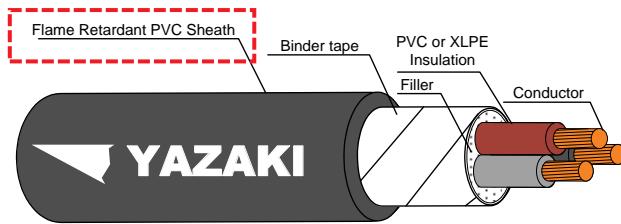
4. คุณสมบัติต้านทานการติดไฟหรือทนไฟ (Fire Resistance) คือ สายไฟฟ้าที่ทนต่อการติดไฟ ไม่ก่อให้เกิดการลุกalamของไฟ และขณะไฟลุกไฟม้อญังสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ปกติ กำหนดให้ใช้ตามมาตรฐานของ มอก.3197 หรือ BS 6387 หรือ มอก.2755 หรือ IEC 60331

2.6.1. สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง (Flame Retardant Cable)

สายชนิดนี้เมื่อนำมาเปลวไฟเผาจะลุกติดไฟได้แต่เมื่อนำต้นเพลิงออกไฟจะดับเอง ไม่ลุกalamต่อและไม่ขยายเป็นบริเวณกว้าง จึงสามารถที่จะทำการแก้ไขหรือดับไฟได้ทัน สายไฟฟ้าชนิดนี้จึงสามารถติดตั้งในร่างเปิดภายในอาคารได้ ปัจจุบันจึงเป็นที่นิยมใช้งาน แต่ข้อเสียของสายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิงคืออ่อนวนหรือเปลือกที่เป็น PVC ที่มีคุณสมบัติต้านเปลว

เพลิงนั้น เมื่อเกิดการเผาไหม้จะปล่อยก๊าซพิษออกมายเป็นอันตรายต่อผู้ที่สูดดมเข้าไป และเมื่อควันมากกลับผลต่อหัวคนวิถีการมองเห็น เช่น ปิดการมองเห็นเล่นทางการหนีไฟ และป้ายต่าง ๆ เป็นต้น

โครงสร้างของส Aly ไฟฟ้าชนิดนี้ประกอบด้วยเปลือกหุ้นนอกที่มีคุณสมบัติต้านเพลิง (flame retardant) ความสามารถในการต้านเพลิงแบ่งเป็น category ตามการทดสอบโดยใน การทดสอบจะมีการทดสอบส Aly ไฟฟ้าสำเร็จทั้งเส้น มีชื่อเป็นการทดสอบเพียงวัสดุ ส่วนได้ส่วนหนึ่งของส Aly ไฟฟ้า



รูปที่ 2.1 โครงสร้างสายไฟที่มีคุณสมบัติต้านเพลวเพลิง

1. ระดับของการต้านเพลิงเพลิงและการทดสอบ แบ่งออกเป็น 2 ระดับได้แก่
 - 1) ระดับต่ำ มาตรฐานการทดสอบ คือ IEC 60332-1 (BS 4066 part 1) หรือ มอก.

2756 เล่ม 1

■ խօնակ

- เป็นวิธีการทดสอบการต้านเปลแปลงของสายไฟฟ้าเส้นเดี่ยวในแนวตั้ง ในสภาวะเกิดการลุกไฟ
 - อุปกรณ์ทดสอบ
 - ห้องทดสอบ ที่กำบังโลหะและเหล็กนำไปใช้ไฟต้องอยู่ในห้องทดสอบที่เหมาะสมโดยไม่มีลมรบกวนระหว่างการทดสอบ แต่ต้องสามารถกำจัดก๊าซมีพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ได้ ห้องทดสอบต้องรักษาให้มีอุณหภูมิ $23 \pm 10^\circ\text{C}$

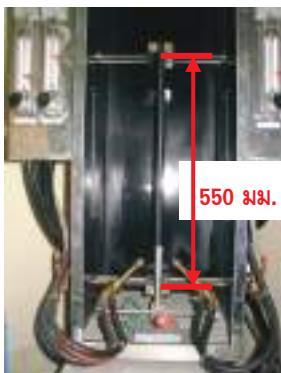
- ตัวอย่างสายไฟฟ้าความยาว 600 ± 25 มม. โดยชิ้นทดสอบต้องเก็บในสภาวะ อุณหภูมิ $23 \pm 5^\circ\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ± 20 % ไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ

■ การทดสอบ

- จัดชิ้นส่วนให้ยึดตรงและมัดเข้ากับแขนยึด 2 จุดในแนวตั้ง โดยมีระยะระหว่าง จุดล่างสุดของแขนยึดตัวบนกับจุดบนสุดของแขนยึดตัวล่างเท่ากับ 550 ± 5 มม.

ตารางที่ 2.3 เวลาที่ใช้ในการทดสอบ

เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้า (มม.)	เวลาที่ใช้ในการเผา (S)
$D \leq 25$	60 ± 2
$25 < D \leq 50$	120 ± 2
$50 < D \leq 75$	240 ± 2
$D > 75$	480 ± 2



รูปที่ 2.2(ก) ตัวอย่างสายที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 2.2(ข) การเผาสายไฟฟ้าด้วยเปลวเพลิง

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการทดสอบการต้านเปลวเพลิงระดับต่ำ

■ การประเมิน

- เมื่อไฟสายจันครอบตามเวลาที่กำหนดแล้วเอาหัวไฟออกหรือดับไฟที่หัวไฟ รอจนกระถังไฟที่ใหม่บันสายไฟท้านั้นดับเองแล้ววัดระยะ ถ้าระยะระหว่างขอบล่างของเขนยได้ตัวบันกับจุดบนสุดของล่วนที่ใหม่ไฟมากกว่า 50 มม. และระยะห่างระหว่างขอบล่างของเขนยได้ตัวบันกับจุดล่างสุดของล่วนที่ใหม่ไฟไม่เกิน 540 มม. ถือว่าผ่าน



รูปที่ 2.3 การวัดระยะการلامไฟ

(การต้านทานเปลี่ยนระดับต่ำ)

2) ระดับสูง มาตรฐานการทดสอบคือ IEC 60332-3 (BS 4066 part 3) หรือ มอก. 2756 เล่ม 3-2559

■ ข้อบ่งชี้

- การทดสอบสายไฟเพื่อกำหนดความสามารถในการต้านการลุก浪ของไฟภายใต้สภาวะที่กำหนด

■ ตู้ทดสอบการไฟ

- ตู้ทดสอบขนาด กว้าง 1 ม. ลึก 2 ม. และสูง 4 ม.

■ ประเภทของการทดสอบ

- IEC 60332-3 กำหนดประเภทของการทดสอบไว้ 5 ประเภท ตามปริมาณของวัตถุดิบที่ติดไฟได้และระยะเวลาในการเผาตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณของวัตถุดิบที่ติดไฟได้และระยะเวลาในการเผา

Category	วัตถุดิบที่ติดไฟได้ (ลิตร/เมตร)	เวลาในการเผา (นาที)	มาตรฐานการทดสอบ
A F/R	7	40	IEC 60332-3-21
A	7	40	IEC 60332-3-22
B	3.5	40	IEC 60332-3-23
C	1.5	20	IEC 60332-3-24
D	0.5	20	IEC 60332-3-25

■ การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

- นำสายไฟฟ้าที่ต้องการทดสอบยาว 3.5 ม. มัดเข้ากับรังโดยรูปแบบการมัดขึ้นกับขนาดของสายไฟฟ้าตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 รูปแบบการมัดสายไฟฟ้าเพื่อทดสอบการเผาตามมาตรฐาน IEC 60332-3

เส้นผ่านศูนย์กลางสายไฟ	รูปแบบการมัด
≤ 35 ตร.มม.	มัดชิดติดกัน
> 35 ตร.มม.	เว้นระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้าประมาณครึ่งหนึ่งของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าแต่ระยะห่างต้องไม่เกิน 20 มม.



รูปที่ 2.4 เปลวไฟขณะทำการเผาเพื่อทำการทดสอบ

- การทดสอบ ขณะทำการทดสอบการเผาที่องค์ความดุมอัตราการไหลของอากาศและก๊าซ ดังนี้
 - Air flow rate $77.7 \pm 4.8 \text{ l/min}$ ที่อุณหภูมิ 20°C และความดัน 1 bar
 - Gas (Propane) flow rate $13.5 \pm 0.5 \text{ l/min}$ ที่อุณหภูมิ 20°C และความดัน 1 bar
 - Air inlet flow rate $5000 \pm 500 \text{ l/min}$ ที่อุณหภูมิ $20 \pm 10^\circ\text{C}$
- การประเมินผล
 - หลังจากสุดการเผา สายไฟที่จะต้องมีระยะการถูกเผาไหม้สูงสุดไม่เกิน 2.5 m โดยวัดจากหัวเผา



รูปที่ 2.5 การวัดระยะการเผาไหม้หลังทำการทดสอบการเผา

2.6.2 สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติการปล่อยควัน หรือควันเนื้อยา

เนื่องจากสายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิงนั้น เมื่อเกิดการลูกไฟมั่บริเวณลุกไฟ หรือเปลือกที่เป็น PVC ก็จะมีควันมาก ควันดำเน ปิดบังการมองเห็น และเป็นพิษ

1. การทดสอบความหนาแน่นของควัน (Smoke Density Test) : IEC 61034-2

หรือ BS EN 50268 หรือ มอก.2758 เล่ม 2

■ ข้อบეชต

- การทดสอบความหนาแน่นของควัน

■ อุปกรณ์การทดสอบ

- ห้องทดสอบทึบแสงขนาด 27 ลูกบาศก์เมตร (กว้าง×ยาว×สูง = 3×3×3 ม.)
- เชื้อเพลิงที่ใช้เป็น เอทานอล (ethanol) $90\pm1\%$ เมทานอล (methanol) $4\pm1\%$ น้ำ $6\pm1\%$

- ชิ้นตัวอย่างที่ใช้ในการเผาขึ้นอยู่กับขนาดของเลี้นผ่านศูนย์กลางดังตารางที่ 2.6
- ในห้องทดสอบต้องมีพัดลมที่มีอัตราการไหลของลมระหว่าง 7-15 ลบ.ม./นาที

ตารางที่ 2.6 จำนวนชิ้นส่วนตัวอย่างทดสอบ Smoke Density

เลี้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟ (มม.)	จำนวนชิ้นตัวอย่างทดสอบ (N)	
	แบบท่อ Cable	แบบ Bundles
D > 40	1	-
20 < D ≤ 40	2	-
10 < D ≤ 20	3	-
5 < D ≤ 10	N ₁ = 45/D	-
1 < D ≤ 5	-	N ₂ = 45/(3D)

■ ขั้นตอนการทดสอบ

- ทำการเผาสายตัวอย่างความยาว 1 ม. วางในแนวอนบนพาดแหลกอหอล์
- ตั้งค่าความเข้มแสงที่ลอดผ่านชั้มที่เครื่องรับแสง (photocell) ไว้ที่ 100%
- เปิดระบบหมุนเวียนอากาศแล้วจุดไฟ การทดสอบจะถือว่าเสร็จสิ้นหลังจากเปลวไฟดับแล้วและไม่มีการลดของปริมาณแสงที่ส่องผ่านนาน 5 นาที เวลาในการทดสอบไม่ควรเกิน 40 นาที

■ การประเมินผล

- ค่าความเข้มของแสงที่จดบันทึกไว้จากเครื่องรับแสง ต้องมีความเข้มแสงหลังการทดสอบไม่น้อยกว่าค่าที่มาตรฐานกำหนดของความเข้มแสงก่อนการทดสอบ

6.2.3 สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติการปล่อยก๊าซกรด

ก๊าซกรดส่วนใหญ่เป็นไฮโลเจน การวัดปริมาณก๊าซจึงเป็นการวัดปริมาณไฮโลเจน

ดังนี้

■ ขอบเขต

- วัดค่าความเป็นกรดของก๊าซซึ่งถูกปล่อยออกมาในระหว่างการเผาไหม้ของวัตถุที่นำมาจากส่วนต่าง ๆ ของตัวอย่างสายไฟฟ้า
- อุปกรณ์การทดสอบ
 - เป็นไปตามที่แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ชุดอุปกรณ์ทดสอบคุณสมบัติการปล่อยก๊าซกรด (acids gas emission)

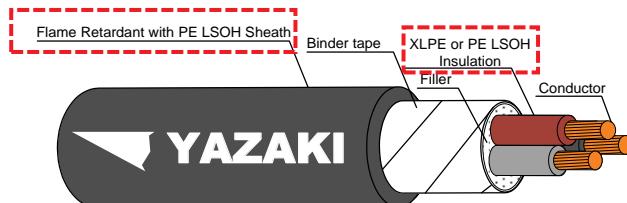
■ วิธีการทดสอบ

- เตรียมชิ้นทดสอบประมาณ 1 กรัม จากสายตัวอย่าง (เฉพาะที่ติดไฟได้องค์ประกอบละ 1 กรัม) นำมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ และนำไปใส่ไว้ในหลอดแก้วซึ่งจะอยู่ภายในเตาอบสำหรับเผา
- อุ่นหกมีในการเผาต้องไม่ต่ำกว่า 935°C ใช้เวลา 30 นาที
- เมื่อสิ้นสุดการเผาแล้ว นำน้ำแข็งไว้ตรวจสอบค่า pH

■ การประเมินผล

- ค่าปริมาณก๊าซไฮโลเจน ในรูป ก๊าซไฮโลเจน จะต้องไม่เกิน 0.5% ของปริมาณตัวอย่างตาม IEC 60754-1 หรือ BS EN 50267-2-1 และในกรณีทดสอบค่า pH

และ conductivity ตาม IEC 60754-2 หรือ BS EN 50267-2-2 โดยค่า pH ที่ได้ต้องไม่น้อยกว่า 4.3 และค่า conductivity จะต้องไม่เกิน 10 $\mu\text{S}/\text{mm}$

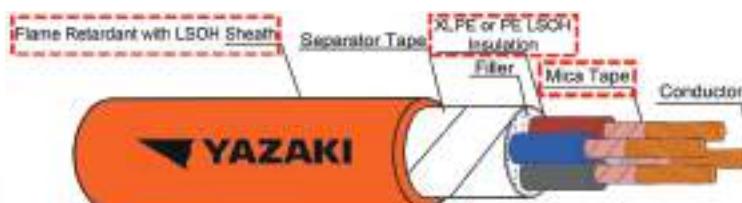


รูปที่ 2.7 โครงสร้างสายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง cavernous และไร้ชาโลเจน

2.6.4 สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติทนไฟ

สายทนไฟ คือสายไฟฟ้าที่ยังสามารถจ่ายไฟฟ้าได้ช่วงเวลาหนึ่งในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ โดยไม่เกิดการลัดวงจร ระยะเวลาการทนไฟเป็นไปตามกำหนดในมาตรฐานการผลิตสายไฟฟ้า ในการใช้งานจะใช้ติดตั้งในวงจรที่ต้องการให้ใช้งานได้มีอุบัติเหตุเพลิงไหม้

ปัจจุบันมีการใช้สายประภาน้ำมากขึ้น ตามที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า เพื่อความปลอดภัยต่อบุคคลและทรัพย์สิน



รูปที่ 2.8 โครงสร้างสายทนไฟ

โครงสร้างของสายท่านไฟจะมีโครงสร้างไกล์เคียงกับสายชนิด flame retardant, low smoke & zero halogen cable ต่างกันที่สายไฟฟ้านิยมใช้เป็นลวดสำคัญที่ทำให้สายไฟฟ้านิยมสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ในขณะที่เกิดเพลิงไม้ เพราะจะทำหน้าที่เป็นผนังในกรณีที่วัสดุห้องลักษณะไฟฟ้าในส่วนอื่น ๆ ถูกเผาไหม้จนหมด สายท่านไฟส่วนใหญ่จะเป็นการทดสอบการทนไฟตามมาตรฐาน BS 6387 (ระดับชั้น CWZ) หรือ มอก 3197 มีดังนี้

- การทดสอบความต้านทานต่อการเผาไหม้ของสายไฟฟ้า (protocol C for resistance to fire alone)
- การทดสอบความต้านทานการเผาไหม้และการฉีดน้ำ (protocol W resistance to fire with water)
- การทดสอบความต้านทานการเผาไหม้และการกระแทก (protocol Z resistance to fire with mechanical shock)

1. การทดสอบ Protocol C for Resistance to Fire Alone

■ ข้อบอกรถ

- การทดสอบความต้านทานต่อการเผาไหม้ของสายไฟฟ้า ขณะที่มีการจ่ายกระแสไฟ และแรงดันไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง

■ วิธีการทดสอบ

- ทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าตามพิกัดของสายไฟ และกระแสไฟหลักประมาณ 0.25 A โดยแรงดันที่สามารถทดสอบได้ไม่เกิน 600/1000 V
- อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบและเวลาตามตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 เมื่อนำไปใช้การทดสอบ

สัญลักษณ์	อุณหภูมิที่ทดสอบ (°C)	ระยะเวลาทดสอบ (นาที)
C	950±40	180



รูปที่ 2.9 การทดสอบ resistance to fire alone

■ การประเมินผล

- จะต้องไม่เกิดการลัดวงจรขึ้นในเฟล์สได ๆ ภายใต้สภาวะเงื่อนไขและระยะเวลาตามที่มาตรฐานกำหนด

2. การทดสอบ Protocol W Resistance to Fire with Water

■ ข้อบ่งชี้

- การทดสอบความต้านทานต่อการเผาไหม้ของสายไฟฟ้า ขณะที่มีการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง และมีการสเปรย์น้ำหลังจากเผาไหม้ ตามระยะเวลาที่กำหนด โดยขณะที่มีการสเปรย์น้ำก็ยังคงจ่ายแรงดันไฟฟ้าและเชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่อง

■ วิธีการทดสอบ

- ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามพิกัดของสายไฟ และกระแสไฟหลอดประมาณ 0.25 A โดยแรงดันที่สามารถทดสอบได้ไม่เกิน 600/1000 V
- อัตราการฉีดสเปรย์น้ำอยู่ที่ 0.25-0.30 l/m²/s และมีแรงดันน้ำ 250-350 kPa
- อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบและเวลาตามตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 เงื่อนไขการทดสอบ

สัญลักษณ์	อุณหภูมิที่ทดสอบ (°C)	ระยะเวลาทดสอบ (นาที)
W	650±40	15 นาที และสเปรย์น้ำอีก 15 นาที



รูปที่ 2.10 การทดสอบ resistance to fire with water spray

■ การประเมินผล

- จะต้องไม่เกิดการลัดวงจรขึ้นในเฟล์ดิ ฯ ภายใต้สภาวะเงื่อนไขและระยะเวลาตามที่มาตรฐานกำหนด

3. การทดสอบ Resistance to Fire with Mechanical Shock

■ ข้อบ่งชี้

- การทดสอบความต้านทานต่อการเผาไหม้ของสายไฟฟ้าขณะที่มีการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง และมีแรงกระทำให้สายไฟฟ้าถูกครุ่นหนามาก

■ วิธีการทดสอบ

- ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามพิกัดของสายไฟ และกระแสไฟหลดประมาณ 0.25 A โดยแรงดันที่สามารถทดสอบได้ไม่เกิน 600/1000 V
- แรงที่กระทำใช้ระยะเวลา 30 ± 2 วินาทีต่อครั้ง
- อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบและเวลาตามตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 เงื่อนไขการทดสอบ

สัญลักษณ์	อุณหภูมิที่ทดสอบ (°C)	ระยะเวลาทดสอบ (นาที)
Z	950±40	15



รูปที่ 2.11 การทดสอบ resistance to fire with mechanical shock

■ การประเมินผล

- จะต้องไม่เกิดการลัดวงจรขึ้นในเฟสใด ๆ ภายใต้สภาวะเงื่อนไขและระยะเวลาตามที่มาตราฐานกำหนด

2.6.5 การใช้งานสายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติพิเศษ

1. คุณสมบัติการทนไฟ วงจรช่วยชีวิตของอาคารต้องป้องกันตัวเองให้สามารถใช้งานได้หากเกิดไฟไหม้ อาคารชุด อาคารสูง & อาคารขนาดใหญ่พิเศษ โรงแรม สถานบริการ โรงเรียน อาคารトイพิวเดิน และอาคารหรือสถานที่ใด ๆ ที่กฎหมายกำหนดให้ต้องมีระบบวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต ไม่ว่าห้องดูแลหรือบ้านล้วน หรือระบบใดระบบหนึ่ง

วงจรช่วยชีวิต หมายถึงวงจรที่จำเป็นต้องจ่ายไฟให้บริภัณฑ์ไฟฟ้าให้สามารถใช้งานได้เมื่อเกิดเหตุที่ต้องการหนีภัย

ระดับการทนไฟของวงจรช่วยชีวิต แต่ละระบบต้องมีระดับการทนไฟไม่ต่ำกว่าที่กำหนด ดังต่อไปนี้ (สำหรับระบบแรงดันต่ำเท่านั้น)

- ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองสำหรับกรณีฉุกเฉินไปยังแผงจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินเพื่อช่วยชีวิต กำหนดให้มีระดับการทนไฟตาม มอก. 3197 (BS 6387) ระดับ CWZ หรือ MI Cable

- ระบบอัดอากาศสำหรับน้ำดีหนีไฟ กำหนดให้มีระดับการทนไฟตาม มอก. 3197 (BS 6387) ระดับ CWZ หรือ MI Cable

- ระบบดูดและระบายควันรวมทั้งระบบควบคุมการกระจายของไฟและควัน กำหนดให้มีระดับการทนไฟตาม มอก. 3197 (BS 6387) ระดับ CWZ หรือ MI Cable

- ระบบเครื่องสูบน้ำและระบบดับเพลิงอัตโนมัติ กำหนดให้มีระดับการทนไฟตาม BS 6387 ในระดับชั้น CWZ (มอก. 2755) หรือ MI cable

- ระบบลิฟต์ดับเพลิง กำหนดให้มีระดับการทนไฟตาม มอก. 3197 (BS 6387) ระดับ CWZ หรือ MI Cable

- ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และระบบล็อกสารฉุกเฉินสำหรับแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (ระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย) กำหนดให้มีระดับการทนไฟตาม มอก. 2755 (IEC 60331) หรือเป็นไปตามมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (วสท.) พร้อมทั้งมีคุณสมบัติการปล่อยก๊าซกรดตาม มอก. 2757 หรือ IEC 60754-1 และ IEC 60754-2 และมีคุณสมบัติการปล่อยควันตาม มอก. 2758 หรือ IEC 61034-2

- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน กำหนดให้มีระดับการทนไฟตาม มอก. 2755 (IEC 60331) หรือเป็นไปตามมาตรฐานระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน

(วสท.) พร้อมทั้งมีคุณสมบัติการปล่อยก๊าซกรดตาม มอก. 2757 หรือ IEC 60754-1 และ IEC 60754-2 และมีคุณสมบัติการปล่อยควันตาม มอก. 2758 หรือ IEC 61034-2

2. คุณสมบัติพิเศษอื่น ๆ

กำหนดคุณสมบัติพิเศษของสายไฟฟ้าตามประเภทของอาคาร ดังนี้

2.1 โรงมหรสพ สายไฟฟ้าระบบแรงต่ำ ในล่วนภายในที่ผู้ดูแลซึ่งมีการแสดงห้องควบคุม เวที ช่องทางเดิน บันได ทางหนีไฟ ต้องเป็นสายตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนมีคุณสมบัติ ดังนี้

- ต้านทานปลาวเพลิงตาม มอก. 2756 Category C
- การปล่อยก๊าซกรดตาม มอก. 2757 และ
- การปล่อยควันตาม มอก. 2758

ยกเว้น โรงมหรสพประเภท จ คือโรงมหรสพที่ตั้งอยู่กลางแจ้งซึ่งมีรั้วที่กั้นห้องหรือมีลักษณะม่านคงแข็งแรง กันขอบเขตโรงมหรสพและมีพื้นที่ภายในขอบเขตโรงมหรสพตั้งแต่ 150 ตารางเมตร ขึ้นไป

สายไฟฟ้าของวงจรช่วยชีวิต ต้องมีคุณสมบัติตามที่กล่าวข้างต้น

2.2 สถานบริการ สายไฟฟ้าระบบแรงต่ำ ในพื้นที่บริการต้องเป็นสายตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน

- ต้านทานปลาวเพลิงตาม มอก. 2756 Category C
- การปล่อยก๊าซกรดตาม มอก. 2757 และ
- การปล่อยควันตาม มอก. 2758

ยกเว้น สถานบริการประเภท ก และ ฉ

ประเภท ก หมายถึง สถานบริการที่เป็นอาคารเดี่ยวหรือที่ตั้งอยู่ในอาคารที่ประกอบกิจกรรมหลายประเภทรวมกัน ซึ่งมีการจัดพื้นที่บริการน้อยกว่า 200 ตร.ม.

ประเภท ฉ หมายถึง สถานบริการที่เป็นอาคารชั้นเดียวและไม่มีผังภายนอกหรือมีผังภายนอกซึ่งมีความยาวรวมกันมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวลิ้นรอบฐานของพื้นที่อาคารที่อยู่ภายใต้หลังคาลุม ซึ่งมีการจัดพื้นที่บริการตั้งแต่ 200 ตารางเมตรขึ้นไป

สายไฟฟ้าของวงจรช่วยชีวิต ต้องมีคุณสมบัติตามที่กล่าวข้างต้น

2.3 อาคารトイผู้ดิน หมายถึง อาคารหรือห้องของอาคารที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 1,000 ตร.ม. ขึ้นไป สถานีเรือไฟฟ้าトイดิน อุโมงค์รถไฟฟ้าトイดินและรวมถึงอุโมงค์トイดินที่ใช้สำหรับการจราจรทั่วไป แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) ประเภทที่ 1 ระบบที่ต้องการความปลอดภัยปกติ (Normal Safety Requirement System) ได้แก่ระบบดังต่อไปนี้

- ระบบแสงสว่างทั่วไป
- ระบบไฟฟ้ากำลัง ที่นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ (2) และ (3)
- ระบบปั๊มน้ำขึ้นลงบนหลังคา
- ระบบระบายอากาศ
- ระบบระบายน้ำโดยทั่วไป

สายไฟฟ้า ต้องเป็นชนิดต้านเพลิง มีคุณสมบัติต้านทานการลูกไฟตาม มอก. 2756 Cat C หรือ IEC 60332-3 Cat C และมีคุณสมบัติการปล่อยก๊าซการดตาม มอก. 2757 หรือ IEC 60754-1 และ IEC 60754-2 และมีคุณสมบัติการปล่อยควันตามมอก. 2758 หรือ IEC 61034-2

(2) ประเภทที่ 2 ระบบที่ต้องการความปลอดภัยสูง (High Safety Requirement System) ได้แก่ระบบดังต่อไปนี้

- ระบบระบายอากาศ เฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับการจ่ายลม
- ระบบระบายน้ำฉุกเฉิน
- ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน
- ระบบสัญญาณเตือนภัยต่าง ๆ
- ระบบควบคุมคอมพิวเตอร์
- ระบบทางหนีภัย (escape way)

สายไฟฟ้าต้องมีคุณสมบัติตามประเภทที่ 1 และเพิ่มเติมคือ ต้องมีคุณสมบัติต้านทานการติดไฟตาม มอก. 2755 หรือ IEC 60331

(3) ประเภทที่ 3 ระบบที่ต้องการความปลอดภัยสูงมาก (Very High Safety Requirement System) ได้แก่ระบบดังต่อไปนี้

- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินทั้งในอาคารใต้ผิวดินและอุโมงค์ทางวิ่ง
- ระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ
- ระบบดูดและระบายควันรวมทั้งระบบควบคุมการกระจายของไฟและควัน
- ระบบสื่อสารฉุกเฉิน (emergency communication)
- ระบบระบายควัน ทั้งในอาคารใต้ผิวดินและอุโมงค์ทางวิ่ง
- ระบบเครื่องลูบนำดับเพลิงและการดับเพลิงทั้งหลาย

สายไฟฟ้าต้องมีคุณสมบัติตามประเภทที่ 1 และเพิ่มเติมคือ ต้องมีคุณสมบัติต้านทานการติดไฟตาม มอก. 3197 หรือ BS 6387 ระดับ CWZ หรือ MI Cable

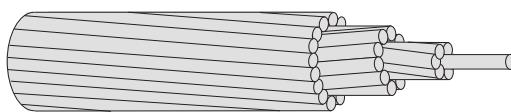
2.7 สายไฟฟ้าในระบบแรงสูง

หมายถึงสายไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแรงดันเกิน 1,000 V แบ่งเป็นดังนี้

2.7.1 สายไฟฟ้าในระบบสายอากาศ

1. สายเบล็อคอร์ เป็นสายชนิดไม่มีนวนหุ้มจึงต้องติดตั้งบนนวนวายไฟฟ้าที่ทนแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานได้ และต้องให้พันจากการลัมพัส ใช้เดินในระบบสายอากาศ ตัวนำเป็นอะลูมิเนียมตีเกลียวเฉพาะต้องการนำหักง่าย การตีเกลียวจะทำให้อ่อนตัวได้ ติดตั้งจะต้องปั๊บบันใช้ในระบบแรงสูงขนาด 69 kV ขึ้นไป กรณีที่ต้องการความแข็งแรงทางกลเพื่อให้สามารถรับแรงดึงได้สูงขึ้น ก็จะทำเป็นชนิดแกนเหล็ก หรือใช้เป็นวัสดุผสม (alloy) ก็ได้ตามความต้องการ มีหลายชนิด ดังนี้

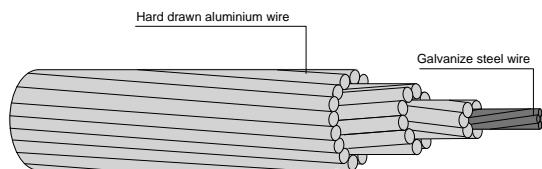
1) AAC (All Aluminium Conductor) โครงสร้างประกอบด้วยตัวนำอะลูมิเนียมรีดแข็ง (hard draw) ใช้ติดตั้งในช่วงที่มีระยะห่างระหว่างเสา (span) ล้าน ๆ เมตรจากรับแรงดึงได้ต่ำ มากในระบบแรงดันตั้งแต่ 69 – 115 kV



รูปที่ 2.12 โครงสร้างสายไฟฟ้าชนิด AAC (All Aluminium Conductor)

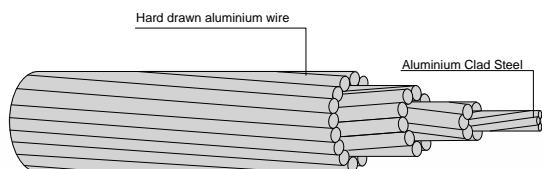
2) ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) เป็นตัวนำอะลูมิเนียม
แกนเหล็กเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของสายไฟรับแรงดึงได้มากขึ้น การติดตั้งจึงมีระยะห่างระหว่าง
เล็กมากได้ แบ่งออกเป็น ACSR/GA และ ACSR/AW

- ACSR/GA แกนกลางเป็น ลวดเหล็กเคลือบสังกะสี (galvanized steel)



รูปที่ 2.13 โครงสร้างสายไฟฟ้าชนิด ACSR/GA

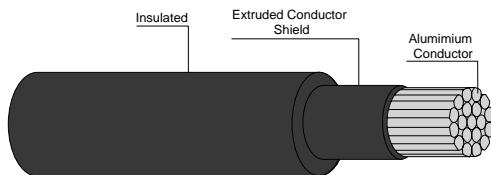
- ACSR/AW แกนกลางเป็นลวดเหล็กเคลือบอะลูมิเนียม (aluminium clad
steel)



รูปที่ 2.14 โครงสร้างสายไฟฟ้าชนิด ACSR/AW

2. สายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวน

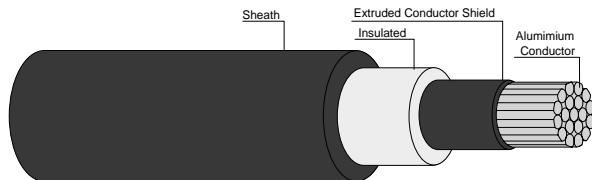
1) สายหุ้มฉนวนแรงสูงไม่เต็มพิกัด (**Partially Insulated Conductor**) การไฟฟ้านครหลวงเรียกว่าสาย APC การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกว่าสาย PIC เป็นตัวนำอะลูมิเนียมชนิดตึงเกลี่ยวอัดแน่น (compacted strand) เพื่อให้มีขนาดเล็กน้ำหนักน้ำหนักต่ำ สามารถลดแรงที่กระทำจากลมพัดได้ หุ้มด้วยฉนวน XLPE เพื่อป้องกันการลัดวงจรกรณีสัมผัสชั่วขณะ แต่ความหนาของฉนวนไม่มากพอที่จะทนแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานได้ และไม่มี shield เพื่อป้องกันสนามไฟฟ้า จึงต้องติดตั้งบนฉนวนไฟฟ้าหรือลูกถ่ายไฟฟ้า เช่นเดียวกับสายเปลือย มีใช้งานในระบบแรงดัน 12 – 33 kV แต่ปัจจุบันความนิยมในการใช้งานลดลงมาก



รูปที่ 2.15 โครงสร้างสายไฟฟ้าชนิด APC หรือ PIC (partially insulated cable)

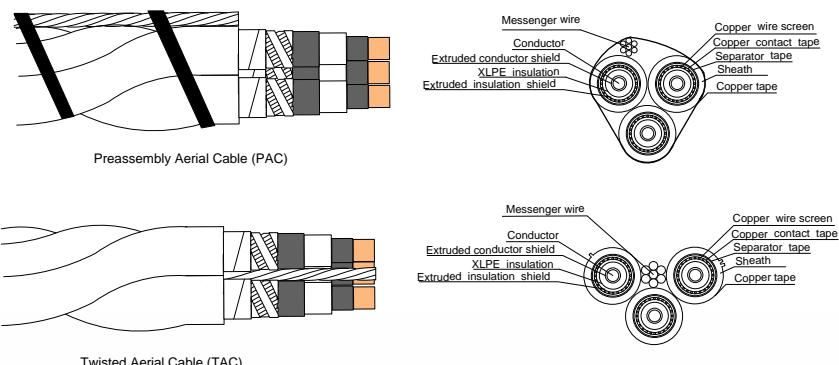
2) สายหุ้มฉนวนแรงสูง 2 ชั้นไม่เต็มพิกัด (**Spaced Aerial Cable**) การไฟฟ้านครหลวงเรียกว่าสาย ASC การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกว่าสาย SAC เป็นสายหุ้มฉนวน XLPE หนาแต่ยังไม่เต็มพิกัดและไม่มี shield จึงไม่ปลอดภัยจากการสัมผัส สามารถสัมผัสกับต้นไม้ได้หนาแน่นและถ้าปล่อยให้สัมผัสเป็นเวลานานก็จะทำให้ฉนวนของสายชำรุดได้ การติดตั้งยังคงต้องมีฉนวนไฟฟารองรับเช่นกันแต่ความเบ็นฉนวนสามารถลดลงได้ ปัจจุบันนิยมติดตั้งบนลูกถ่ายไฟฟ้า หรือแขวนไว้กับ spacer ที่เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้า

การติดตั้งต้องระวังการสัมผัสกับต้นหรือส่วนที่ต้องดิน เพราะถ้าสัมผัสเป็นเวลานานฉนวนของสายไฟฟ้าจะชำรุดที่สัมผัสจะชำรุด



รูปที่ 2.16 โครงสร้างสายไฟฟ้าชนิด ASC หรือ SAC (spaced aerial cable)

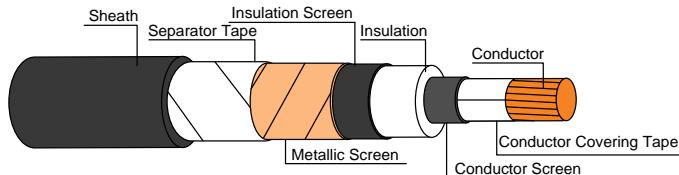
3) สายหุ้มฉนวนเต็มพิกัด การไฟฟ้านครหลวงเรียกว่าสาย preassembly aerial cable (PAC) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกว่าสาย twisted aerial cable (TAC) เป็นสายชนิดหุ้มฉนวนเต็มพิกัด มีใช้ในระบบสายอากาศ เป็นสายไฟฟ้าชนิดที่เคลบิลท์ 3 เส้นตีเกลี่ยขาตัวยกันโดยมี messenger ทำหน้าที่รับน้ำหนัก ใช้ในบริเวณที่จำกัดเรื่องระยะทาง เป็นสายชนิดมี shield จึงปลอดภัยจากการล้มผัสด



รูปที่ 2.17 โครงสร้างสายไฟฟ้าชนิดหุ้มฉนวนเต็มพิกัด PAC และ TAC

2.7.2 สายไฟฟ้าในระบบสายใต้ดิน สายเคเบิลแรงสูงชนิดผังดินได้ หรือ CV cable (continuous vulcanizing cable) มีใช้งานในระบบสายสูงแรงดัน 69 และ 115 kV และในระบบจำหน่ายแรงดัน 12, 24 kV ของ กฟน. และระบบจำหน่ายแรงดัน 22, 33 kV ของ กฟภ.

สายชนิดนี้สามารถติดตั้งได้ทั้งในอาคาร นอกอาคาร และฝั่งดิน เป็นสายชนิดที่มีฉนวนเต็มพิกัด มี shield ป้องกันสนามไฟฟ้า จึงสามารถลั่มผู้วิเคราะห์ได้โดยไม่เกิดอันตราย มีโครงสร้างหลัก ดังนี้



รูปที่ 2.18 โครงสร้างสายไฟฟ้าแรงสูง (CV Cable)

1. ตัวนำ (Conductor) เป็นลวดทองแดงหรือลวดอะลูมิเนียมตีเกลียว อาจเป็นการตีเกลียวรวมคุณย์กลมอัดแน่น (compacted round concentric lay stranding) หรือตีเกลียวแยกส่วนอัดแน่น (milliken conductor)

2. ตัวกันตัวนำ (Conductor screen) เป็นชั้นของสารกึ่งตัวนำ (semi-conducting) ซึ่งอยู่ในรูปของสารประกอบที่ใช้หุ้ม และเทปที่ใช้พันทับบนตัวนำทำให้ผิวนอกเรียบสม่ำเสมอ เพื่อทำให้สนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำกับฉนวนสม่ำเสมอทุกทิศทาง และยังช่วยลดความเค้นทางแรงดันไฟฟ้า (voltage stress) ที่เกิดขึ้นด้วย

3. ฉนวน (Insulation) ปกติจะเป็น XLPE ที่ใช้หุ้มทับบนชั้นของตัวกันตัวนำ ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วไฟของกระแสไฟฟ้า และป้องกันการลัดวงจร

4. ตัวกันฉนวน (Insulation screen) หมายถึง ชั้นของสารกึ่งตัวนำซึ่งอยู่ในรูปของสารประกอบที่ใช้หุ้ม ทำให้ผิวนอกของฉนวนเรียบสม่ำเสมอเพื่อทำให้สนามไฟฟ้าระหว่างฉนวนกับตัวกันฉนวนสม่ำเสมอทุกทิศทาง และยังช่วยลดความเค้นทางแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

5. ตัวกันโลหะ (Metallic screen) จะใช้เป็นลวดหรือเทป หรือเป็นลวดและเทปทองแดงประกอบกัน มีหน้าที่ป้องกันสนามไฟฟ้าไม่ให้เกิดอันตรายต่อบุคคลและสิ่งแวดล้อม และป้องกันการรบกวนกับระบบอื่น ๆ

6. เปลือก (Sheath) หมายถึง สารประกอบพอลิเอทิลีนหรือพอลิไนโตรคลอไรด์ซึ่งมี
ชั้นนอกสุดของสายไฟฟ้าป้องกันแรงกระแทก เสียดสี และทำงานต่อสภาวะแวดล้อม

ตารางที่ 2.10 สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน XLPE ตาม IEC 60502-2 และการใช้งาน

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภท ตัวนำ	แรงดัน ใช้งาน อุณหภูมิ สูงสุด	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)			ประเภท การใช้ งาน (ดูหมาย เหตุ 1)
			1 แกน	หลาย แกน	หลาย แกนเมื่อ [*] สายเดิน	
<p>3.6/6KV-CV (3.6/6kV-Cu/XLPE/PVC)</p>	Compacted	3.6/6 kV 90°C	10-1000	3 แกน 10-400	C+ Bare Cu 10-400	1
<p>6/10KV-CV (6/10kV-Cu/XLPE/PVC)</p>	Compacted	6/10 kV 90°C	16-1000	3 แกน 16-400	C+ Bare Cu 16-400	1
<p>8.7/15KV-CV (8.7/15kV-Cu/XLPE/PVC)</p>	Compacted	8.7/15 kV 90°C	25-1000	3 แกน 25-400	C+ Bare Cu 25-400	1

ตารางที่ 2.10 สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน XLPE ตาม IEC 60502-2 และการใช้งาน (ต่อ)

รูปแสดงชื่อสายไฟฟ้า	ประเภท ตัวนำ	แรงดัน ใช้งาน	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)		ประเภท การใช้ งาน (ดูหมาย ^{เหตุ 1})
		อุณหภูมิ สูงสุด	1 แกน	หลาย แกน	
<p>12/20KV-CV (12/20kV-Cu/XLPE/PVC)</p>	Compacted	12/20 kV	35-1000	3 แกน	C+ Bare
		90°C	35-400	Cu	35-400
<p>18/30KV-CV (18/30kV-Cu/XLPE/PVC)</p>	Compacted	18/30 kV	35-1000	3 แกน	C+ Bare
		90°C	35-400	Cu	35-400

หมายเหตุ 1 ประเภทการใช้งานเป็นดังนี้

- ใช้งานทั่วไป ทางบกในร่างเคมี ร้อยท่อผังดินหรือผังดินโดยตรง

หมายเหตุ 2 การติดตั้งภายใต้อาคารต้องเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด นอกจากสายไฟฟ้าจะมีคุณสมบัติต้าน

เปลวเพลิง ตามมาตรฐาน IEC 60332-3 category C

Option for 3.6/6kV to 18/30kV Cable

Shield : Copper wire screen

Armor : AWA (Aluminium wire armour) for single core cable

: SWA (Steel wire armour) for multi-cores cable

: STA (Steel tape armour) for multi-cores cable

Sheath : Flame retardant

: Flame retardant + Vermin proof

2.8 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าต้องสามารถนำกระแสได้ไม่ต่ำกว่าที่ต้องการ การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าต่อไปนี้ใช้กับวงจรทั่วไป กรณีเป็นวงจรมอเตอร์ให้ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในเรื่องมอเตอร์

ข้อมูลที่ต้องทราบ

- ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (กำหนดตามการคำนวนโหลด)
- ชนิดของสายไฟฟ้าและรูปแบบการติดตั้งสายไฟฟ้า (กลุ่ม)
- จำนวนตัวนำกระแสไฟฟ้า (วงจร 1 เฟส หรือ 3 เฟส)
- ลักษณะตัวนำ (แกนเดี่ยว หรือ หลายแกน)
- จำนวนวงจรในช่องเดินสายเดียวกัน (เพื่อกำหนดตัวปรับค่า C_g)
- อุณหภูมิโดยรอบที่สายไฟฟ้าติดตั้งใช้งาน (เพื่อกำหนดตัวปรับค่า C_a)

ขั้นตอนการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าไม่ใช้ขั้นตอน ดังนี้

1. คำนวนโหลดและกำหนดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n)

2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย

3. เลือกตารางขนาดกระเสื่องของสายไฟฟ้า

4. กำหนดตัวคูณปรับค่า (C_a & C_g)

5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $I_t \geq I_n / (C_a \times C_g)$

เนื่องจากตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า มีจำนวนมาก เพื่อให้การเลือกใช้ตารางลวดวากและรวดเร็วขึ้นจึงได้ทำเป็นตาราง (mapping) เพื่อให้เลือกใช้ง่ายขึ้น การเลือกตารางต้องทราบชนิดของสายไฟฟ้า (PVC หรือ XLPE) และรูปแบบ (กลุ่ม) การติดตั้ง ดังนี้

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าในวงเดินสาย เนื่องจากการเดินสายในวงเดินสายไม่จำกัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ถึง 7 ขนาดกระแสจะกำหนดให้ใช้ตารางที่ 5-20 สำหรับสาย PVC และ ตารางที่ 5-27 สำหรับสาย XLPE ดูจากช่องตัวนำกระแส 3 เส้น ทั้งวงจร 1 เฟส และ 3 เฟส และไม่ต้องปรับค่าเนื่องจากจำนวนกลุ่มมุงจราตามตารางที่ 5-8 ถ้าตัวนำเส้นที่มีกระแสไฟหลักรวมกันแล้วไม่เกิน 30 เส้น (วงจร 1 เฟส นับ 2 เส้น และวงจร 3 เฟส 4 สาย นับ 3 เส้น)

ตารางที่ 2.11 การเลือกใช้ตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

รูปแบบการติดตั้ง	สาย PVC	สาย XLPE
กลุ่มที่ 1 & 2	ตารางที่ 5-20*	ตารางที่ 5-27*
กลุ่มที่ 3	ตารางที่ 5-21	ตารางที่ 5-21
กลุ่มที่ 4	ตารางที่ 5-22	ตารางที่ 5-28
กลุ่มที่ 5 & 6	ตารางที่ 5-23	ตารางที่ 5-29
กลุ่มที่ 7 (หมายเหตุ 2-4)	ตารางที่ 5-30, 5-30(ก), 5-31	ตารางที่ 5-32, 5-32(ก), 5-33

- หมายเหตุ 1) หมายเลขอ้างอิงในตาราง เป็นหมายเลขอ้างอิงตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า พ.ศ.2556
 ซึ่งนำมานำไปในภาคผนวก A
- 2) ตารางที่ 5-30 & 5-32 สำหรับร่างเครเบิลไม่มีฝาปิด แบบระนาบอากาศ และ แบบบันได
 - 3) ตารางที่ 5-30(ก) & 5-32(ก) สำหรับร่างเครเบิลไม่มีฝาปิด แบบด้านล่างเท่านั้น
 - 4) ตารางที่ 5-31 & 5-33 สำหรับร่างเครเบิลไม่ฝาปิด แบบด้านล่างเท่านั้น แบบบันได

รูปแบบการติดตั้ง แบ่งเป็น 7 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินช่องเดินสายโลหะหรือโลหะ ภายใต้เพดานที่เป็นฉนวนความร้อน หรือผังกันไฟ

กลุ่มที่ 2 สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในช่องเดินสายโลหะหรือโลหะเดินทางผังห้องหรือเพดาน หรือผังในผังคอนกรีตหรือท่อคล้ายกัน

กลุ่มที่ 3 สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินทางผัง หรือเพดาน ที่ไม่มีลิ่งปิดหุ้มหรือท่อคล้ายกัน

กลุ่มที่ 4 สายเคเบิลแกนเดียวหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก วางเรียงกันแบบมีระยะห่าง เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอาคาร

กลุ่มที่ 5 สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออลูминัมผังดิน

กลุ่มที่ 6 สายแกนเดียว หรือหลายแกน หุ้มฉนวน มีเปลือกนอก ผังดินโดยตรง

กลุ่มที่ 7 สายเคเบิลแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก วางบนรางเคเบิลแบบตัวนล่างทึบ รางเคเบิลแบบรายอากาศ หรือรางเคเบิลแบบบันได

การปรับค่า ค่ากระแสที่อ่านได้จากตารางอาจจะต้องปรับค่า เนื่องจากจำนวนวงจรในช่องเดินสายเดียว กัน (C_g) มากกว่า 1 และปรับค่าเนื่องจากอุณหภูมิโดยรอบที่สายไฟฟ้าติดตั้ง ใช้งาน (C_a) ต่างจากค่าที่กำหนดไว้บนหัวตาราง กรณีที่เลือกตารางขนาดกระเบ้าได้แล้ว ที่หมายเหตุ ต่อท้ายตารางจะบอกว่าจะปรับค่า C_g และ C_a ด้วยค่าจากตารางที่เท่าไร (ตารางในภาคผนวก A)

ตัวอย่างที่ 2.1 วงจรไฟฟ้าງจวนที่เป็นวงจร 1 เฟส 230 V จ่ายไฟให้หลอดไฟฟ้าแสงส่องสว่างคำนวน
กระแสได้ 12 A เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 16 A ใช้สายไฟฟ้านิด 60227 IEC 01 (หรือ
IEC 01) เดินร้อยท่อโลหะเคเบิล ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า คิดที่อุณหภูมิโดยรอบ 40°C
วิธีทำ

1. คำนวนโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n)

$$\text{ได้ } I_n = 16 \text{ A}$$

2. เลือกนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย

เป็นสาย PVC การเดินสายกลุ่มที่ 2

3. เลือกตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

จากตารางที่ 2.11 ได้ตารางขนาดกระแสตารางที่ 5-20 (ภาคผนวก A)

4. กำหนดตัวคูณปรับค่า (C_a & C_g)

$$C_a = \text{จากหมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-20 ปรับค่าด้วยตารางที่ 5-43} \text{ (อุณหภูมิ } 40^\circ\text{C}\text{ ไม่ปรับค่า)} \text{ ได้ } C_a = 1$$

$$C_g = \text{จากหมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-20 ปรับค่าด้วยตารางที่ 5-8 (1 กลุ่มวงจร}\text{ ไม่ปรับค่า)} \text{ ได้ } C_g = 1$$

5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $I_t \geq I_n / (C_a \times C_g)$

$$I_t \geq 16 / (1 \times 1) \geq 16 \text{ A}$$

จากตารางที่ 5-20 ลักษณะการติดตั้งกลุ่มที่ 2 วงจร 1 เฟส (ดูที่จำนวนตัวนำ
กระแส 2 เส้น) ซึ่งสายแกนเดียว ค่ากระแสที่่อนได้จากการต้องไม่ต่ำกว่า 16 A ค่าที่ได้
คือ 21 A จะได้ขนาดสาย (คอลัมน์แรก) 2.5 ตร.มม.

จะได้สาย IEC 01 ขนาด 2.5 ตร.มม. เดินร้อยท่อโลหะเคเบิล

ตารางที่ 5-20 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าของแดร์มัลวน PVC ขนาดแรงดัน (U/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV

อุณหภูมิตั้งน้ำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เตินในท่อร้อยสายไฟฟ้า

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
	2	3	2	3				
ลักษณะตัว	แกนเดียว	หลาวยแกน	แกนเดียว	หลาวยแกน	แกนเดียว	หลาวยแกน	แกนเดียว	หลาวยแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC	AC	AC หรือ DC	AC	AC หรือ DC	AC	AC หรือ DC	AC
รหัสชนิดเคเบิล ที่ใช้งาน	รหัสชนิดเคเบิล 60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 10, NY, NY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 รวมถึงสายที่มีคุณสมบัติต่างๆ เช่น สายยานไฟฟ้า สายไฟฟ้าโซลูชัน และ สายคาวน์เตอร์ มีหน้า							
ขนาดสาย (ตร.ม.m.)	ขนาดกระแส (A)							
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
500	-	-	-	-	545	-	464	-

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-20)

- อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43
- ในการที่มีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กู่ม้วง จะ ให้อุณหภูมิโดยรอบที่ต้องห้ามต่ำกว่า 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-8
- สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันไม่เกิน 1.5 kV.

ตัวอย่างที่ 2.2 วงจรไฟฟ้า 1 เฟส 230 V จำนวน 2 วงจร วงจรแรกต่อจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 32 A วงจรที่ 2 ต่อจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 40 A ใช้สายไฟฟ้าชนิด NY 2 แกน เดินรวมในห้องเดียวกัน ห้องเดินแกนผนัง ต้องการทำหนดขนาดสายไฟฟ้าของแต่ละวงจร กำหนดให้อุณหภูมิโดยรอบสถานที่ติดตั้งสายไฟฟ้าเท่ากับ 45°C โดยรอบสถานที่ติดตั้งสายไฟฟ้าเท่ากับ 45°C

วิธีทำ

- คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n)

$$\text{ได้ } I_n = 32 \text{ A และ } 40 \text{ A}$$

- เลือกชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย

เป็นสาย PVC การเดินสายกลุ่มที่ 2

- เลือกตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

จากตารางที่ 2.11 ได้ตารางขนาดกระแสตารางที่ 5-20

4. กำหนดตัวคูณปรับค่า (C_a & C_g)

C_a จากหมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-20 ปรับค่าด้วยตารางที่ 5-43 ได้ = 0.91

C_g จากหมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-20 ปรับค่าด้วยตารางที่ 5-8 ได้ = 0.8

5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $I_t \geq I_n / (C_a \times C_g)$

วงจรที่ 1 $I_t \geq 32 / (0.91 \times 0.8) \geq 44 A$

จากตารางที่ 5-20 กลุ่มที่ 2 วงจร 1 เฟส ซึ่งสายหลักแกน ค่ากระแสที่อ่านได้จากตารางต้องไม่ต่ำกว่า 44 A ค่าที่ได้คือ 45 A จะได้ขนาดสาย 10 ตร.มม.

วงจรที่ 2 $I_t \geq 40 / (0.91 \times 0.8) \geq 55 A$

จากตารางที่ 5-20 กลุ่มที่ 2 วงจร 1 เฟส ซึ่งสายหลักแกน ค่ากระแสที่อ่านได้จากตารางต้องไม่ต่ำกว่า 55 A ค่าที่ได้คือ 60 A จะได้ขนาดสาย 16 ตร.มม.

ตัวอย่างที่ 2.3 หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 630 kVA ด้านแรงดันเชอร์กิตเบรากาว์ขนาด 800 A (การกำหนดขนาดเชอร์กิตเบรากาว์ ดูเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า) ใช้สาย NYX ชนิดแกนเดียวเดินบนรางเคเบิลแบบรายอากาศไปยัง MDB ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า กำหนดให้ใช้สายเฟลล์ 3 เส้น สายวางเรียงชิดติดกัน อุณหภูมิโดยรอบสถานที่ติดตั้ง 40°C

วิธีทำ

1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n)

$$\text{ได้ } I_n = 800 A$$

2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย

เป็นสาย PVC การเดินสายกลุ่มที่ 7

3. เลือกตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

จากตารางที่ 2.11 ได้ตารางขนาดกระแสตารางที่ 5-30

4. กำหนดตัวคูณปรับค่า (C_a & C_g)

C_a จากหมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-30 ปรับค่าด้วยตารางที่ 5-43 ได้ = 1

C_g จากหมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-30 ปรับค่าด้วยตารางที่ 5-40 ที่ช่องร่างเคเบิลแบบระบายน้ำอากาศ จำนวนกลุ่มวงจรต่อร่างเคเบิลเท่ากับ 3 ได้ = 0.87

5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $I_t \geq I_n / (C_a \times C_g)$

$$I_t \geq 800/3(1 \times 0.87) \geq 307 \text{ A (ดูหมายเหตุ)}$$

จากตารางที่ 5-30 ซึ่งสายแกนเดียวยาวงชิดติดกัน ค่ากระแสที่อ่านได้จากการต้องไม่มากกว่า 307 A ค่าที่ได้คือ 324 A จะได้ขนาดสาย 150 ตร.ม.m. (324 A) เพลสละ 3 เส้นหมายเหตุ ค่ากระแส 800/3 เนื่องจากใช้สายเพลสละ 3 เส้น

ตารางที่ 5-40 ค่าอนุกรมค่าความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าตามบานงค์ที่ 1 ของ ตู้ไฟฟ้า

รูปแบบเส้น	ตัวอย่าง รูปแบบ	ตัวอย่าง รหัส ผลิตภัณฑ์	ค่าอนุกรมค่าความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าตามบานงค์ที่ 1 ของ ตู้ไฟฟ้า						ตัวอย่าง รหัสผลิตภัณฑ์
			1	2	3	4	5-6	7-8	
สายเดี่ยวบานงค์		1							สายเดี่ยวบานงค์ ที่ 1 ทางเดียว แบบต่อ แบบต่อตัว
สายเดี่ยวบานงค์ ต่อตัว		1	1.00	0.91	0.87	0.82	0.79	0.77	สายเดี่ยวบานงค์ ที่ 1 ทางเดียว แบบต่อตัว
สายเดี่ยวบานงค์ ต่อตัว 2 ทาง		1	1.00	0.96	0.91	0.78	0.74	0.69	สายเดี่ยวบานงค์ ที่ 2 ทางเดียว แบบต่อตัว
สายเดี่ยวบานงค์ ต่อตัว 3 ทาง		1	1.00	0.96	0.90	0.75	0.71	0.69	สายเดี่ยวบานงค์ ที่ 3 ทางเดียว แบบต่อตัว
สายเดี่ยวบานงค์ ต่อตัว 4 ทาง		1	1.00	0.97	0.92	0.86	0.82	0.77	สายเดี่ยวบานงค์ ที่ 4 ทางเดียว แบบต่อตัว

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-40)

1. ตัวอย่างที่ 1 หมายความว่าตู้ไฟฟ้าติดตั้งต่อสายไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์เดียว ไม่สามารถต่อไฟฟ้าในบานงค์ต่อตัว
2. ตัวอย่างที่ 2 หมายความว่าตู้ไฟฟ้าติดตั้งต่อสายไฟฟ้าและต่อสายไฟฟ้าที่ต้องต่อเข้าบานงค์ต่อตัว ไม่ต้องต่อไฟฟ้า 2 บานงค์ และต่อตัวต่อสายไฟฟ้าที่ต้องต่อเข้าบานงค์ต่อตัว > 2 บานงค์ต่อตัว
3. ตัวอย่างที่ 3 หมายความว่าตู้ไฟฟ้าติดตั้งต่อสายไฟฟ้าและต่อสายไฟฟ้าที่ต้องต่อเข้าบานงค์ต่อตัว 2 บานงค์ และต่อตัวต่อสายไฟฟ้าที่ต้องต่อเข้าบานงค์ต่อตัว > 2 บานงค์ต่อตัว > 2 บานงค์ต่อตัว
4. ตัวอย่างที่ 4 หมายความว่าตู้ไฟฟ้าติดตั้งต่อสายไฟฟ้าและต่อสายไฟฟ้าที่ต้องต่อเข้าบานงค์ต่อตัว > 2 บานงค์ต่อตัว > 2 บานงค์ต่อตัว > 2 บานงค์ต่อตัว
5. ตัวอย่างที่ 5 หมายความว่าตู้ไฟฟ้าติดตั้งต่อสายไฟฟ้าและต่อสายไฟฟ้าที่ต้องต่อเข้าบานงค์ต่อตัว > 2 บานงค์

ตารางที่ 5-30 รายการของอุปกรณ์ที่ต้องติดตั้งเพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ติดตั้งเดิม ตามที่กำหนดใน 5.30 ในไฟล์ แบบร่าง
ดูแลผู้ใช้งาน วาระ อุปกรณ์ไฟฟ้าและ 45°C ไม่เกิน 25°C แรงกดอากาศเป็นมาตรฐานเดียวกัน
ที่รักษาความชื้นของเดิม

อุปกรณ์ที่ต้องติดตั้ง	กลุ่มที่ 7							
	ที่ต้องติดตั้งใหม่		2		3		4	
เดิม	เปลี่ยนเดิม	หมายเหตุ	เปลี่ยนเดิม	หมายเหตุ	เปลี่ยนเดิม	หมายเหตุ	เปลี่ยนเดิม	หมายเหตุ
อุปกรณ์ที่ต้องติดตั้ง	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
เปลี่ยนเดิม	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
ขนาดไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC					
มาตรฐานเดียวกัน			IEC 60237-10, IEC 60237-10, VDE, บราซิลที่ต้องติดตั้งเดิม ที่ต้องติดตั้งเดิม ตามที่ระบุไว้ในไฟล์ แบบร่าง ดูแลผู้ใช้งาน					
ขนาดอากาศ (mm/mm)	ขนาดอากาศ (A)							
1	-	15	-	-	-	-	-	13
1.5	-	19	-	-	-	-	-	16
2.5	-	20	-	-	-	-	-	22
45	264	245	238	220	202	171	207	
120	306	285	270	260	245	215	246	
150	352	338	324	310	287	255	278	
185	403	376	351	330	303	271	317	

ข้อสังเกต ให้หมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-40 หมายเหตุที่ 5 กำหนดให้จำนวนก้อนร้อนกว่า 9 วงจร ให้ใช้คุณสมบัติเดียวกับ 9 กลุ่มวงจร (ใช้ได้กับระบบอากาศและระบบไฟฟ้าแบบเดียวกัน) สำหรับวงจรที่ต้องติดตั้งเดิม ตามที่ระบุไว้ในไฟล์ แบบร่าง ดูแลผู้ใช้งาน

ตัวอย่างที่ 2.4 จากตัวอย่างที่ 2.3 ถ้าอุณหภูมิโดยรอบสถานที่ติดตั้งเปลี่ยนเป็น 45°C ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า

วิธีทำ

- คำนวนโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n) ได้ $I_n = 800 \text{ A}$
- เลือกชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย
เป็นสาย PVC การเดินสายกลุ่มที่ 7
- เลือกตารางขนาดกระเบื้องของสายไฟฟ้า
จากตารางที่ 2.11 ได้ตารางขนาดกระเบื้องของสายไฟฟ้า
- กำหนดตัวคุณสมบัติ (C_a & C_g)

C_a จากหมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-30 ปรับค่าด้วยตารางที่ 5-43 ได้ = 0.91

C_g จากหมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-30 ปรับค่าด้วยตารางที่ 5-40 ได้ = 0.87

5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $I_t \geq I_n / (C_a \times C_g)$

$$I_t \geq 800/3/(0.91 \times 0.87) \geq 337 \text{ A}$$

จากตารางที่ 5-30 ซึ่งสายแกนเดียวสายวางชิดติดกัน ค่ากระแสที่อ่านได้จากการต้องไม่มากกว่า 337 A ค่าที่ได้คือ 371 A จะได้ขนาดสาย 185 ตร.มม. เพลสละ 3 เส้น

ตัวอย่างที่ 2.5 วงจรไฟฟ้า 1 เพส 230 V จำนวน 2 วงจร วงจรแรกต่อจากเซอร์วิตเบรกเกอร์ขนาด 32 A วงจรที่ 2 ต่อจากเซอร์วิตเบรกเกอร์ขนาด 40 A ใช้สายไฟฟ้าชนิด NYY 2 แกน เดินรวมในรางเดินสาย (wireways) เดียวกัน ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของแต่ละวงจร กำหนดให้ อุณหภูมิโดยรอบสถานที่ติดตั้งสายไฟฟ้าเท่ากับ 40°C

วิธีทำ

1. คำนวณโหลดและกำหนดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n) ได้ $I_n = 32 \text{ A}$ และ 40 A

2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย

เป็นสาย PVC เดินในรางเดินสาย (ไม่มีกีลุ่ม)

3. เลือกตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

เนื่องจากการเดินสายในรางเดินสายไม่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1-7 และกำหนดให้ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าที่ 5-20 กรณีสาย PVC ขนาดกระแสดูจากกลุ่มที่ 2 ซึ่งตัวนำ 3 เส้น และไม่ต้องปรับค่า C_g

4. กำหนดตัวคูณปรับค่า (C_a & C_g)

$$C_a = 1, C_g = 1$$

5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $I_t \geq I_n / (C_a \times C_g)$

$$\text{วงจรที่ } 1 \quad I_t \geq 32/(1 \times 1) \geq 32 \text{ A}$$

จากตารางที่ 5-20 จำนวนตัวนำกระแส 3 เส้น ซึ่งสายหลายแกน ค่ากระแสที่อ่านได้จากการต้องไม่มากกว่า 32 A ค่าที่ได้คือ 40 A จะได้ขนาดสาย 10 ตร.มม.

วงจรที่ 2

$$I_r \geq 40/(1 \times 1) \geq 40 \text{ A}$$

จากตารางที่ 5-20 กลุ่มที่ 2 วงจร 1 เฟส ซ่องสายหล่ายแกน ค่ากระแสที่อ่านได้จากตารางต้องไม่ต่ำกว่า 40 A ค่าที่ได้คือ 40 A จะได้ขนาดสาย 10 ตร.มม.

หมายเหตุ กรณีเป็นสายแกนเดียวค่ากระแสต้องอ่านจากซองสายแกนเดียว

ตารางที่ 5-20 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าคงเด tam ที่มีฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV

อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เตินในห้องร้อยสายในอาคาร

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1			กลุ่มที่ 2				
	2	3	2	3				
ลักษณะตัว	แกนเดียว	หล่ายแกน	แกนเดียว	หล่ายแกน	แกนเดียว	หล่ายแกน		
รูปแบบการติดตั้ง								
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC	AC	AC หรือ DC	AC				
รหัสชุดนิดเคเบิล ที่ใช้งาน	รหัสชนิดเคเบิล 60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 รวมถึงสายที่มีคุณสมบัติต่างๆ เช่น สายกานไฟ สายรีไซโคโลจิก และ สายคริบเบอร์รี่ เป็นต้น							
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (A)							
1	10	10	9	9	12	11		
1.5	13	12	12	11	15	14		
2.5	17	16	16	15	21	20		
4	23	22	21	20	28	26		
6	30	28	27	25	36	33		
10	40	37	37	34	50	45		
16	53	50	49	45	66	60		
500	-	-	-	-	545	-		
					464	-		

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-20)

- อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43
- ในการนิยามจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ในห้องร้อยสาย ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-8
- สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันไม่เกิน 1.5 kV.

บทที่ 3 การเดินสายไฟฟ้า

วิธีเดินสายไฟฟ้า (หรือเดินสาย) มีหลายวิธี ผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ตามความต้องการ มีข้อควรพิจารณาในการเลือกวิธีการเดินสาย ดังนี้

1. กว้างหมายและข้อกำหนดของมาตรฐานฯ วิธีการเดินสายจะต้องเป็นไปตามที่กำหนด ในมาตรฐานการติดตั้งท่อไฟฟ้า และกฎหมาย การเลือกชนิดของสายไฟฟ้าก็จะต้องสอดคล้อง กับวิธีการเดินสายด้วย เช่น การเดินสายผ่านดิน สายไฟฟ้าต้องเป็นชนิดที่มาตรฐานฯ อนุญาตให้ ผ่านดินได้ และอาคารบางประเภทห้ามก่อหนาดการเดินสายไฟฟ้าลงพื้น เช่น อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่ พิเศษ โรงพยาบาล สถานประกอบการ และอาคารที่มีสารไวไฟ เป็นต้น

2. ด้านความคงทนหรือความเหมาะสมสมกับสถานที่ใช้งาน ในสถานที่ที่อาจเกิด ความเสียหายทางกายภาพจากการใช้งานปกติ ก็จะต้องเลือกวิธีการเดินสายที่ทนต่อความเสียหาย ได้ เช่น ห้องโถง หรือห้องห้องน้ำปานกลาง เป็นต้น หรือในสถานที่ที่มีการกัดกร่อนสูงจะต้อง เลือกวัสดุที่ทนการกัดกร่อนได้ เช่น ห้องโถง เป็นต้น

3. ด้านความสวยงาม แต่ละวิธีการเดินสายให้ความสวยงามไม่เท่ากัน บางอาคารก็ให้ ความสำคัญด้านความสวยงามมาก การเลือกวิธีการเดินสายจึงต้องให้ตรงกับความต้องการด้วย

4. ด้านเศรษฐศาสตร์ ในแต่ละอาคารอาจเลือกวิธีการเดินสายได้หลายวิธีตาม ความต้องการ ในแต่ละวิธีการเดินสายจะให้ความสวยงามและความคงทนไม่เท่ากัน ค่าลงทุนใน การติดตั้งก็ต่างกันด้วย จึงควรต้องนำมาประกอบการพิจารณาด้วย

การเดินสายไฟฟ้าแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. การเดินโดยหรือเดินเม็ดบนวัสดุตุ่นหิน

2. การเดินสายในช่องเดินสาย

3. การเดินสายบนรางเคเบิล (cable tray)

4. บล๊อว์หรือบลัดดัก

ข้อกำหนดการเดินสายประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ข้อกำหนดทั่วไปในการเดินสาย ซึ่งจะ ประยุกต์ใช้กับแต่ละวิธีการเดินสายโดยเลือกใช้เฉพาะข้อที่เกี่ยวข้อง และข้อกำหนดสำหรับแต่ละ วิธีการเดินสายที่เลือกใช้ ทั้ง 2 ส่วนนี้จะใช้ร่วมกัน

3.1 ข้อกำหนดทั่วไปในการเดินสายไฟฟ้า

3.1.1 การเดินสายผังดิน แบ่งเป็นการเดินสายผังดินโดยตรง และการเดินสายร้อยท่อผังดิน มีข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้

1. ความลึกในการผังดิน มีหลักการอยู่ว่าการผังดินถ้าสิ่งลึกจะยิ่งลดแรงกระแทกจากภายนอกที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับท่อและสายไฟฟ้าได้มาก การผังดินจึงควรลึกไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตารางที่ 3.1 และถ้าเป็นระบบแรงสูง (แรงดันเกิน 1,000 V) ความลึกต้องไม่น้อยกว่า 0.90 ม.

ตารางที่ 3.1 ความลึกในการติดตั้งใต้ดิน สำหรับระบบแรงต่ำ (แรงดันไม่เกิน 1,000 V)

วิธีที่	วิธีการเดินสาย	ความลึก น้อยสุด (m)	ความลึก ²⁾ น้อยสุด (m)	ความลึก ³⁾ น้อยสุด (m)
1	สายเคเบิลผังดินโดยตรง	0.60	0.45	0.15
2	ท่อโลหะหนาและหนาปางกลาง	0.15	0.15	0.10
3	ท่อโลหะซึ่งได้รับการรับรองให้ผังดินโดยตรงได้โดยไม่ต้องมีคอนกรีตทุ่ม (เช่น ท่อ HDPE ท่อ RTRC และ ท่อ PVC)	0.45	0.30	0.10
4	ท่อร้อยสายอื่น ๆ ที่ได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้า	0.45	0.30	0.10

- หมายเหตุ 1) ห่อร้อยสายที่ได้รับการรับรองให้ผังดินได้โดยไม่ต้องมีคอนกรีตทุ่ม ในวิธีที่ 2, 3 และ 4 ต้องหุ้มด้วยคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 50 มม.
- 2) ใต้แผ่นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 50 มม.
- 3) ใต้พื้นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 100 มม. และยืนเหล Yokogawa จากการแนวติดตั้งไม่น้อยกว่า 150 มม.
- 4) สำหรับทุกวิธี หากอยู่ในบริเวณที่มีร่องรอยเดิมผ่าน ความลึกต้องไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร
- 5) การติดตั้งใต้อาคารไม่ปักคัปเรื่องความลึก
- 6) ความลึกหมายถึงระยะต่ำสุดวัดจากลักษณะของสายหรือห่อทึบผิวน้ำดูของส่วนประกอบ

2. การป้องกันสายทางกายภาพ การเดินสายเคเบิลฝังดินโดยตรงสามารถทำได้ตามที่กำหนดในมาตรฐานฯ แต่สายไฟฟ้าต้องเป็นชนิดที่อนุญาตให้เดินฝังดินโดยตรงได้ และส่วนที่โผล่เหนืออุดนต์ต้องมีการป้องกันทางกายภาพด้วยเครื่องห่อหุ้ม หรือห่อร้อนสาย สูงจากระดับพื้นดินไม่น้อยกว่า 2.40 ม.

3. การกลบทับ วัสดุกลบทับสายหรือห่อร้อนสายต้องไม่มีคม หรือเป็นสิ่งที่ทำให้ผู้กร่อนหรือมีขีดจำกัดใหญ่จนทำให้สายหรือห่อชำรุดได้

4. การอุดป้องกันความชื้น ห่อร้อนสายซึ่งความชื้นสามารถเข้าไปยังส่วนที่ไม่ไฟฟ้าได้ต้องอุดที่ปลายโดยปลายหนึ่ง หรือทั้งสองปลายของห่อร้อนสายตามความเหมาะสม การอุดปลายสายจะเลือกใช้วิธีที่เหมาะสม เช่น โฟม หรือ sealing compound ก็ได้

5. การป้องกันความชื้นหรือสายชำรุดจากแผ่นเดินทรุด ในกรณีที่มีการเดินสายเคเบิลใต้ดินเข้าไปในอาคาร ต้องมีการป้องกันความชื้นสายชำรุดเนื่องจากเดินทรุดซึ่งจะดึงสายจนแนวชำรุด หรือสายขาด หรือแม้แต่อุปกรณ์ที่สายขันยึดอยู่ก็อาจถูกดึงจนชำรุดได้ การป้องกันอาจใช้วิธีป้องกันสายให้หายใจไว้ให้ความยางเหลือเฟือไว้บางชิ้นในปลอกพักสาย หรือที่ปลายสายด้านใดด้านหนึ่ง กรณีที่แผ่นเดินทรุดจะได้ดึงสายส่วนที่ເเผื่อยไว้แน่นได้

6. การต่อสายไฟติดน สายที่เดินฝังดินสามารถต่อได้โดยใช้อุปกรณ์ต่อสายและวิธีการต่อสายที่ถูกต้องชนิดที่สามารถฝังดินได้



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการต่อสายไฟติดน

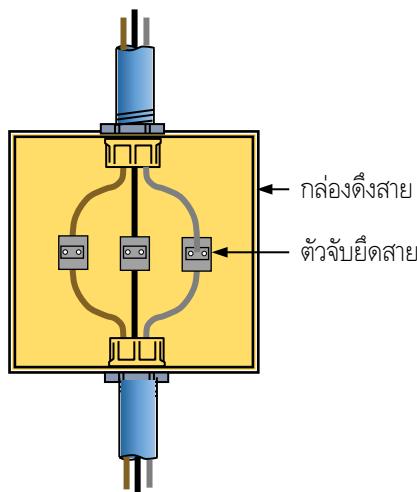
3.1.2 การป้องกันการผุกร่อน ท่อร้อยสาย เกราะหุ้มสายเคเบิล (cable armor) เปเลือกนอกของสายเคเบิล กล่อง ตู้ ข้อต่อ (elbow) ข้อต่อ (coupling) และเครื่องประกอบการเดินท่อ อื่น ๆ ต้องใช้วัสดุที่เหมาะสมหรือมีการป้องกันที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่สิ่งนั้นติดตั้งอยู่ การป้องกันการผุกร่อนต้องทำทั้งภายในและภายนอกบริเวณน้ำ โดยการเคลือบด้วยวัสดุที่ทนต่อ การผุกร่อน เช่น สังกะสี แคนเดเมียม หรือ อีนามอล (enamel) ในกรณีที่มีการป้องกันการผุกร่อน ด้วยอีนาเมล ไม่อนุญาตให้ใช้ในสถานที่เปียก หรือภายนอกอาคาร

3.1.3 การจับยึดสายในแนวตั้ง ปัจจุบันมีอาคารสูงเป็นจำนวนมาก การติดตั้งสายไฟฟ้า ในแนวตั้ง นำหนักของสายอาจทำให้จุดจับยึดสายด้านบนหรือด้านล่างของสายไฟฟ้าชำรุดได้ สายไฟฟ้าในช่องเดินสายแนวตั้งมีการจับยึดที่ปลายบนลุดของช่องเดินสาย และจับยึดเพิ่มอีกเป็นระยะ ๆ ห่างไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 3.2 แต่ถ้าระยะตามแนวตั้งน้อยกว่าร้อยละ 25 ของระยะที่กำหนดในตารางที่ 3.2 ไม่ต้องจับยึดก็ได้

วัสดุและวิธีการจับยึดเลือกได้ตามความเหมาะสม แต่ต้องระวังไม่ให้หน่วงของสายชำรุด เช่น ในการเดินสายร้อยท่ออาจจับยึดที่ก่อต่อของดึงสายตามที่แสดงในรูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้จับยึดควรเป็นหน่วงไฟฟ้า ไม่เป็นสารแม่เหล็ก และไม่เป็นวัสดุที่ทำความเสียหายให้กับหน่วงของสายไฟฟ้า

ตารางที่ 3.2 ระยะห่างสำหรับการจับยึดสายไฟฟ้าในแนวตั้ง

ขนาดของสายไฟฟ้า (ตร.ม.m.)	ระยะจับยึดสูงสุด (ม.)
ไม่เกิน 50	30
70-120	24
150-185	18
240	15
300	12
เกินกว่า 300	10



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการจับยึดสายแนวตั้ง

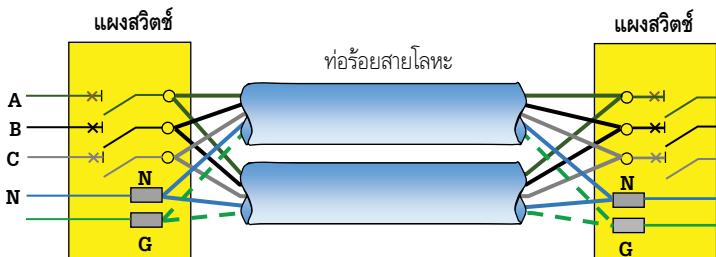
3.1.4 การป้องกันความร้อนจากการกระแสไฟฟ้า เนื่องจากกระแสไฟฟ้าในสายไฟฟ้าซึ่งล้อมรอบด้วยวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็ก เช่น ห่อ RSC, IMC และรางเดินสาย จะเกิดสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำทำให้เหล็กหรือรางเดินสายทำให้เกิดความร้อน จึงต้องมีการป้องกันดังนี้

1. โดยการรวมสายเลี้นไฟทุกเส้นและตัวนำนิวทรัล (ถ้ามี) รวมทั้งสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าของจริงเดียวกันไว้ในห่อหรือช่องเดินสายเดียวกัน หากติดตั้งในรางเดินสาย (wireways) หรือรางเคเบิล (cable trays) ให้วางเป็นกลุ่มเดียวกัน

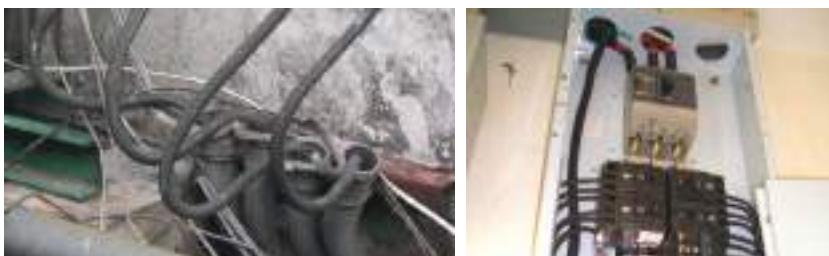
ในการเดินสายควบคุมและใช้ห่อร้อยสายหลายห่อในแต่ละห่อร้อยสายต้องมีครบทั้งสายเลี้นไฟ ตัวนำนิวทรัล และสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

2. เมื่อสายเดียวกันของวงจรเดินผ่านโลหะที่มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็ก จะต้องร้อยในรูเดียวกัน หรือโดยการตัดร่องให้แต่ละ ruthat คลึงกัน

เมื่อสายไฟฟ้าของวงจรเดียวกันเดินรวมในช่องเดินสายเดียวกัน สนามแม่เหล็กจะหักล้างกันเป็นคูณย์ จะไม่เกิดความร้อนจากการเหนี่ยววนำ



รูปที่ 3.3 การป้องกันความร้อนจากการกระแสเหนี่ยววน
(ตัวอย่าง กรณีเดินสายควบ)



รูปที่ 3.4 การเดินสายที่เกิดความร้อนจากการกระแสเหนี่ยววน
(ตัวอย่างที่ผิด)

3.1.5 การเดินสายควบ สายไฟฟ้าที่เดินควบต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม. เป็นสายชนิดเดียวกัน ขนาดเดียวกัน ความยาวเท่ากัน และใช้วิธีต่อสายเหมือนกัน เพื่อให้ความต้านทานของสายไฟฟ้าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อลดโอกาสที่กระแสไฟฟ้าไหลในสายแต่ละเส้นของเฟลเดียวกันไม่เท่ากัน สายขนาดเล็กกว่า 50 ตร.มม. ไม่อนุญาตให้เดินควบ

โดยทั่วไปการเดินสายจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปยัง MDB จะใช้สายไฟฟ้าหลายชุดหรือเฟล์ลท์หลายเส้นเรียกว่าการเดินสายควบ ปัญหาที่มักพบคือกระแสไฟฟ้าจะแบ่งไฟล์ในสายแต่ละเส้นของเฟล์สเดียวกันไม่เท่ากัน สาเหตุจากสายแต่ละเส้นมีอิมพีเดนซ์ไม่เท่ากัน อิมพีเดนซ์ประกอบด้วยค่าความต้านทานของสายไฟฟ้า (R) และค่ารีแอคเวนซ์ (X_L)

สำหรับค่ารีแอคเวนซ์เกิดจากการจัดเรียงสายไฟฟ้า การจัดเรียงสายเป็นกลุ่มตามที่กำหนดให้แต่ละวิธีการเดินสายจะช่วยให้ค่ารีแอคเวนซ์ใกล้เคียงกัน กระแสไฟล์ในแต่ละเส้นของเฟล์สเดียวกันจะใกล้เคียงกันด้วย

การที่กระแสไฟฟ้าแบ่งไฟล์ในสายแต่ละเส้นของเฟล์สเดียวกันไม่เท่ากัน จะเป็นผลให้สายเส้นที่มีกระแสไฟล์มากจาก overload จนถล่มสภาพเร็ว หรือชำรุดได้

3.1.6 การป้องกันไฟลุกalam มักพบว่าเมื่อกิดเพลิงไฟมืออาชาร ควันจะเล็ดลอดไปตามช่องหรือรูปไข่ยังห้องที่ไฟยังลามไม่ถึง และเป็นสาเหตุให้เสียชีวิตจากการขาดอากาศหายใจได้ ดังนั้นการติดตั้งทางไฟฟ้าที่ผ่านผัง ฉากกัน พื้น เพดาน หรือช่องห่อไฟฟ้า (shaft) จะต้องมีการป้องกันไม่ให้ไฟลุกalamผ่าน หรือควันเล็ดลอดผ่านได้ ทำได้โดยการอุดด้วยวัสดุที่เหมาะสมและทนไฟได้ไม่ต่ำกว่าตัวโครงสร้างอาคารบริเวณที่สายไฟฟ้าเดินผ่าน

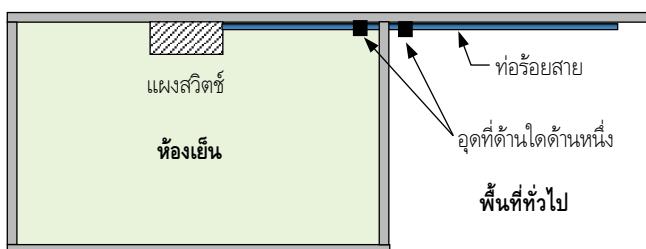


รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการป้องกันไฟลุกalam

3.1.7 การป้องกันการความແນ່ນ เมื่อเดินห่อห้องร้อยสายผ่านพื้นที่ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก เช่น การเดินห่อห้องร้อยสายเข้าหรือออกจากห้องเย็น ต้องมีการป้องกันการไฟลเรียนของอากาศภายในห้องที่มีอุณหภูมิสูงไปส่วนที่มีอุณหภูมิเย็นกว่า เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความควบแน่นเป็นหยดหดนำหายในห้อง การป้องกันทำได้โดยการอุดท่อตรงจุดที่ผ่านเข้า-ออกห้องเย็นด้านในหรือนอกห้องก็ได้

เนื่องจากอากาศในห้องเย็นมีอุณหภูมิตามาก อากาศในห้องที่มีความชื้นจะควบแน่นเป็นหยดหดนำและถ้าอากาศจากภายนอกไฟลเข้ามาได้เรื่อยๆ หยดน้ำก็จะมากขึ้นจนไฟลตามท่อเข้าไปในอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

การอุดห่อห้องร้อยสายทำได้หลายวิธีตามความเหมาะสม เช่น ติดตั้งกล่องต่อสายหรือกล่องดึงสายตรงจุดที่ผ่านผังห้องด้านในห้องหรือนอกห้องก็ได้ และอุดห่อด้วยโฟม หรือ sealing compound เพื่อป้องกันการไฟลเรียนของอากาศ (ดูรูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 การซีลเพื่อป้องกันการไฟลเรียนของอากาศ

3.2 การเดินสายเปิดหรือเดินลอดบนวัสดุฉนวน (Open Wiring on Insulator)

เป็นการเดินสายแบบลูกถ่ายไฟฟ้า ปกติจะใช้เดินภายนอกอาคารที่สูงพ้นจาก การล้มผัลโดยใช้ตุ้มหรือลูกถ่ายเพื่อการจับยึดสาย แต่อาจใช้เดินภายในอาคารได้สำหรับอาคารบางประเภท



รูปที่ 3.7 การเดินสายโดยบนวัสดุชนวน

การใช้งาน

- ต้องใช้สายแกนเดียวทั่วทุกชนวน ไม่เปิดบังตัวโดยโครงสร้างของอาคาร
- เดินภายนอกอาคาร
- การเดินภายในอาคารทำได้เฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม งานเกษตรกรรม และงานแสดงลินค้าเท่านั้น

การติดตั้งใช้งาน

- การเดินสายให้ชัด เปียก หรือที่มิอาจทำให้ผู้รับอน ต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับสายไฟฟ้า
- ลูกทุ่มหรือลูกถ่วงต้องเป็นชนิดที่เหมาะสม การจับยึดต้องใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม มีความมั่นคง แข็งแรง และไม่ทำให้ชนวนของสายชำรุด
- หลักเลี้ยงการใช้เสาเหล็กเนื่องจากอาจเกิดไฟรั่วที่เป็นอันตราย แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้ต้องต่อลงดินด้วย เสาไฟฟ้าต้องแข็งแรงเที่ยงพอ
- หลักเลี้ยงการยึดติดกับโครงสร้างเหล็กของอาคาร เนื่องจากอาจเกิดไฟรั่วลงโครงเหล็ก และเป็นอันตรายกับผู้อาศัยในอาคารได้
- หลักเลี้ยงการต่อสายที่ต้องรับแรงดึง แต่ถ้าจำเป็นต้องมีวิธีการและใช้อุปกรณ์ต่อสายที่มีความแข็งแรง ไม่หลุดหรือขาดง่าย และไม่ดึงสายตึงจนเกินไป
- อุปกรณ์จับยึดปลายสายต้องเลือกให้เหมาะสมสมกับสายไฟฟ้า

- สายไฟฟ้าต้องไม่เลี้ยงลีกับอาคารหรือต้นไม้
- ระบบแรงสูง ต้องเข้าถึงได้เฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น การติดตั้งบนเสาไฟฟ้าที่มีความสูงตามมาตรฐานถือว่าพื้นจากการเข้าถึง
- ระบบแรงสูง เมื่อมี guy ต้องติดตั้ง strain insulator (ตาม มอก.280) ตรงตำแหน่งที่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 2.4 ม. ยกเว้น ระบบ 33 kV เป็นไปตามมาตรฐานของ กฟภ.
- ระยะห่างเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 3.3 และตารางที่ 3.4



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างสายหลุดจากลูกถ้วยเพราะการจับยึดไม่ดี

ตารางที่ 3.3 ความสูงของสายไฟฟ้าเหนือพื้น

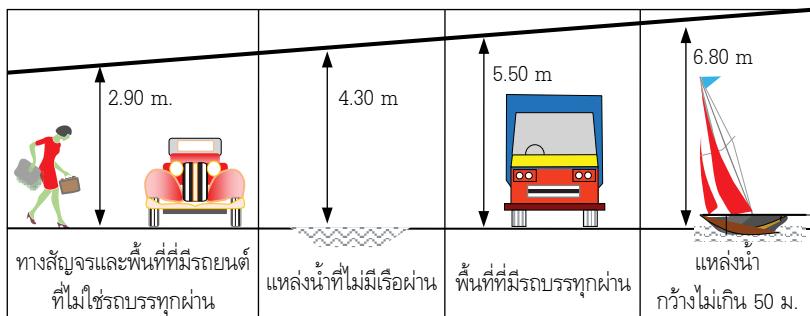
สิ่งที่อยู่ใต้สายไฟฟ้า	ระยะห่าง (ม.)	
	ระบบแรงต่ำ	ระบบแรงสูง
ทางลัญจรและพื้นที่ที่จอดไว้หรือรถยนต์ผ่าน แต่ไม่ใช่รถบรรทุก	2.90	4.60
ทางลัญจรและพื้นที่อื่น ๆ ที่ให้ทั้งรถยนต์และรถบรรทุกผ่านได้	5.50	6.10
คลองหรือแม่น้ำ กว้างไม่เกิน 50 ม. ปกติเมื่อเรือสูงไม่เกิน 4.9 ม. ผ่าน	6.80	7.70
คลองหรือแม่น้ำที่ไม่มีเรือเล่นผ่าน	4.30	5.20

ตารางที่ 3.4 ระยะห่างของสายไฟฟ้าจากอาคาร (ระบบแรงสูง)

ระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้ากับอาคารตามชนิดของสายไฟฟ้า	ระยะห่างต่ำสุด (ม.)		
	เปลือย	APC (PIC)	ASC (SAC)
■ กับผนังและส่วนของอาคารปิดหรือมีการกัน	1.50	0.60	0.30
■ กับหน้าต่าง เคลลียง ระเบียง หรือบิวเวนท์คานเข้าถึงได้	1.80	1.50	0.90
■ อุปกรณ์หรือโต๊ะหลังคา หรือส่วนของอาคารที่ไม่มีคน	3.00	3.00	1.10
■ อุปกรณ์หรือโต๊ะเบียง และหลังคาที่มีคน หรือเข้าถึงได้	4.60	4.60	3.50
■ เก็นอหลังка หรือสภาพนலอยคนเดินข้ามถนน	3.00	3.00	1.10

หมายเหตุ

1. APC (PIC) หมายถึง สายทุ่นด่วนแรงสูงไม่เต็มพิกัด
2. ASC (SAC) หมายถึง สายทุ่นด่วนแรงสูง 2 ชั้นไม่เต็มพิกัด



รูปที่ 3.9 ความสูงของสายไฟฟ้า ระบบแรงต่ำ

3.3 การเดินสายในช่องเดินสาย

ช่องเดินสาย (Raceway) หมายถึง ช่องปิดซึ่งออกแบบเฉพาะสำหรับการเดินสายไฟฟ้า หรือตัวนำไฟฟ้า

ช่องเดินสายอาจเป็นโลหะหรือวัสดุอื่นๆ รวมทั้งห่อโลหะหนา ท่อโลหะหนา

ท่อโลหะหนาปานกลาง ท่อโลหะอ่อนกันของเหลว ท่อโลหะอ่อนบาง ท่อโลหะอ่อนหนา ท่อโลหะอ่อน ท่อโลหะบาง ซ่องเดินสายบพื้นผิว รางเดินสาย (รางเคเบิลไม้ถือว่าเป็นซ่องเดินสาย) ซ่องเดินสาย ลิงทำหน้าที่ ดังนี้

- ใช้เป็นซ่องทางเดินของสายไฟฟ้า
- ป้องกันสายไฟฟ้าจากความเสียหายทางกายภาพ
- ป้องกันอันตรายจากการล้มเพลสลายไฟฟ้าที่ชั่นวง芳อาจชำรุด (ไฟฟ้าดูด)
- ป้องกันการลุกลามไฟกรณีที่สายไฟฟ้าที่เดินในซ่องเดินสายเกิดลุกไฟมี เช่น จากการสั่นงาจ จะ เพราะสารภารตควบคุมปริมาณออกซิเจนที่จะเข้ามายากยำมาก
- เพิ่มความสวยงามและความสะดวกในการเดินสายไฟฟ้า

3.3.1 การเดินสายในท่อโลหะ

ท่อโลหะที่นิยมใช้ทั่วไปจะเป็นท่อเหล็กชุบลังกัสต์ มีดังนี้

1. ท่อโลหะหนา (rigid steel conduit) เรียก กันว่า เป็น RMC หรือ RSC (rigid steel conduit) เป็นท่อเหล็กชนิดหนา จึงมีความแข็งแรงใช้ป้องกันทางกลได้ดี มีขนาดตั้งแต่ 15 มม. (1/2 นิ้ว) ถึง 150 มม. (6 นิ้ว) มีความยาว 3.0 ม.

2. ท่อโลหะหนาปานกลาง (intermediate metal conduit) มีความแข็งแรง และใช้ป้องกันทางกลได้ดี เช่นเดียวกับท่อโลหะหนาแต่บางกว่า สามารถใช้ตัดแทนกันได้ มีขนาดตั้งแต่ 15 มม. (1/2 นิ้ว) ถึง 100 มม. (4 นิ้ว) มีความยาว 3.0 ม.

3. ท่อโลหะบาง (electrical metallic tubing) เป็นท่อที่มีความหนาน้อยสุด จึงห้ามทำเกลี้ยง เพราะจะทำให้ห้อขาดได้ การติดตั้งสามารถติดโดยใช้ตัวยึดตัวเครื่องมือ ไมมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า ห้ามเดินผ่านโดยตรง และห้ามใช้ในระบบไฟแรงสูง มีขนาดตั้งแต่ 15 มม. (1/2 นิ้ว) ถึง 50 มม. (2 นิ้ว) มีความยาว 3.0 ม.

การใช้งาน ท่อโลหะนี้ใช้กับงานเดินสายทั่วไป ปกติใช้ได้ทั้งในสถานที่แห้ง ชื้น และเปียก การติดตั้งต้องให้เหมาะสมกับสภาพที่ใช้งานด้วย และมีการป้องกันการผุกร่อนที่เหมาะสม

ห้ามใช้ ท่อที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม.

จำนวนสายไฟฟ้าที่ร้อยในห่อ จำนวนสายไฟฟ้าที่ร้อยในห่อ มีความสำคัญมาก เพราะเกี่ยวข้องกับขนาดกระดังงาสายไฟฟ้า การระบายน้ำอากาศ และการดึงสาย สายไฟฟ้าที่ร้อยในห่อ จึงต้องไม่มากเกินไป โดยคิดจากพื้นที่หน้าตัดรวมจนวนและเปลือก (ถ้ามี) ของสายไฟฟ้าทุกเส้น ที่ร้อยในห่อเทียบกับพื้นที่หน้าตัดห่อ ต้องไม่เกินที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.6

ในทางปฏิบัติจะทราบจำนวนและขนาดสายไฟฟ้าที่จะเดินร้อยห่อ ก่อน แล้วค่อยมาคำนวณหาขนาดห่อร้อยสาย

ตารางที่ 3.5 ขนาดพื้นที่หน้าตัดภายในของห่อร้อยสาย (มอก.770-2533)

ขนาด		พื้นที่ภาคตัดขาดภายใน (ตร.มม.)		
มม.	นิ้ว	ห่อโลหะหนา	ห่อโลหะหนาปานกลาง	ห่อโลหะบาง
15	½	201	230	195
20	¾	355	390	343
25	1	572	637	555
32	1 ¼	986	1,091	967
40	1 ½	1,338	1,467	1,313
50	3	2,196	2,382	2,164
65	2 ½	3,137	3,367	3,776
80	3	4,837	5,175	5,706
90	3 ½	6,458	6,907	7,447
100	4	8,309	8,871	9,517
125	5	13,041	-	-
150	6	18,742	-	-

**ตารางที่ 3.6 พื้นที่หน้าตัดสูงสุดรวมของสายไฟฟ้าทุกเส้น
คิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของห่อ**

จำนวนสายไฟฟ้าในห่อร้อยสาย	1	2	3	4	มากกว่า 4
สายไฟฟ้าทุกชนิด ยกเว้น สายชนิดมีปลอกตะกั่วทุ่ม	53	31	40	40	40
สายไฟชนิดมีปลอกตะกั่วทุ่ม	55	30	40	38	35

ตารางที่ 3.7 พื้นที่หน้าตัดของห่อร้อยสายคิดเป็นร้อยละ

(มม.)	นิ้ว	พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)	พื้นที่หน้าตัดเป็นร้อยละ (ตร.มม.)		
			53 (1 เส้น)	40 (3 เส้นขึ้นไป)	31 (2 เส้น)
15	½	177	94	71	55
20	¾	314	167	126	97
25	1	491	260	196	152
32	1 ¼	804	426	322	249
40	1 ½	1257	666	503	390
50	2	1964	1041	785	609
65	2 ½	3318	1759	1327	1029
80	3	5027	2664	2011	1558
90	3 ½	6362	3372	2545	1972
100	4	7854	4163	3142	2435
125	5	12272	6504	4909	3804
150	6	17672	9366	7069	5478

หมายเหตุ ตารางนี้คิดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระบุเพื่อความสะดวกในการใช้งาน เช่น ห่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระบุ Ø15 มม. ขนาดจริงอาจแตกต่างจากพื้นที่หน้าตัดที่ห่อได้จากตารางที่ 3.5

การติดตั้งใช้งาน

- เมื่อใช้งานในสถานที่เปียก หรือฝังดิน ท่อโลหะและส่วนประกอบที่ใช้ยึดห่อโลหะ เช่น โบลต์ ลากู ฯลฯ ต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผู้กร่อนได้ เช่น ชุบสังกะสี หรือชุบสตุ๊ชnidที่ทน การกัดกร่อน เป็นต้น

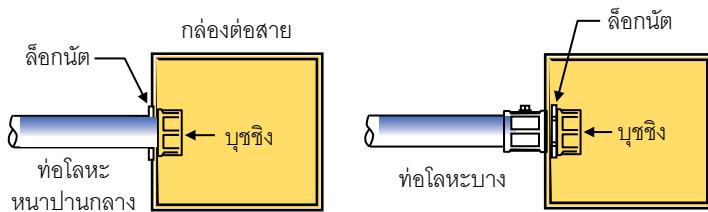
- เมื่อตัดปลายห่อออก ต้องลบคมเพื่อป้องกันไม่ให้บาดจนวนของสายเมื่อทำการร้อยสายไฟฟ้า

- การทำเกลี่ยวห่อ ต้องใช้เครื่องทำเกลี่ยวชนิดปลายเรียวเพื่อให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่ดี และป้องกันนำเข้าห่อ

- การต่อท่อในอิฐก่อหรือคอนกรีต หากใช้ข้อต่อชนิดไม่มีเกลียวต้องใช้เป็นชนิดผังในคอนกรีต เมื่อติดตั้งในสถานที่เปียกต้องใช้ชนิดกันฝน

- การต่อสาย ทำได้เฉพาะในกล่องต่อสาย หรือกล่องต่อจุดไฟฟ้าที่ปิดออกได้สักจากและห้ามต่อสายในท่อร้อยสาย เพราะอาจเกิดอันตรายจากไฟดูดเนื่องจากความที่หุ้มจุดต่อสายหลุดและจุดต่อสายอาจหลอมหรือหลุดจากการร้อยสายได้

- การติดตั้งห่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสายหรือเครื่องประภากวนเดินท่อ ต้องมีบุชิ่งเพื่อป้องกันมิให้汁งานหุ้มสายชำรุด นอกเสียจากว่ากล่องต่อสายและเครื่องประภากวนเดินท่อได้ออกแบบเพื่อป้องกันการชำรุดของ汁งานไว้แล้ว



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างการใช้บุชิ่งเมื่อเดินท่อเข้ากล่องต่อสาย

- มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา เพื่อให้สามารถร้อยสายเข้าและเดินออกได้สักจากเพื่อการบำรุงรักษา จุดดึงสายคือจุดเปิดที่สามารถร้อยสายเข้าหรือดึงสายออกได้จากเป็นกล่องต่อสาย กล่องดึงสาย ข้อต่อเบิดชนิด LB, LL, และ LR เป็นต้น



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างข้อต่อเบิดชนิดต่าง ๆ

- ในการติดตั้งใช้งาน ต้องเดินระบบห่อให้เสร็จก่อนสิ่งร้อยสายไฟฟ้า เพื่อทดสอบว่า สามารถร้อยสายและดึงสายออกได้

- การจับยึด ต้องจับยึดให้มั่นคง แข็งแรง ระยะห่างระหว่างจุดจับยึดจะต้องมากกว่า หรือกล่องต่อสายไม่เกิน 0.90 ม. และระหว่างจุดจับยึดด้วยกันไม่เกิน 3.0 ม.

- ท่อร้อยสายต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ระบบการต่อลงดิน ทำงานได้ดีตามที่ออกแบบไว้ ตัวท่อต้องต่อลงดินและห้ามใช้ห่อเทนสายดิน



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการจับยึดห่อ

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- จำนวนสายไฟฟ้าต้องไม่เกินที่กำหนดในตารางข้างต้น การเดินสายหลายเส้นจะต้องปรับลดขนาดกระแลของสายด้วย

- สายที่เดินร้อยห่อในแนวเดิม ต้องมีการจับยึดสายด้วย

- การเดินสายร้อยห่อเหล็ก ต้องระวังเรื่องการเกิดความร้อนจากการกระแสไฟฟ้า สำหรับสายที่เดินร้อยห่อในท่อเดียวกันมีสายของวงจรเดียวกันไม่ครบถูกเลี้น (เลี้นไฟ เลี้นคูนย์ และสายดิน) หรือ การร้อยสายไฟฟ้าและห่อเพื่อความสะดวกในการแยกไฟฟ้า ซึ่งไม่ถูกต้อง

- ห่อที่เดินผ่านผนังหรือพื้น ต้องมีการป้องกันไฟลุกalamด้วย

- การเดินท่อผ่านเข้าห้องที่มีอุณหภูมิต่างกันมาก ต้องระวังการเกิดการควบแน่นโดยการซีลท่อด้วย

ตัวอย่างที่ 3.1 กำหนดให้ในห้องร้อนสายประภากบด้วยสายไฟฟ้า 60227 IEC 01 (หรือ IEC 01) ขนาด 16 ตร.มม. จำนวน 3 เส้น และขนาด 6 ตร.มม. จำนวน 1 เส้น จงกำหนดขนาดห้องวีซีท่า

จากตารางผู้ผลิต (หรือภาคผนวก)

$$\text{สาย IEC 01 ขนาด 16 ตร.มม. มีพื้นที่หน้าตัดรวมล้วน} = 47.8 \text{ ตร.มม.}$$

$$\text{สาย IEC 01 ขนาด 4 ตร.มม. มีพื้นที่หน้าตัดรวมล้วน} = 16.6 \text{ ตร.มม.}$$

$$\text{รวมพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า} = (47.8 \times 3) + 16.6 = 160 \text{ ตร.มม.}$$

ตารางที่ 3.6 พื้นที่หน้าตัดรวมของสายต้องไม่เกิน 40% ของพื้นที่หน้าตัดท่อ

$$\text{พื้นที่หน้าตัดท่อ} \geq 160/0.4 \geq 400 \text{ ตร.มม.}$$

$$\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางห้อง} \geq \sqrt{\frac{(4 \times 400)}{\pi}} \geq 22.57 \text{ มม.}$$

ใช้ห้อง Ø25 มม.

หรือ

เมื่อได้พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้า = 160 ตร.มม. และจากตารางที่ 3.6 พื้นที่หน้าตัดรวมของสายต้องไม่เกิน 40% ของพื้นที่หน้าตัดท่อ

ตารางที่ 3.7 คอลัมน์พื้นที่หน้าตัดเป็นร้อยละ 40 ค่าที่ไม่น้อยกว่า 160 ตร.มม. คือ 196 ตร.มม. ซึ่งตรงกับขนาดห้อง 25 มม.

ตารางที่ 3.7 ชนิดที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุของสายเคเบิลในประเทศไทย

ชนิดภัย		จำนวนผู้เสียชีวิต (คน)	จำนวนผู้บาดเจ็บ (คน)		
(%)	(%)		หญิง (%)	ชาย (%)	รวม (%)
15	1%	177	34	73	55
20	3%	314	57	126	97
30	1	401	88	186	111
32	5.9	806	428	322	243
40	1.3%	1257	555	503	393

3.3.2 การเดินสายร้อยท่อโอลูหะ

ท่อโอลูหะที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด เช่น ท่อ PVC, HDPE และ RTRC เป็นต้น ท่อแล้วเครื่องประภากดเดินท่อต้องใช้วัสดุที่เหมาะสม ทนต่อความชื้น สภาวะอากาศ และสารเคมี สำหรับท่อที่ใช้เหนือดินต้องมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง (flame retardant) ทนแรงกระแทก และแรงอัด ไม่บิดเบี้ยว เพราะความร้อนภายในตัวส่วนมากจะเกิดขึ้นเมื่อใช้งาน ในสถานที่ใช้งานซึ่งท่อร้อยสายไฟฟ้าถูกแสงแดดโดยตรงต้องใช้หัวร้อยสายชนิดทนต่อแสงแดด

ท่อที่ใช้ใต้ดินวัสดุที่ใช้ต้องทนความชื้น ทนสารที่ทำให้ผุกร่อนและมีความแข็งแรง เพียงพอที่จะทนแรงกระแทกได้โดยไม่เสียหาย ถ้าใช้ผิดติดโดยตรงโดยไม่มีคุณสมบัติที่ห้ามวัสดุที่ใช้ต้องสามารถทนหน้าหักด户ที่อาจเกิดขึ้นนายหลังการติดตั้งได้

ท่อ PVC (Polyvinyl Chloride) ทำจากพลาสติกหรือ resin สังเคราะห์ชนิดหนึ่ง ท่อ PVC ที่ใช้ในงานไฟฟ้าจะมีสีเหลือง มีความเหนียว ยืดหยุ่น ทนต่อสภาวะอากาศ และทนการกัดกร่อนของกรดและด่างได้ดี มีน้ำหนักเบา และเป็นอนุวัติไฟฟ้า และยังมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 70°C (หรือตามที่ผู้ผลิตกำหนด)

ข้อเสียของท่อ PVC คือเมื่อถูกติดไฟ เช่น เมื่อเกิดเพลิงไหม้อาหาร จะมีควันดำปิดกัน การมองเห็นและให้แก๊สที่เป็นกรดสารพิษได้ออกซินที่เป็นอันตรายเมื่อสูดดมเข้าไปร่างกาย และมีไออกไซเจนคลอไรด์ซึ่งเมื่อผสมกับความชื้นในปอดจะมีฤทธิ์ทำลายเนื้อเยื่อ และถ้าผลมน้ำจะเป็นกรดไฮโดรคลอริกซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการฝังไนผงปูน ท่อชนิดนี้จึงมี

ข้อจำกัดในการใช้งานในบ้านที่ โดยเฉพาะอาคารที่มีผู้คนอยู่อาศัยจำนวนมาก และอาคารที่เมื่อเกิดเพลิงไหม้แล้วต้องใช้เวลาในการหนีไฟนาน

HDPE (High Density Polyethylene) มีความเหนียว ยืดหยุ่น ทนต่อสภาวะอากาศ และทนการกัดกร่อนของกรดและด่างได้ดี มีน้ำหนักเบา และเป็นจุดนวนไฟฟ้า แต่ไม่ต้านเปลวเพลิง เหมาะสมสำหรับการเดินฝังดิน จึงทำให้ใช้หนอดินในอาคาร แต่ต้องนูนๆ ให้ใช้หนอดินภายนอกอาคาร ได้โดยต้องหุ้มด้วยคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 50 มม. ปกติมีสีดำมีหัวชนิดผิวเรียบและลูกฟูก ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 80°C (หรือตามที่ผู้ผลิตกำหนด)

RTRC (Reinforced Thermosetting Resin Conduit) หรือท่อ FRE (fiberglass reinforced epoxy conduit) ทำจาก fiberglass และ resin มีความแข็งแรง ผิวเรียบ เหนียว ยืดหยุ่น ทนต่อแรงกระแทกได้ดี ทนต่อสภาวะอากาศและการกัดกร่อนได้ดี สามารถใช้ได้ทั้งหนีไฟ ดินและใต้ดินในระบบแรงดันและแรงสูง ปัจจุบันนิยมใช้งานมากขึ้น ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 110°C (หรือตามที่ผู้ผลิตกำหนด)

การใช้งาน

ท่อ PVC และ RTRC

- เดินช่องในแผ่น พื้นและเพดาน
- ในบริเวณที่ทำให้เกิดการผุกร่อนและเกี่ยวข้องกับสารเคมี ถ้าท่อและเครื่องประดับต้องการเดินท่อได้ออกแบบไว้สำหรับใช้งานในสภาพดังกล่าว
- ในที่เปียกหรือชื้นซึ่งได้จัดให้มีการป้องกันน้ำเข้าไปในท่อ
- ในที่เปิดโล่ง (exposed) ซึ่งไม่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ

ท่อ HDPE

- เทหีอนิภัยนอกอาคาร โดยมีค่อนกรีตหุ้มหนาไม่น้อยกว่า 50 มม.
- ฝังใต้ดิน
- ในบริเวณที่ทำให้เกิดการผุกร่อน และเกี่ยวข้องกับสารเคมี ถ้าท่อและอุปกรณ์ ประกอบการเดินสายได้ออกแบบไว้ใช้งานในสถานที่ดังกล่าว

ห้ามใช้

ห้อ PVC และ RTRC

- ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น
- ใช้เป็นเครื่องเขียนและจับยึดดวงคอม
- ในบริเวณที่อุณหภูมิโดยรอบเกิน 50°C
- อุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าพิกัดอุณหภูมิของห่อที่ระบุไว้
- ตามที่ระบุไว้ในบทอื่นที่เกี่ยวข้อง

ห้อ HDPE

- ในที่เปิดโล่ง
- ภายในอาคาร
- ในบริเวณอันตราย
- ในบริเวณที่อุณหภูมิโดยรอบเกิน 50°C
- อุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าพิกัดอุณหภูมิของห่อที่ระบุไว้

กรณีเดินสายในสถานที่เฉพาะ เช่น สถานบริการ โรงเรม อาคารชุด อาคารสูง และอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ให้ดูข้อกำหนดการใช้งานเพิ่มเติมในแต่ละสถานที่นั้น ๆ ด้วย

จำนวนสายไฟฟ้า จำนวนสายไฟฟ้าในท่อต้องไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 3.6

การติดตั้งใช้งาน

- เมื่อเดินท่อเข้ากล่องหรือล่วนประกอบอื่น ๆ ต้องจัดให้มีบุชชิ้ง หรือมีการป้องกันไม่ให้ล้มลงของสายชำรุด

- มุ่งเดัดโค้งระหว่างจุดเดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา
- ต้องติดตั้งระบบห่อให้เสร็จก่อนจึงทำการเดินสายไฟฟ้า เพื่อทดสอบว่าสามารถร้อยสายและดึงสายออกได้

- การจับยึด ต้องจับยึดให้มั่นคง แข็งแรง ระยะห่างระหว่างจุดจับยึดจุดแรกกับอุปกรณ์หรือกล่องต่อสายไม่เกิน 0.90 ม. และระหว่างจุดจับยึดด้วยกันไม่เกิน 3.0 ม.

- การต่อสาย ทำได้เฉพาะในกล่องต่อสาย หรือกล่องต่อจุดไฟฟ้าที่เปิดออกได้สะดวก และห้ามต่อสายในท่อร้อยสาย

บทที่ 3 การเดินสายไฟฟ้า

- การติดตั้งท่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสายหรือเครื่องประกอบการเดินท่อต้องมีบุชิ่งเพื่อป้องกันเม็ดหิมะที่หล่นบนหุ้มสายชำรุด นอกเสียจากว่ากล่องต่อสายและเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบเพื่อป้องกันการชำรุดของชั้นวนไวน์แล้ว

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- จำนวนสายไฟฟ้าต้องไม่เกินที่กำหนดในมาตรฐานฯ การเดินสายหลายเส้นจะต้องปรับลดขนาดกระแสของสายด้วย
 - สายที่เดินร้อยท่อในแนวตั้ง ต้องมีการจับยึดสายด้วย
 - ท่อที่เดินผ่านผนังหรือพื้น ต้องมีการป้องกันไฟลุกตามด้วย
 - การเดินท่อผ่านเข้าห้องที่มีอุณหภูมิต่างกันมาก ต้องระวังการเกิดการควบแน่นด้วยการซีลท่อด้วย
 - ท่อ HDPE ห้ามเดินแนวโน้มพื้นภายในอาคารเนื่องจากไม่ต้านเปลแปลง
 - ท่อ PVC ห้ามเดินในอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ เนื่องจากครัวน้ำปิดกั้นเส้นทางหนีไฟ และเป็นพิษเมื่อสูดดมเข้าไป
 - การใช้สายชนิด XLPE ร้อยท่อจะต้องระวังว่าอุณหภูมิใช้งานของท่อต้องไม่ต่ำกว่า 90°C เช่น ห้ามร้อยในห้อง PVC เป็นต้น หรือโดยการลดขนาดกระแสของสายลงเพื่อให้อุณหภูมิของสายไฟฟ้าไม่เกินอุณหภูมิใช้งานของท่อ
 - ต้องมีการจับยึดท่อโลหะแข็งให้แน่นคงตามระยะที่ระบุไว้ตามตารางที่ 3.8 และจับยึดท่อสายในระยะ 1 เมตรจากจุดต่อท่อ กล่องต่อสาย ข้อต่อเบิด

ตารางที่ 3.8 ระยะจับยึดท่อโลหะแข็ง

ขนาดท่อโลหะแข็ง (ม.m.)	ระยะจับยึด (ม.)
15-25	1.0
32-50	1.5
65-80	1.8
90-125	2.1
150	2.5

3.3.3 การเดินสายร้อยท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit)

ท่อชนิดนี้ทำจากเหล็กชุบสังกะสีมีลักษณะเป็นแผ่นม้วนล็อกเข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถโค้งงอหรือม้วนได้ ใช้เดินเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือกล่องต่อสาย ไม่มีจุดประสงค์เพื่อใช้เดินแทนท่อโลหะ

การใช้งาน ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้ ทุกข้อ

- ใช้ในสถานที่แห้ง เพราะท่อกันน้ำเข้าไม่ได้
- ใช้ในสถานที่เข้าถึงได้ และเพื่อป้องกันสายทางกายภาพ หรือเพื่อการเดินช่องสาย
- ใช้เดินเข้าบริภัณฑ์ไฟฟ้าหรือกล่องต่อสายและความยาวไม่เกิน 1.80 ม.

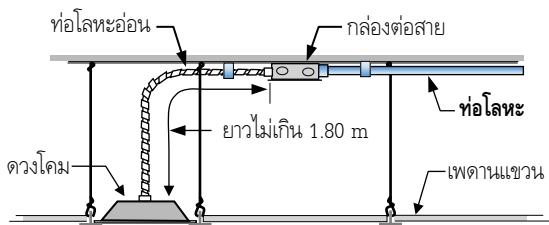
ห้ามใช้

- ในปล่องลิฟต์หรือปล่องขนของ
- ในห้องแบตเตอรี่ เนื่องจากจะเกิดการผุกร่อนจากไออกรดหรือไอด่า
- ในบริเวณอันตราย (hazardous area) นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น ถ้าจะใช้ได้ก็จะต้องระบุไว้ในมาตรฐานฯ เรื่องบริเวณอันตรายว่าให้ใช้ได้เท่านั้น
หมายเหตุ บริเวณอันตรายนี้หมายถึง บริเวณที่มีสารไวไฟพร้อมที่จะเกิดการลุกไหม้ได้
 - ฝังดินหรือฝังในคอนกรีต
 - ในสถานที่เปียก นอกจากระยะสายไฟชนิดที่เหมาะสมและป้องกันนำเข้าซึ่งเดินสายท่อโลหะอ่อนต่ออยู่
 - ท่อโลหะอ่อนที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม. ยกเว้น ท่อโลหะอ่อนที่ประกอบมากับขัวหลอดไฟและยาวไม่เกิน 1.80 ม.

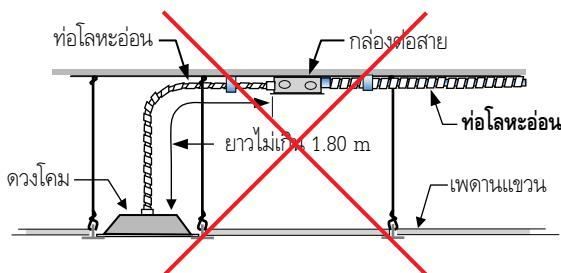
จำนวนสายไฟฟ้า จำนวนสายไฟฟ้าในท่อต้องไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 3.6

การติดตั้งใช้งาน

- หมุดดัดโค้งระหว่างจุดตึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา
- ท่อร้อยสายต้องต่อลงดิน แต่ห้ามใช้ท่อเป็นตัวนำแทนสายดิน



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างการติดตั้งท่อโลหะอ่อน
(ใช้ต่อจากกล่องต่อสายไปยังดวงโคม)



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างการติดตั้งท่อโลหะอ่อนที่ผิด
(ใช้ท่อโลหะอ่อนแทนท่อโลหะในระบบเดินสายปกติ)

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- จำนวนสายไฟฟ้าต่อไม่เกินที่กำหนดในมาตรฐานฯ การเดินสายหลายเส้นจะต้องปรับลดขนาดกระแสของสายด้วย
- ข้อต่อท่อต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้เด็กบ์ท่อโลหะอ่อนเท่านั้น
- การใช้ท่อโลหะอ่อนแทนการเดินท่อโลหะหรือโลหะนั้น ไม่ถูกต้อง

3.3.4 การเดินสายร้อยท่อโลหะอ่อนกันของเหลว (Liquid tight Flexible Metal Conduit)



รูปที่ 3.15 ตัวอย่างท่อโลหะอ่อนกันของเหลวและข้อต่อ缢ด

มีลักษณะเหมือนท่อโลหะอ่อนแต่หุ้มด้วย PVC หรือ PE ตามความต้องการใช้งาน สำหรับในอาคาร PE ต้องเป็นชนิดต้านเปลาเพลิง มีความยืดหยุ่นได้ดีและกันน้ำได้ ใช้ป้องกันสายไฟจากการขูดขีด ควร ผู้นุ่มนิ่ม ควบคุมหัว ควบคุมน้ำมัน ได้ดี

การใช้งาน ใช้ในสถานที่ต้องการความอ่อนตัว หรือเพื่อป้องกันสายจากแข็งของเหลว หรือใช้ในบริเวณอันตราย

ห้ามใช้ในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่อที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม. หรือใหญ่กว่า 100 มม.
- ในที่ซึ่งอาจได้รับความเสียหายทางกายภาพภายหลังการติดตั้งใช้งาน
- ที่ซึ่งอุณหภูมิของสายไฟฟ้าและอุณหภูมิโดยรอบสูงจนทำให้ห้ามเสียหาย

จำนวนสายไฟฟ้า จำนวนสายไฟฟ้าไม่ต้องไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 3.6

การติดตั้งใช้งาน

- มุ่งดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วตั้งไม่เกิน 360°
- ต้องติดตั้งระบบห่อให้สวยงาม จึงทำการเดินสายไฟฟ้า
- ห้ามใช้ห่อโลหะอ่อนกันของเหลวเป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน
- ในการติดตั้งห่อโลหะอ่อนกันของเหลว จะต้องใช้กับข้อต่อ缢ดซึ่งได้รับการรับรอง

เพื่อใช้กับงานชนิดนี้เท่านั้น

- การจับยึด ต้องจับยึดให้มั่นคง แข็งแรง ระยะห่างระหว่างจุดจับยึดจุดแรกกับอุปกรณ์ หรือกล่องต่อสายไม่เกิน 0.90 ม. และระหว่างจุดจับยึดด้วยกันไม่เกิน 3.0 ม.

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- จำนวนสายไฟฟ้าต้องไม่เกินที่กำหนดในมาตรฐานฯ การเดินสายหลายเส้นจะต้องปรับลดขนาดการแลงของสายด้วย
 - ขอต่อหอต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้ได้กับหอโลหะอ่อนเท่านั้น
 - การใช้สายชนิด XLPE ร้อยท่อจะต้องระวังว่าอุณหภูมิใช้งานของหอต้องไม่ต่ำกว่า 90°C หรือโดยการลดขนาดการแลงของสายลงเพื่อให้อุณหภูมิของสายไฟฟ้าไม่เกินอุณหภูมิที่หอสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

3.3.5 การเดินสายในรางเดินสาย (Wireways)

รางเดินสายทำจากโลหะแผ่นพับขึ้นรูปมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมมีฝาปิด ป้องกันการผุกร่อนด้วยการพ่นสี หรือชุบลังกะสี มีทั้งชนิดที่เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป และชนิดที่ทำขึ้นเองสามารถเดินสายได้จำนวนมาก จึงเป็นที่นิยมใช้งาน เพราะมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำกว่าเดินสายร้อยท่อ และทำงานได้สอดคลายและรวดเร็วกว่า

การใช้งาน ในกรณีตั้งต่อไปนี้

- อุณภูมิให้ใช้รางเดินสายได้เฉพาะการติดตั้งในที่เปิดโล่งซึ่งสามารถเข้าถึงเพื่อตรวจสอบและบำรุงรักษาได้ตลอดความยาวของรางเดินสาย กรณีเดินในฝ้าเพดาน ฝ้าเพดานนั้นต้องเป็นชนิดปิดได้ เช่น ชนิด T-bar หรือชนิดคานเรียบที่มีช่องปิดซึ่งสามารถเข้าถึงเพื่อตรวจสอบและบำรุงรักษาได้ตลอดความยาวของรางเดินสาย ทั้งนี้ต้องมีที่ว่างเหนือรางเดินสายไม่น้อยกว่า 200 มม. ยกเว้นช่วงที่ผ่านใต้คาน ถ้าติดตั้งภายใต้คานต้องเป็นชนิดที่มีระดับการป้องกันไม่หล่อหลอมกว่า IPX4 มีความแข็งแรงเพียงพอ ไม่เสียรูปภายหลังการติดตั้งใช้งาน

ห้ามใช้

- ใช้รางเดินสายในบริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ ในบริเวณที่มีอุ่นห่าให้ผู้กร่อน หรือในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น
- ห้ามต่อรางเดินสายตรงจุดที่ผ่านผนังหรือพื้น
- เป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน
- ขนาดใหญ่เกิน 150×300 มม.

จำนวนสายไฟฟ้า พื้นที่ที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวนห้องหมวดรวมกันต้องไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดภายในงานเดินสาย การคิดพื้นที่หน้าตัดรวมให้คิดสายทุกเส้นที่วางในงานเดินสายนั้น และต้องระวังเรื่องขนาดการแลงของสายไฟฟ้าจะลดลงถ้าจำนวนสายไฟฟ้านับเฉพาะเลี้นที่มีกระแสไฟ流รวมกันแล้วเกิน 30 เลี้น ดังนั้นการเดินสายในงานเดินสายจึงไม่ควรให้สายเลี้นที่มีกระแสไฟ流เกิน 30 เลี้น

วงจร 1 เฟส 2 สาย นับสายเลี้นที่มีกระแสไฟ流 2 เลี้น และวงจร 3 เฟส 4 สาย นับสายเลี้นที่มีกระแสไฟ流 3 เลี้น โดยถือว่าสายนิวทรัลไม่มีกระแสไฟ流 และสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าถือเป็นสายเลี้นที่ไม่มีกระแสไฟ流

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าในงานเดินสาย เมื่อจากการเดินสายไม่จำกัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ถึง 7 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าจึงกำหนดให้ใช้ตารางที่ 5-20 สำหรับสาย PVC และตารางที่ 5-27 สำหรับสาย XLPE ดูจากช่องตัวนำกระแส 3 เลี้น ห้องจร 1 เฟส และ 3 เฟส และไม่ต้องปรับค่าเนื่องจากจำนวนกลุ่มวงจรตามตารางที่ 5-8 ถ้าตัวนำเลี้นที่มีกระแสไฟ流รวมกันแล้วไม่เกิน 30 เลี้น

การติดตั้งใช้งาน

- การติดตั้งสายหลักของการต้องเป็นชนิดกันฝน (raintight) และต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะไม่เสียรูปภายหลังการติดตั้ง
- สายไฟฟ้าแกนเดียวของวงจรเดียวทั้งห้องรวมทั้งสายดิน ต้องวางเป็นกลุ่มเดียวกันแล้วมัดรวมเข้าด้วยกัน ระยะห่างในการมัดสายใช้ตามความเหมาะสม

- งานเดินสายต้องจับยึดอย่างมั่นคง เช่นเรց ทุกรยะไม่เกิน 1.50 ม. แต่ยอมให้จุดจับยึดห่างมากกว่า 1.50 ม. ได้ในกรณีที่จำเป็น เพื่อต้องไม่เกิน 3.0 ม.

- งานเดินสายในแนวตั้งต้องจับยึดอย่างมั่นคง เช่นเรց ทุกรยะไม่เกิน 4.50 ม. ห้ามมีจุดต่อเกิน 1 จุดในแต่ละระยะจับยึด จุดจับยึดต้องห่างจากปลายไม่เกิน 1.50 ม. ด้วย

- อนุญาตให้ต่อสายเฉพาะในส่วนที่สามารถเบิดออก และเข้าถึงได้สะดวกตลอดเวลาเท่านั้น และพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ และฉนวนรวมห้องหัวต่อสายรวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดภายในของงานเดินสาย ณ จุดต่อสาย

บทที่ 3 การเดินสายไฟฟ้า

- ในบางเดินสายตรงตำแหน่งที่ต้องมีการตัด งอสาย เช่น ปลายทาง ตำแหน่งที่มีห่อร้อยสายเข้าออกของเดินสาย ต้องจัดให้มีที่ว่างสำหรับดัดงอสายอย่างเพียงพอ และมีการป้องกันไม่ให้มีส่วนคมที่อาจบาดสายได้

- จุดปลายทางเดินสายต้องปิด

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- จำนวนสายไฟฟ้าต้องไม่เกินตามที่กำหนดในมาตรฐานฯ
- ถ้าสายไฟฟ้าเส้นที่มีกระแสไฟลากกิ่น 30 เส้น ต้องปรับลดขนาดกระแสของสายตามตารางที่ 5-8 ด้วย
 - การเดินสายในแนวตั้ง ต้องมีการจับยึดทุกรายละเอียดที่กำหนดในมาตรฐานฯ
 - วางเดินสายที่เดินผ่านผนังหรือพื้น ต้องมีการป้องกันไฟลุกลามด้วย
 - วางเดินสายอาจขนาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้า โดยเฉพาะจุดที่ต่อเข้ากับแบ่งสวิตซ์ท้าไม่มีนิ่นใจการต่อเชื่อมด้วยสายต่อฝา (bonding jumper)

ตัวอย่างที่ 3.2 ต้องการกำหนดขนาดรางเดินสายช่องมีสายไฟฟ้าชนิด IEC 01 ดังนี้

1. วงจร 3 เมตร 4 สาย จำนวน 3 วงจร ใช้สายยางứขนาด 10 ตร.ม.m. และสายดินขนาด 4 ตร.ม.m. (สายขนาด 10 ตร.ม.m. จำนวน 12 เส้น และขนาด 4 ตร.ม.m. จำนวน 3 เส้น)
2. วงจร 1 เมตร 2 สาย จำนวน 8 วงจร ใช้สายยางứขนาด 6 ตร.ม.m. และสายดินขนาด 4 ตร.ม.m. (สายขนาด 6 ตร.ม.m. จำนวน 16 เส้น และขนาด 4 ตร.ม.m. จำนวน 8 เส้น)

วิธีคำนวณ

จากตารางในภาคผนวก B ได้พื้นที่หน้าตัดสายรวมกันดังนี้

สายขนาด 4 ตร.ม.m. พื้นที่หน้าตัด 16.6 ตร.ม.m. (จำนวน 11 เส้น)

สายขนาด 6 ตร.ม.m. พื้นที่หน้าตัด 21.2 ตร.ม.m. (จำนวน 16 เส้น)

สายขนาด 10 ตร.ม.m. พื้นที่หน้าตัด 35.3 ตร.ม.m. (จำนวน 12 เส้น)

$$\text{รวมพื้นที่หน้าตัดสายทุกเส้น} = (16.6 \times 11) + (21.2 \times 16) + (35.3 \times 12) = 945.4 \text{ ตร.ม.m.}$$

$$\text{พื้นที่หน้าตัดรวมเดินสาย} (\text{พื้นที่หน้าตัดสายไม่เกิน } 20\%) \geq 945.4 / 0.2 \geq 4727 \text{ ตร.ม.m.}$$

เลือกใช้ร่างขนาด 50×100 ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 5,000 ตร.ม.m.

หมายเหตุ สายไฟฟ้าเส้นที่มีกระแสไฟเกลจจำนวน = $16+9 = 25$ เส้น (ไม่เกิน 30 เส้น) ไม่ต้องปรับลดขนาดกระแส ดังนั้นถ้าต้องการหาขนาดกระแสของสายชนิด 10 ตร.มม. จากตารางที่ 5-20 จะได้ = 44 A

3.3.6 การเดินสายในช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว (Surface Nonmetallic Raceway)



รูปที่ 3.16 ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว

ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวทำด้วยพลาสติกชนิดหนึ่ง มีคุณสมบัติทนความชื้น ทนบรรยายกาศที่มีสารเคมี ต้านแปลงเพลิง ทนแรงกระแทก ไม่บิดเบี้ยวจากความร้อนในสภาวะการใช้งาน และสามารถใช้งานในที่อุณหภูมิต่ำต่ำได้ ปัจจุบันมีการใช้งานมากขึ้นเนื่องจากติดตั้งสะดวก รวดเร็ว ใช้เทคนิคการเดินสายแบบรัดคลิปได้ดี

การใช้งาน อนุญาตให้ใช้ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวในสถานที่แห้งเท่านั้น

ห้ามใช้ ในการนีดังต่อไปนี้

- ในที่ชื้น เนื่องจากบ่อกรุกรายจากหรือไม่ได้ เพราะในการตรวจสอบ หรือเปลี่ยนสายไฟฟ้าจะต้องเปิดฝาร่างด้วย

- อุณหภูมิโดยรอบหรืออุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าอุณหภูมิของช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวที่ระบุไว้

- ที่ซึ่งอาจเกิดความเลี่ยงหายทางกายภาพได้ นอกจากเป็นชนิดที่ได้รับการรับรองว่าใช้ได้สำหรับงานนี้ ๆ

- ในระบบแรงสูง
- ในปล่องขนาดหรือปล่องลิฟต์
- ในบริเวณอันตราย นอกจจากจะระบุไว้ใช้ได้ในเรื่องบริเวณอันตราย

การติดตั้งใช้งาน

- ห้ามต่อซึ่งเดินสายอลูминัมพื้นผิว ตรงจุดที่ผ่านแผ่นหรือพื้น
- อนุญาตให้ต่อสายได้เฉพาะในส่วนที่สามารถปิดออก และเข้าถึงได้สักดาวกูลอดเวลาเท่านั้น และพื้นที่หน้าตัดของสายรวมทั้งหัวต่อสาย เมื่อร่วมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดภายในของ ช่องเดินสายอลูมิเนียมพื้นผิว ณ จุดต่อสาย
- ปลายของช่องเดินสายอลูมิเนียมพื้นผิว ต้องปิด

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- ช่องเดินสายอลูมิเนียมพื้นผิว ต้องติดตั้งในที่ซึ่งเข้าถึงได้ยากหลังการติดตั้งเพื่อความสะดวกในการบำรุงรักษา
- ต้องระวังเรื่องชนิดของสายไฟฟ้าที่ใช้งาน ซึ่งอุณหภูมิใช้งานของสายไฟฟ้าต้องไม่เกินอุณหภูมิที่ช่องเดินสายสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

3.4 การเดินสายบนรางเคเบิล (Cable Tray)

เป็นรางสำหรับวางสายไฟฟ้าจากโอลูมิเนียมหรืออลูมิเนียมที่มีใช้งานส่วนใหญ่มาจากเหล็ก ป้องกันการผุกร่อนด้วยการพ่นสีหรือชุบลังกัสต์ แบ่งตามโครงสร้างเป็น 3 แบบคือ

1. แบบบันได
2. แบบระบายอากาศ
3. แบบด้านล่างทึบ



รางแบบบันได

รางแบบบรรทุกอากาศ

รางแบบด้านล่างทึบ

รูปที่ 3.17 รางเคเบิลทั้ง 3 แบบ

โครงสร้างรางเคเบิล ต้องเป็นดังนี้

- มีความแข็งแรงและมั่นคง สามารถรับน้ำหนักสายทั้งหมดที่ติดตั้ง และไม่มีส่วนแหลมคมที่อาจทำให้หันน้ำหนึหรือเปลือกสายชำรุด
- มีการป้องกันการผูกร้อนอย่างพอเพียงกับสภาพการใช้งาน เช่น การพ่นสี และการซุปสังกะสี เป็นต้น

- ต้องมีผังด้านข้าง และใช้เครื่องประภากบการติดตั้งที่เหมาะสม

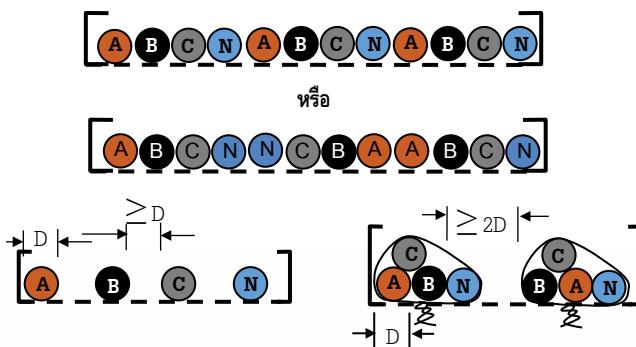
- ถ้าเป็นรางเคเบิลโลหะ ต้องทำด้วยวัสดุต้านทานปลวพลึง

การใช้งาน เนื่องจากการเคเบิลไม่ได้ทำหน้าที่ป้องกันสายไฟฟ้าทางกายภาพ ดังนั้นสายไฟฟ้าที่วางบนรางจึงต้องมีความแข็งแรงระดับหนึ่ง สายไฟฟ้าที่อนุญาตให้วางบนรางเคเบิลได้ ต้องเป็นดังนี้

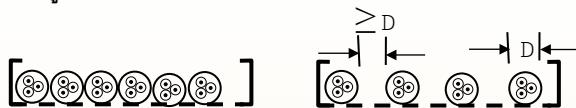
1. สายเคเบิลชนิดเอ็มไอ (mineral insulated cable) ชนิด MC (metal-clad cable) และ ชนิด AC (armored cable)
2. สายเคเบิลแกนเดียวชนิดมีเปลือกนอกหง้าวในระบบแรงสูงและแรงต่ำ และขนาดไม่เล็กกว่า 25 ตร.มม.
3. สายดินทุกชนิด
4. สายเคเบิลหลายแกนในระบบแรงสูงและระบบแรงต่ำทุกขนาด
5. สายชนิดหลายแกนสำหรับควบคุมสัญญาณและไฟฟ้ากำลัง
6. ท่อร้อยสายชนิดต่าง ๆ ยกเว้น ท่อ HDPE

ห้ามใช้

- ห้ามติดตั้งสายเคเบิลระบบแรงต่ำในรางเคเบิลเดียวกันกับสายเคเบิลระบบแรงสูง นอกจากจะมีแผ่นกันไฟเข็มแรงและไม่ติดไฟ
- ห้ามท่อหรืออุปกรณ์สำหรับงานระบบอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องวางบนรางเคเบิล
- จำนวนสายไฟฟ้า จำนวนสายเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดและวิธีการวางสายเคเบิล ปกติจะกำหนดวิธีวางสายและหากจำนวนสายเคเบิลก่อนแล้วค่อยหาขนาดรางเคเบิล การวางสายไฟฟ้าแกนเดียวในรางเคเบิลทำได้ 3 แบบคือ
 - วางสายเรียงชิดติดกัน
 - วางเป็นกลุ่มโดยแต่ละกลุ่มห่างกันไม่น้อยกว่า 2 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเส้นใหญ่กว่าที่อยู่ใกล้กัน
 - วางให้มีระยะห่างแบบเส้นเว้นเส้น
- สำหรับสายเคเบิลหลายแกนวางได้ 2 แบบคือสายเรียงชิดติดกัน และวางห่างกันแบบเส้นเว้นเส้น



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการวางสายแกนเดียวในรางเคเบิล



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการวางสายเคเบิลหลายแกนในรางเคเบิล

การติดตั้งใช้งาน

- รางเคเบิลต้องมีความต่อเนื่องโดยตลอดทั้งทางกลและทางไฟฟ้า
- สายที่ติดตั้งบนรางเคเบิลเมื่อเดินแยกเข้าช่องเดินสายอื่นต้องมีการรับยึดให้มั่นคง
- ต้องติดตั้งในที่เปิดเผย เข้าถึงได้ และมีที่ว่างเพียงพอเพื่อการตรวจสอบและบำรุงรักษา

ได้โดยสะดวก

- รางเคเบิลติดตั้งได้หลายรูป โดยวางเรียงเป็นชั้น ๆ ซึ่งแต่ละชั้นต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 300 มม. เพื่อความสะดวกในการบำรุงรักษาและการระบายอากาศ
- เมื่อใช้สายเคเบิลแกนเดียว สายเล็กไฟและสายนิวทรัลของแต่ละวงจร ต้องเดินรวมกันเป็นกลุ่ม (ในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยสายนิวทรัล 1 เส้น และสายเส้นไฟฟ้าสัล 1 เส้น) และสายต้องมัดเข้าด้วยกันเพื่อป้องกันการเกิดกระแสไม่สมดุลเนื่องจากการเหนี่ยวน้ำ และป้องกันสายเคเบิลเคลื่อนตัวอย่างรุนแรงเมื่อกิจกรรมแสงสว่างจะ
- บนรางเคเบิลอนุญาตให้ต่อสายได้ แต่ต้องทำให้ถูกต้องตามวิธีการต่อสาย และจุดต่อสายห้ามสูงเหนือขอบรวม
- รางเคเบิลต้องต่อลงดิน แต่ห้ามใช้รางเคเบิลเป็นตัวนำแทนสายดิน



รูปที่ 3.20 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งาน

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- ชนิดและขนาดของสายไฟฟ้าต้องเป็นไปตามที่กำหนดในมาตรฐานฯ
- จำนวนสายไฟฟ้าต้องไม่เกินตามที่กำหนดในมาตรฐานฯ และต้องไม่วางสายไฟฟ้านอกเหนือจากที่กำหนดในมาตรฐานฯ
- การใช้สาย XLPE วางบนร่างที่ไม่มีฝาปิดภายในอาคาร จะต้องใช้สายชนิดต้านเปลวเพลิง
- ต้องมีการจัดกู่มิสายและมัดเข้าด้วยกันด้วย
- วางเคเบิลต้องมีความต่อเนื่องโดยตลอด
- การเดินผ่านผนังหรือพื้น ต้องมีการป้องกันไฟลุกalamด้วย

ตัวอย่างที่ 3.3 สายป้อน 3 เฟส 4 สาย จำนวน 2 วงจร ประกอบด้วยสาย NYY ชนิดแกนเดี่ยวขนาด 185 ตร.มม. ทั้งหมด วางบนร่างเคเบิลแบบบันได วางเรียงชิดติดกัน ต้องการกำหนดขนาดวางเคเบิล กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสาย NYY ขนาด 185 ตร.มม. = 28 มม

วิธีคำนวณ

สาย NYY ขนาด 185 ตร.มม. จำนวน 8 เส้น

ขนาดเล็กสุดของร่างเคเบิล = $8 \times 28 = 224$ มม.

แต่ในทางปฏิบัติจะต้องเพิ่อขนาดร่างเคเบิลไว้บ้างประมาณ 10-20% เพื่อให้วางสายได้สะดวก ดังนั้นขนาดร่างเคเบิลจึงไม่ควรเล็กกว่า $224 \times 1.2 = 268.8$ มม. เลือกขนาดร่างที่มีขนาดตามท้องตลาดคือ 300 มม.

3.5 การติดตั้งบัสเวย์หรือบัสดัก (Busways or Bus Duct)

บัสเวย์หรือบัสดักเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากผู้ผลิต ในการนำมาใช้งานจึงเป็นการนำมาติดตั้งเท่านั้นไม่ต้องมีการเดินสายไฟ ตัวนำจึงมีทั้งทองแดงและอะลูมิเนียม หุ้มด้วยชั้นนอกไฟฟ้า มีกัลลองหรือโครงโลหะหุ้มอีกชั้นเพื่อป้องกันทางกายภาพและป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า มาตรฐานการผลิตจึงเป็นไปตามแต่ละผู้ผลิต ปกติจะผลิตตาม IEC 61439-6 หรือ UL 857

การใช้งาน บัสเซย์หรือบล็อกจะใช้แทนสายไฟที่ขาดชำรุด เนื่องจากสายไฟที่ขาดชำรุดจะต้องตัดออกแล้วซ่อมแซม แต่เมื่อใช้บล็อกจะสามารถเปลี่ยนได้โดยไม่ต้องตัดสายไฟ ทำให้สะดวกและรวดเร็ว



รูปที่ 3.21 ตัวอย่างบัสเซย์แบบต่าง ๆ

ห้ามใช้ในกรณีดังต่อไปนี้

- บริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพอย่างรุนแรง หรือมีอิฐทำให้เกิดการผุกร่อน
- ในปล่องของ หรือปล่องลิฟต์
- ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้ในเรื่องบริเวณอันตรายว่าให้ใช้ได้
- กลางแจ้ง สถานที่ชื้น และสถานที่เปียก นอกจากจะเป็นชนิดที่ได้ออกแบบให้ใช้ได้สำหรับงานนั้น ๆ



รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งานบัสเวอร์

การติดตั้งใช้งาน

- บัสเวอร์หรือบัสสัดัก ต้องติดตั้งในที่เปิดเผยแพร ม่องเท็นได้ และสามารถเข้าถึงได้เพื่อการตรวจสอบและบำรุงรักษาตลอดความยาวทั้งหมด ยกเว้น ยอมให้บัสเวอร์ติดตั้งหลังที่กำบัง เช่น เทคนิคไฟเพดานได้โดยจะต้องมีทางเข้าถึงได้แล้วต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ทั้งหมด
 1. ไม่มีการติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินอยู่ที่บัสเวอร์ นอกจากเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับดวงโคม หรือโทรศัพท์อื่น ๆ เฉพาะจุด
 2. ซ่องว่างด้านหลังที่กำบังที่จะเข้าถึงได้ต้องไม่ใช้เป็นช่องลมปรับอากาศ (air-handling)
 3. บัสเวอร์ต้องเป็นชนิดปิดมิดชิด ไม่มีการระบายอากาศ
 4. จุดต่อระหว่างซ่องและเครื่องประภากับ ต้องเข้าถึงได้เพื่อการบำรุงรักษา
- บัสเวอร์ต้องยึดให้มั่นคงและแข็งแรง ระยะห่างระหว่างจุดจับยึดต้องไม่เกิน 1.50 ม. หรือตามการออกแบบของผู้ผลิตและที่ปลายของบัสเวอร์ต้องปิด
 - ในการต่อแยกบัสเวอร์ต้องใช้เครื่องประภากับที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ

- การลดขนาดของบัสเซย์ ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินเพิ่มเติม เพื่อสนับสนุนกับการลดขนาดสายไฟฟ้า มีข้อยกเว้นว่าไม่ต้องติดตั้งก็ได้เมื่อใช้งานอุตสาหกรรม โดยมีเงื่อนไขว่าบัสเซย์ที่เล็กลงมีขนาดกระแลนไม่น้อยกว่าหนึ่งในสามของขนาดกระแลนของบัสเซย์ตั้งทาง หรือหนึ่งในสามของขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่อยู่ต้นทางของบัสเซย์ชุดเดียวกัน และความยาวของบัสเซย์ที่เล็กลงนั้นไม่เกิน 15 ม.

- บัสเซย์ต้องติดตั้งไม่ให้มีผลกับบลูดูที่ติดไฟได้ง่าย
- การต่อแยกบัสเซย์ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินที่จุดต่อแยก เพื่อใช้ป้องกันวงจรที่ต่อแยกนั้น นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่นในรีวิวนั้น ๆ

- เปเลือกหุ้มที่เป็นโลหะของบัสเซย์ต้องต่องดิน
- อนุญาตให้ใช้เปเลือกหุ้มของบัสเซย์เป็นตัวนำสำหรับต่องดินได้ ถ้าบัสเซย์นั้นได้ออกแบบให้ใช้เปเลือกหุ้มเป็นตัวนำสำหรับต่องดิน โดยมีการรับรองจากผู้ผลิต

ขนาดกระแส บัสเซย์เป็นอุปกรณ์การเดินสายชนิดเดียวที่อนุญาตให้ใช้ขนาดกระแสตามที่กำหนดโดยผู้ผลิต คิดที่อุณหภูมิโดยรอบ 40°C

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

1. ชนิดของบัสเซย์ต้องเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ติดตั้ง
2. จุดต่อระหว่างหัวท่อนของบัสเซย์ต้องขันด้วยทอร์กตามที่ผู้ผลิตกำหนด
3. การเดินฝ่านผนังหรือพื้น ต้องมีการป้องกันไฟลุก Alam ด้วย
4. ต้องให้สามารถบำรุงรักษาได้โดยสะดวก โดยเฉพาะตรงจุดต่อ
5. ระวังน้ำหรือความชื้นเข้าระบบห่วงการติดตั้ง
6. การจับปืนดมมั่นคง แข็งแรง และได้ระดับ

3.6 ปัญหาการเดินสายไฟบ่อย

ต่อไปนี้เป็นข้อแนะนำสำหรับงานออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายหรือปัญหาในการใช้งาน ปัญหาที่มักพบบ่อยต่อไปนี้เป็นข้อที่ควรระวังดังนี้

1. ห้องโลหะมีความร้อนสูง ความร้อนของห้องจากแหล่งอุ่น เช่น การเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า หรืออุปกรณ์จักรกล เป็นต้น แต่ปัญหาความร้อนส่วนใหญ่เกิดจากกระแสไฟฟ้า มีสาเหตุจากการเดินสายไฟในห้องเดียวกันมีสายไฟฟ้าของวงจรเดียวกันไม่ครบถ้วนแล้ว เป็นผลให้ผลกระทบของเส้นแรงแม่เหล็กไม่เป็นศูนย์ เส้นแรงแม่เหล็กจะเหลือที่ยังไม่ได้มีกระแสไฟฟ้าไหลในห้องเดียวกันและเกิดความร้อนสูง ฉะนั้นของสายไฟฟ้าอาจร้อนจนชำรุดและเกิดลัดวงจรในที่สุด แนวทางการป้องกันคือ การเดินสายร้อยท่อโลหะโดยเฉพาะท่อเหล็ก ในแต่ละห้องต้องมีสายของวงจรเดียวกันครบถ้วนรวมทั้งสายนิวทรัล (สายศูนย์) และสายดิน (ถ้ามี)

2. กระแสไฟในสายไฟฟ้าแต่ละเส้นของเฟสเดียวกันไม่เท่ากัน ปัญหาที่พบมากคือสายไฟฟ้าที่เดินจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปยังแผงวงจร ซึ่งปกติจะใช้สายไฟฟ้าเฟสละสายเส้น (เดินสายควบ) วางบนรางเคเบิล หรือในรางเดินสาย บางครั้งพบว่าในสายไฟฟ้าของเฟสเดียวกัน มีกระแสไฟไหลแต่ละเส้นไม่เท่ากัน สายเส้นที่มีกระแสไฟไหลมากอาจ overload จนจนวนชำรุดได้

สาเหตุที่พบส่วนใหญ่เกิดจากสายไฟฟ้าแต่ละเส้นมี impedance ซึ่งประกอบด้วยค่าความต้านทานและ inductive reactance ไม่เท่ากัน

ความต้านทานไม่เท่ากันอาจเกิดจากใช้สายต่างชนิดกัน ขนาดไม่เท่ากัน หรือความยาวไม่เท่ากัน หรือจากการต่อสาย เช่น จุดต่อสายหลวง ใช้อุปกรณ์ต่อสายไม่ถูกต้อง ใช้วิธีการต่อสายไม่ถูกต้อง หรือใช้เครื่องมือไม่ถูกต้อง เป็นต้น

Inductive reactance ไม่เท่ากันสายโลหะมักเกิดจากการวางแผนสายไฟฟ้า การวางแผนที่ดีคือจะต้องวางแผนเป็นกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยสายของวงจรเดียวกันครบถ้วนทั้งสายนิวทรัลและสายดินด้วย (ถ้ามีสายดิน) การแก้ปัญหาจะต้องจัดวางสายใหม่

3. ใช้สาย XLPE ผิดลักษณะงาน สายไฟฟ้าทองแดงทั่มจนวน XLPE มีข้อดีที่ทนความร้อนและคงทนต่อการเผาไหม้ได้ดี มีอุณหภูมิใช้งาน 90°C จึงมีขนาดกระเส้นสูงกว่าสาย PVC แต่มีข้อควรระวังและอาจมีปัญหาในการใช้งานคือ

(1) การต่อสายเข้าอุปกรณ์ ความร้อนของสายจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่สายนี้ต่ออยู่ร้อนตามไปด้วยซึ่งอาจสูงเกินพิกัดอุณหภูมิของอุปกรณ์นั้น เป็นผลให้อุปกรณ์บางชนิดชำรุด เสื่อมสภาพเร็ว หรือทำงานผิดพลาด การหลีกเลี่ยงปัญหาทำได้หลายวิธี ตัวอย่างคือไม่ต่อสายเข้าอุปกรณ์โดยตรง เช่น ต่อสายเข้าบล๊อกก่อนเพื่อให้ระบบความร้อนก่อนเข้าอุปกรณ์ หรือเปลี่ยนสายช่วงเข้าอุปกรณ์ให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้อุณหภูมิของสายลดลง แต่ในนี้จะต้องระวังเรื่องการต่อสายด้วย หรือโดยการลดกระแสและให้เท่ากับสาย PVC เป็นต้น

(2) การเดินสายในท่ออลูมิเนียม PE หรือ PVC ซึ่งอุณหภูมิใช้งานไม่ถึง 90°C ปัญหาที่เกิดคือห้องร้อนและอ่อนตัว เสื่อมสภาพเร็ว เสื่อมความแข็งแรงที่ต้องการและอายุการใช้งานสั้นลง การแก้ไขจะต้องลดกระแสไฟฟ้าลง หรือเพิ่มขนาดสายไฟฟ้าให้ใหญ่ขึ้น หรือเปลี่ยนเป็นสาย PVC หรือเปลี่ยนเป็นเดินร้อยท่ออลูมิเนียม

(3) การเดินสาย XLPE รวมกับสาย PVC ในช่องเดินสายเดียวกัน ปัญหาจะเกิดเมื่อกระแสไฟ流เต็มพิกัด อุณหภูมิของสาย XLPE จะสูงถึง 90°C เมื่อสัมผัสกับสาย PVC จะทำให้อุณหภูมิของสาย PVC สูงตามไปด้วยและอาจเกินพิกัดของสาย จึงห้ามเดินสาย XLPE รวมกับสาย PVC ในช่องเดินสายเดียวกัน แต่ถ้าจำเป็นจะต้องลดขนาดกระแสของสาย XLPE ลงให้เท่ากับสาย PVC

4. จำนวนสายในห่อร้อยสายมากเกินไป การเดินสายร้อยท่อ มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ มีข้อกำหนดเรื่องจำนวนสายไฟฟ้าในห่อร้อยสายไว้แล้ว การเดินสายจำนวนมากเกินไปจะทำให้ร้อยสายไฟฟ้ายาก ต้องใช้แรงดึงสูง จนนาออาจชำรุดระหว่างการติดตั้ง และอีกปัญหาหนึ่งคือความสามารถในการระบายความร้อนของสายไฟฟ้าลดลงเป็นผลให้สายร้อนเกินกำหนดได้ถึงแม้กระแสไฟล์ไม่เกินพิกัดก็ตาม

5. จำนวนสายในรางเดินสายมากเกินไป เป็นปัญหาที่พบบ่อยเกิดใน 2 ลักษณะคือ

(1) พื้นที่หน้าตัดรวมวนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าเกินกว่าที่กำหนดในมาตรฐานฯ คือเกิน 20% ของพื้นที่หน้าตัดรวมเดินสาย เป็นผลให้ประสิทธิภาพของการระบายความร้อนลดลง สายไฟฟ้าอาจร้อนเกินพิกัดได้

(2) จำนวนสายไฟฟ้าเล็กที่มีกระแสไฟฟ้าเกิน 30 เลี้น และไม่มีการปั๊บลดขนาดกระแสของสายลงตามที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า (ตารางที่ 5-8) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในสายเดิมพิกัดอาจเป็นผลให้สายไฟฟ้าร้อนเกินได้

6. มีการต่อสายในห่อร้อยสาย การเดินสายในห่อร้อยถ้าต้องต่อสายจะต้องต่อในกล่องต่อสายหรือกล่องจุดต่อไฟฟ้าเท่านั้น ห้ามต่อสายในห่อ เพราะจุดต่อสายอาจชำรุดจากการลากสายโดยเฉพาะเปลี่ยนหัวที่ห้มจุดต่ออยู่ เป็นอันตรายทั้งจากไฟฟ้าดูดและไฟฟ้าดับ หรือไฟกระพริบซึ่งหาจุดที่ชำรุดยาก

7. อุปกรณ์การเดินสายขาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้า ในการเดินสายอุปกรณ์การเดินสายโลหะต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าและต่อลงดินด้วย ทำได้โดยการต่อฝากให้แต่ละหัวมีความต่อเนื่องกันทางไฟฟ้า และที่ปลายอุปกรณ์การเดินสายต่อฝากเข้ากับตู้หรือแผงสวิตช์ซึ่งตัวตู้หรือแผงนี้ได้มีการต่อลงดินไว้แล้ว การขาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่มักรบกวนได้แก่

(1) การเดินสายในห่อโลหะ การใช้กล่องต่อสายชนิดห่อโลหะและไม่มีการต่อฝากห่อร้อยสายให้ถูกกัน ห่อร้อยสายจึงขาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้า

ปลายห่อโลหะที่เดินห่อเข้ากล่องหรือแผงสวิตช์จะต่อฝากให้ถึงกันโดยใช้ข้อต่อแบบเมลเกลียว หรือถ้าเป็นห่อโลหะบางก็ให้แบบไม่มีเกลียว แต่จะต้องขันให้แน่น ถ้าไม่แน่นใจควรต่อฝากด้วยสายไฟฟ้า

(2) การเดินสายด้วยรางเดินสายหรือรางเคเบิล รางเดินสายหรือรางเคเบิลอาจขาดความต่อเนื่องระหว่างทางเนื่องจากการต่อไม่ดีพอ หรือจุดต่อหากลีวีแลบไม่ได้ขูดสีออก ถ้าไม่มั่นใจควรต่อฝากด้วยสายไฟฟ้า แต่ปัญหาที่พบมากคือที่ปลายรางไม่มีการต่อฝากเข้ากับแผงสวิตช์ทำให้ขาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้า

การขาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้าจะเป็นปัญหาเมื่อสายไฟฟ้าเกิดกระแสเริ่มลงอุปกรณ์เดินสายโลหะ กระแสที่ร่วงไปไม่สามารถไหลครบท่วงได้ หรือไฟกลดได้น้อยเนื่องจากมีความต้านทานสูง อุปกรณ์ป้องกันจะไม่ทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ เป็นอันตรายกับบุคคลที่ล้มผัสด้วย

8. กล่องต่อสายอยู่ในตำแหน่งที่เข้าไม่ถึง (บนฝ้าเพดาน) กล่องต่อสายหักจากใช้ล้ำหรับต่อสายแล้วยังเป็นจุดที่ใช้ดึงสาย และใช้เพื่อตรวจสอบว่าจรหรือจุดต่อสายเพื่อการบำรุงรักษาด้วยกล่องต่อสายจึงต้องอยู่ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้เพื่อให้สามารถทำการบำรุงรักษาได้ เช่น เปลี่ยนสายใหม่

ได้ รวมทั้งตรวจสอบจุดต่อสายได้ด้วย ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานฯ ในบางครั้งพบว่า มีการติดตั้งกอล์ฟต่อสายบนฝ้าเพดานทำແเน่งที่ไม่สามารถเข้าถึงได้เมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ ทำให้ไม่สามารถซ่อมบำรุงได้ หรือถ้าทำได้ก็ต้องรื้อส่วนของอาคารออก

9. ใช้หัวโลหะอ่อนผิดมาตรฐาน หัวโลหะอ่อนมีข้อจำกัดในการใช้งาน ตัวอย่างที่พบการใช้งานผิดมาตรฐานฯ มีดังนี้

(1) **ใช้งานผิดประเภท** หัวโลหะอ่อนใช้เพื่อเดินเข้าบวิภัณฑ์ไฟฟ้า (หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า) หรือกล่องต่อสาย แต่มักพบว่าใช้หัวโลหะอ่อนเพื่อการเดินสายแทนการเดินสายร้อยหัว เช่น วงบนฝ้าเพดาน หรือเป็นการเดินระหว่างทางหรือระหว่างกล่องต่อสายที่มีความยาวมาก ๆ

(2) **ใช้หัวโลหะอ่อนยาวเกินกำหนด** ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้ากำหนดให้หัวโลหะอ่อนต้องมีความยาวไม่เกิน 2.0 ม. การเดินสายเข้าอุปกรณ์ที่ใช้หัวโลหะอ่อนที่มีความยาวเกิน 2.0 ม. จึงผิดมาตรฐาน

(3) **ใช้ข้อต่อผิดประเภท** การต่อหัวโลหะอ่อนเข้ากับหัวโลหะหรือกล่องต่อสาย จะต้องใช้ข้อต่อที่ออกแบบโดยเฉพาะ การใช้ข้อต่อที่ใช้สำหรับหัวโลหะบางม้วนต่อหัวโลหะอ่อน จะทำให้การต่อไม่แน่นและอาจหลุดได้ภายในหลังการติดตั้งใช้งาน ทำให้ขาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้าระบบสายดินจะล้มเหลว

10. จุดต่อบลสเวย์ไม่แน่น การติดตั้งบลสเวย์หรือบลสตักจะต้องใช้อุปกรณ์ประกอบที่ผลิตมาโดยเฉพาะและปกติผู้ผลิตจะบอกวิธีการต่อที่ถูกต้องไว้ จุดต่อไม่แน่นเกิดจากการขันโบลต์ หรืออันตัดด้วยทอร์กที่ไม่เป็นไปตามที่ผู้ผลิตบลสเวย์กำหนด เป็นเหตุให้เกิดความร้อนสูงและจุดต่อชำรุดในที่สุด

11. การเดินสายบนรางเคเบิล

(1) **ใช้สายผิดประเภท** ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า กำหนดชนิดและขนาดของสายไฟฟ้าที่เดินบนรางเคเบิลไว้ ปัญหาที่พบเสมอคือใช้สายไฟฟ้านิดแกนเดียวไม่เปลี่ยนไปทางบานางเคเบิล หรือใช้สายแกนเดียวชนิดมีเปลือกที่มีขีขนาดเล็กกว่า 25 ตร.มม. วางบนรางเคเบิล ซึ่งผิดมาตรฐานฯ

(2) **การวางสายไม่เป็นไปตามที่กำหนด** การวางสายออกหนีจากที่กำหนดในมาตรฐานฯ จะมีปัญหาคือจะไม่สามารถกำหนดขนาดกระแพร่องสายไฟฟ้าได้ การวางสายจึงต้อง

เป็นไปตามที่กำหนดเท่านั้น การวางแผนที่พบปoyerคือวางแผนซ้ำกัน และจำนวนสายมากเกินกว่าที่กำหนด เป็นต้น

12. ต่อสายผิดวิธีหรือเลือกอุปกรณ์ต่อสายผิด การต่อสายไฟฟ้าไม่ว่าจะต่อระหว่างสายไฟฟ้าด้วยกันหรือเป็นการต่อเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องใช้อุปกรณ์การต่อสายที่ถูกต้องเหมาะสมสมบัญญาที่เพ็บคือเลือกอุปกรณ์ต่อสายหง่านิดและขนาดไม่ถูกต้อง และเลือกใช้เครื่องมือไม่ถูกต้องบัญญาที่เกิดคือจุดต่อหลวม เกิดความร้อนสูง และเป็นสาเหตุของการเกิดเพลิงไหม้ได้

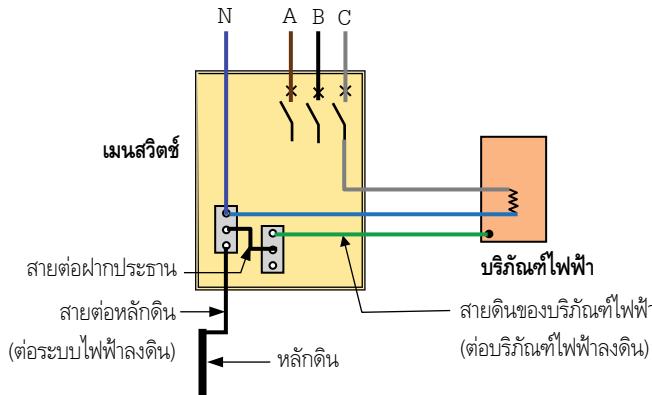
13. จุดต่อสายเข้าอุปกรณ์หลวม การต่อสายเข้าขั้วต่อสายของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หม้อแปลง มอเตอร์ และเซอร์วิคิเตเบรากे�อร์ จะต้องใช้หัวรอกที่เหมาะสมตามที่ผู้ผลิตกำหนด ไม่สามารถนำหัวรอกที่ไม่เหมาะสมมาใช้เป็นสายเหตุให้จุดต่อหลวมและเกิดความร้อนจนชำรุดได้สูง

14. ขนาดสายไฟฟ้าไม่สัมพันธ์กับอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน สายไฟฟ้าต้องมีขนาด
กระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ยกเว้นให้engรอมอเตอร์เท่านั้น ปัญหาที่พบเสมอ
คือใช้สายไฟฟ้าขนาดเล็กเกินไปไม่สัมพันธ์กับเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใช้ กรณีเกิด overload
มีกระแสไหลลุกลามขนาดกระเสื่องสายไฟฟ้า เครื่องป้องกันกระแสเกินอาจไม่ปลดวงจรสายไฟฟ้า
จะ overload (มีความร้อนสูงเกินพิกัด) อายุการใช้งานสั้นลงหรือชำรุดได้ในที่สุด

ถ้าเราเหตุหนึ่งคือข่านัดกรายแล้วของสายลดลงเนื่องจากจำนวนสายไฟฟ้าที่เดินรวมในท่อร้อยสายมากกว่า 1 กลุ่มวงจร แต่ไม่มีการคุณลดข่านัดกรายแล้วของสายไฟฟ้าลง ทำให้สายไฟฟ้า overload

บทที่ 4 การต่อลงดิน

การต่อลงดินคือการใช้ตัวนำไฟฟ้าต่อวงจรไฟฟ้าหรือบริวัณท์ไฟฟ้า (อุปกรณ์ไฟฟ้า) ลงดินโดยการต่อเข้ากับหลักดิน การต่อนี้ต้องเป็นการต่อแบบถาวร มั่นคง เชึ้งแรง และมีความต้านทานต่ำ



รูปที่ 4.1 ระบบการต่อลงดินสำหรับสายภายในอาคาร

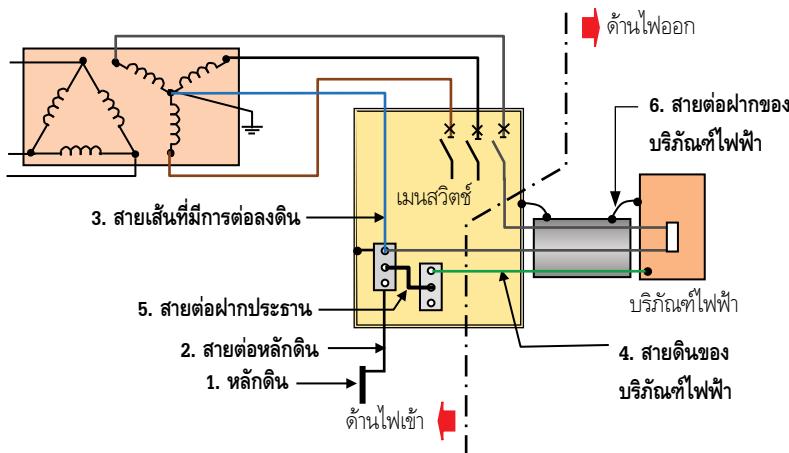
4.1 ชนิดของการต่อลงดิน

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าภายในอาคารแบ่งเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (system grounding) คือการต่อระบบหรือวงจรไฟฟ้าลงดิน โดยใช้สายต่อหลักดิน (ตัวนำไฟฟ้า) ต่อเข้ากับหลักดินหรือลิงท์ที่ทำหน้าที่แทนหลักดิน
2. การต่อลงดินของบริวัณท์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า (equipment grounding) คือการต่อลงดินของบริวัณท์ไฟฟ้าที่ต้องการต่อลงดิน ทำได้โดยการเดินสายดินจากบริวัณท์ไฟฟ้าไปต่อลงดินที่เมนสวิตช์โดยใช้หลักดินเดียวกันกับของระบบไฟฟ้า

4.2 ส่วนประกอบของระบบการต่อลงดิน

ระบบการต่อลงดินมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้



รูปที่ 4.2 ส่วนประกอบของระบบการต่อลงดิน

1. หลักดิน (grounding electrode)
2. สายต่อหลักดิน (grounding electrode conductor)
3. สายเลี้น์ที่มีการต่อลงดิน (grounded conductor)
4. สายดินของบริวัณฑ์ไฟฟ้า (equipment grounding conductor)
5. สายต่อฝากระบาน (main bonding jumper)
6. สายต่อฝากของบริวัณฑ์ไฟฟ้า (equipment bonding jumper) หรือสายต่อฝากด้านไฟฟอก

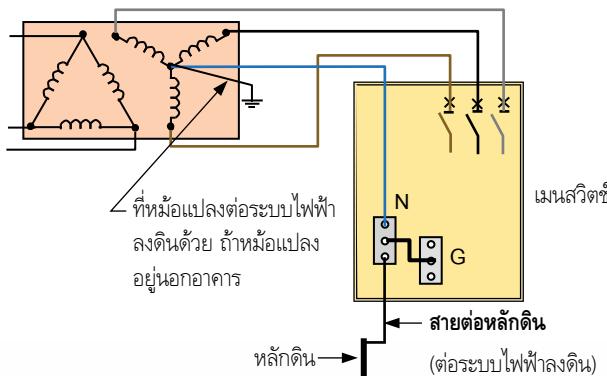
4.3 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้า

ระบบการต่อลงดินจะต้องต่อลงดินให้ระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้า ดังนี้

4.3.1 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า

1. วิธีการต่อลงดิน วงจรไฟฟ้าต้องต่อลงดินที่บริภัณฑ์ประชาน (เมนส์วิตช์) โดยการต่อสายคูนย์หรือสายนิวทรัลของวงจรไฟฟ้าลงดินโดยต่อเข้ากับหลักดิน และวงจรไฟฟ้าหลังจากบริภัณฑ์ประชานแห่งทั่วทั้งต่อลงดินอีก สถานที่ใช้ไฟฟ้าที่มีการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าที่ภายนอกอาคาร ที่หม้อแปลงไฟฟ้าต้องต่อระบบไฟฟ้าลงดินด้วยอิกจุดหนึ่ง (รูปที่ 4.3)

ที่เมนส์วิตช์จะต่อ尼วทรัลบาร์ (N) ลงดิน (รูปที่ 4.2) แต่เนื่องจากระบบไฟฟ้าทั่วไปกราวด์บาร์ (G) จะต่อเข้ากับ尼วทรัลบาร์อยู่แล้ว กรณีจะต่อจาก G ลงดินก็ได้



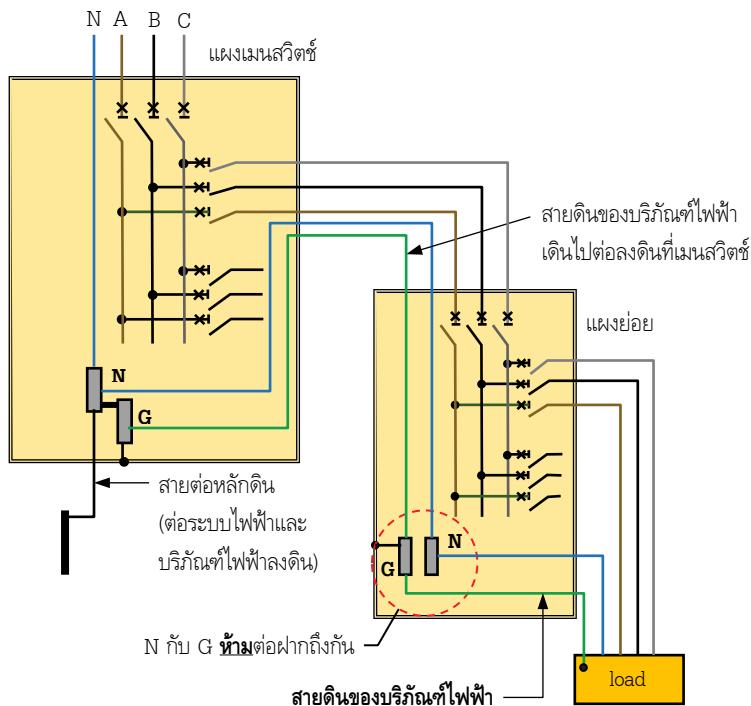
รูปที่ 4.3 วงจรการต่อลงดินของระบบไฟฟ้า

2. ระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน ระบบไฟฟ้าต่อไปนี้ห้ามต่อลงดิน

1. วงจรบันจันที่ใช้งานอยู่เหนือวัสดุเล่นในยาที่อาจลุกไหม้ได้ ซึ่งอยู่ในบริเวณอันตราย
2. วงจรในสถานดูแลสุขภาพ เช่น ในห้องผ่าตัดของโรงพยาบาล หรือ คลินิก

4.3.2 การต่อลงดินของบริวัณฑ์ไฟฟ้า

1. วิธีการต่อลงดิน การต่อลงดินทำได้โดยการเดินสายดิน (สายเขียว) ไปต่อลงดินที่บริวัณฑ์ประธานโดยใช้หลักดินเดียวกันกับข้องระบบไฟฟ้า (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.4 วงจรการต่อลงดินของบริวัณฑ์ไฟฟ้า

2. บริวัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน บริวัณฑ์ไฟฟ้าที่เมื่อเกิดไฟร้อนแล้วจะเป็นอันตรายต้องต่อลงดิน พอลสูปเป็นหลักการได้ดังนี้ (รายละเอียดเพิ่มเติมดูได้จากมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย)

- (1) เครื่องห่อหุ้มและ/หรือช่องเดินสายโลหะของสายตัวนำ
 - (2) บริภัณฑ์ไฟฟ้าชนิดยึดติดกับที่ หรือชนิดที่มีการเดินสายตัวนำ ส่วนที่เป็นโลหะที่เปิดโล่งและไม่ได้เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าของบริภัณฑ์ไฟฟ้าดังกล่าวต้องต่อลงดินเมื่อมีสภาพตามข้อได้ข้อหนึ่งดังต่อไปนี้
 - ห่างจากพื้นหรือโลหะที่ต่อลงดินไม่เกิน 2.4 เมตรในแนวตั้ง หรือ 1.5 เมตรในแนวระดับ และบุคคลอาจล้มพลัดได้โดยบังเอิญ
 - อุปกรณ์สถานที่เปียกหรือชื้น และไม่ได้มีการแยกอยู่ต่างหาก
 - มีการสัมผัสทางไฟฟ้ากับโลหะ
 - อุปกรณ์บริเวณอันตราย
 - รับไฟฟ้าจากสายชนิดหุ้มส่วนนำกระแสไฟฟ้าด้วยโลหะ (metal-clad, metal-sheath) หรือสายที่เดินในห่อสายโลหะ
 - บริภัณฑ์ไฟฟ้าประเภท I รับแรงดันเทียบกับดินเกิน 50 โวลต์
- (3) บริภัณฑ์ไฟฟ้าชนิดยึดติดกับที่ทุกขนาดแรงดัน ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งและไม่เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้า บริภัณฑ์ไฟฟ้าต่อไปนี้ต้องต่อลงดิน
 - โครงของแผงสวิตซ์
 - โครงของมอเตอร์ชนิดยึดติดกับที่
 - กล่องของเครื่องควบคุมมอเตอร์ ยกเว้นฝาครอบสวิตซ์ ปิด-เปิดที่มีฉนวนรองด้านใน
 - บริภัณฑ์ไฟฟ้าของลิฟต์และบันได
 - บริภัณฑ์ไฟฟ้าในจุดตรวจ โรงแรม โรงพยาบาล สถาานีวิทยุและโทรทัศน์
 - ป้ายที่ใช้ไฟฟ้ารวมทั้งอุปกรณ์ประกอบ
 - เครื่องจ่ายไฟฟ้า
 - เครื่องสูบน้ำที่ใช้มอเตอร์
- (4) บริภัณฑ์ซึ่งไม่ได้รับกระแสไฟฟ้าโดยตรง ส่วนที่เป็นโลหะของบริภัณฑ์ต่อไปนี้ต้องต่อลงดิน

- โครงและรางของปั๊นจันที่ใช้ไฟฟ้า
- โครงของตู้โดยสารลิฟต์ที่ไม่ได้ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าแต่มีสายไฟฟ้าติดอยู่
- ลาดลิฟต์ซึ่งใช้ยกของด้วยแรงคนและลวดลิฟต์ของลิฟต์ที่ใช้ไฟฟ้า
- ลิ้งกันที่เป็นโลหะ ร้าว หรือลิงห่อหุ้มของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีแรงดันระหว่างสายเลี้นไฟเกิน 1,000 โวลต์
- โครงสร้างโลหะที่ใช้ติดตั้งบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(5) บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีสายพร้อมเต้าเสียบ ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งของบริภัณฑ์ไฟฟ้าจะต้องต่อลงดินถ้ามีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

- ใช้ในบริเวณอันตราย
- ใช้แรงดันไฟฟ้าวัดเทียบกับเดือนกิน 150 โวลต์

ข้อยกเว้นที่ 1 มอเตอร์ที่มีการกัน

ข้อยกเว้นที่ 2 โครงโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้าทางความร้อน ซึ่งมีชนวนกันระหว่างโครงโลหะกับเดือนอย่างถาวร

ข้อยกเว้นที่ 3 บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ระบุว่าเป็นชนวน 2 ชั้นหรือเทียบเท่า ซึ่งมีเครื่องหมายแสดงชัดเจนว่าไม่ต้องต่อลงดิน

(6) เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในสถานที่อยู่อาศัยระบุว่าต้องต่อลงดิน (เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท I) ยกเว้น เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท II และเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท III

(7) เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้ในสถานที่อยู่อาศัยระบุว่าต้องต่อลงดิน

ข้อยกเว้นที่ 1 เครื่องมือและดวงคอมไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้ ที่อาจนำไปใช้ในที่เปียกหรือใช้ในบริเวณที่นำไฟฟ้าได้ไม่บังคับให้ต้องลงดินถ้ารับพลังไฟฟ้าจากหม้อแปลงนิรภัยที่ขาด漉ดด้านไฟออกมแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 50 โวลต์ และไม่ต่อลงดิน

ข้อยกเว้นที่ 2 เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท II และเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท III

4.4 ชนิดและขนาดสายดิน

4.4.1 สายต่อหลักดิน

- ชนิด ต้องเป็นตัวนำท่องเที่ยว ชนิดตัวนำได้รับอนุญาต เก็บภาษีรวมจำนวน และต้องเป็นตัวนำ เลี้ยงเดี่ยวรายต่อรายโดยไม่มีการต่อระหว่างทาง แต่ถ้าเป็นจุดที่ส่วนบุคคลที่กำหนดในมาตรฐานการคิดตั้งทางไฟฟ้า สามารถต่อได้ และถ้าเป็นบ้านร่วมอพยพให้ต่อได้
 - ขนาด กำหนดจากขนาดสายประปาและไฟ (สายเมนเข้าอาคาร) ตามตารางที่ 4.1 ขนาดสายไฟสูดคือ 95 ตร.มม.

4.4.2 สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

- 1. ชนิด** ต้องเป็นตัวนำทองแดงทุ่มจวนหรือเปลือย หรือเป็นเปลือกโลหะของสายเคเบิลชนิด AC, MI และ MC หรือโครงของบลัสด์ที่ระบุให้ร้าแท่นสายดินได้ หากเป็นตัวนำหุ้มจวน จะนวนต้องเป็นสีเขียวหรือเขียวແຄບเหลือง แต่ถ้ามีขนาดใหญ่กว่า 16 ตร.มม. ให้ทำเครื่องหมายให้เห็นได้ชัดเจนแทนที่ได้ ทุกบริเวณที่มีจุดต่อสายและทุกปลายสาย ดังนี้

 - (1) ทำให้จวนหรือเปลือกส่วนที่มองเห็นเป็นสีเขียว หรือเขียวແຄບเหลือง
 - (2) ระบุด้วยตัวอักษร PE, G หรือ E

2. ขนาด กำหนดจากตารางที่ 4.2 แต่ไม่จำเป็นต้องใหญ่กว่าสายไฟฟ้าของวงจรนั้น เช่น สายวงจรขนาด 1.5 ตร.มม. สายดินก็ไม่ต้องใหญ่กว่า 1.5 ตร.มม. ถึงแม้ว่าขนาดเล็กสุดในตารางที่ 4.2 จะเป็นขนาด 2.5 ตร.มม. ก็ตาม

 - (1) **ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า** กำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรนั้น ตามตารางที่ 4.2
 - (2) **ขนาดสายดินของมอเตอร์** กำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (overload relay) และเลือกขนาดสายดินจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ตามตารางที่ 4.2

4.4.3 สายต่อฝากประธาน

1. ชนิด เป็นสายทองแดงหรือบล๊าฟ

2. ขนาด กรณีเป็นสายไฟฟ้าจะทำหนดจากขนาดสายเมนที่เดินเข้าແ geg เมนส์วิตช์ตามตารางที่ 4.1 เช่นเดียวกับขนาดสายต่อหลักดิน แต่เมื่อเพิ่มเติมคือ ขนาดสายต่อฝากที่ทำหนดต้องมีขนาดพื้นที่หัวตัดไม่เล็กกว่า 12.5% ของขนาดสายเมนด้วย สายเมนที่เดินไฟส่องหลาຍเส้นให้รวมพื้นที่หัวตัดของสายทุกเส้นในไฟส์เดียวกันเข้าด้วยกัน การต่อฝากอาจใช้อุปกรณ์การเดินสายหรือสายไฟฟ้าก็ได้

สายต่อฝากด้านไฟเข้ากรณีสายประธานเดินในช่องเดินสายเดียวกันหรือเป็นเคเบิลเดียวกัน ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดของสายต่อหลักดินที่ได้ทำหนดไว้ในตารางที่ 4-1 ถ้าสายเส้นไฟของตัวนำประธานมีขนาดใหญ่กว่าที่ทำหนดไว้ในตารางที่ 4-1 ให้ใช้สายต่อฝากขนาดไม่เล็กกว่าร้อยละ 12.5 ของตัวนำประธานขนาดใหญ่ที่สุด กรณีเป็นการเดินสายควบให้คิดพื้นที่หัวตัดรวมของทุกสายเส้นไฟในไฟส์เดียวกัน

สายต่อฝากด้านไฟเข้ากรณีตัวนำประธานเดินควบในช่องเดินสายมากกว่า 1 ช่องเดินสายหรือเป็นสายเคเบิลมากกว่า 1 เส้น ขนาดสายต่อฝากของแต่ละช่องเดินสายหรือสายเคเบิล ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าที่ทำหนดในตารางที่ 4-1 แต่ต้องไม่เล็กกว่าร้อยละ 12.5 โดยคำนวณจากผลรวมของพื้นที่หัวตัดของสายเส้นไฟทุกเส้นในไฟส์เดียวกันของแต่ละช่องเดินสายหรือสายเคเบิล

ตารางที่ 4.1

ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาดตัวนำประisan (ตร.ม.m.)	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตร.ม.m.)
ไม่เกิน 35	10
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

ตารางที่ 4.2

ขนาดสายดินเล็กสุดของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

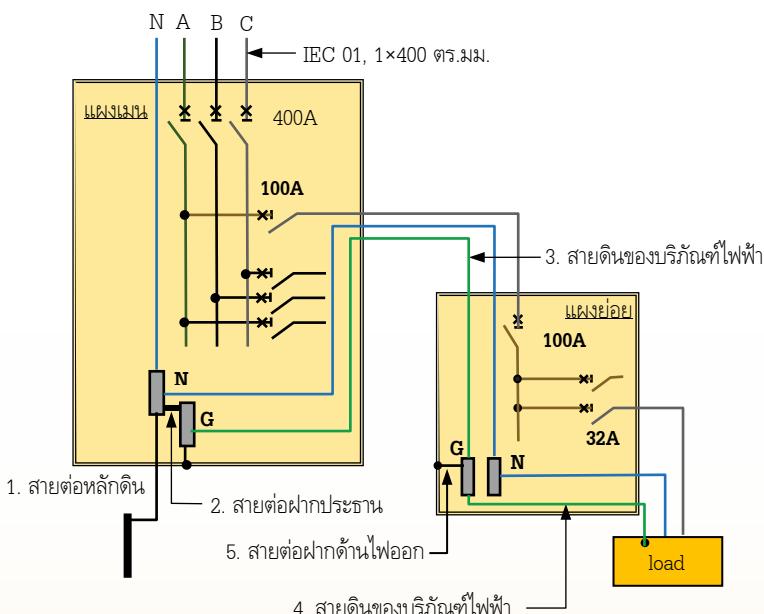
พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องปั๊มน้ำกระแสเกิน (A)	ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตร.ม.m.)
20	2.5
40	4
70	6
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

4.4.4 สายต่อฝากรของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

1. ชนิด เป็นสายทองแดงหรือบัลบาร์
2. ขนาด กำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของจริงนั้น ๆ ตามตารางที่ 4.2 การต่อฝากอาจใช้อุปกรณ์การเดินสายก็ได้

ตัวอย่างที่ 4.1 จากวงจรในรูปที่แสดง จงกำหนดขนาดสายดินต่อไปนี้

1. สายต่อหลักดิน
2. สายต่อฝากประธาน ระหว่าง N กับ G
3. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า จากแผงเมนเนจเม้นต์แบงย่อย
4. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า จากแผงย่อยถึงโหลด
5. สายต่อฝากของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ด้านไฟออก) ระหว่าง G กับตัวแบงย่อย



วิธีทำ

1. สายต่อหลักดิน

กำหนดจากตารางที่ 4.1 ขนาดสายเมนต่อเฟลคือ 400 ตร.มม.

ได้สายต่อหลักดินขนาด 70 ตร.มม.

2. สายต่อฝากประธาน ระหว่าง N กับ G

กำหนดจากตารางที่ 4.1 และต้องมีขนาดพื้นที่หน้าตัดไมเล็กกว่า 12.5% ของขนาดสายเมน

ตารางที่ 4.1 ได้สายขนาด 70 ตร.มม.

$$12.5\% \text{ ของสายเมน} = 400 \times (12.5/100) = 50 \text{ ตร.มม.}$$

เลือกใช้ขนาดที่ใหญ่กว่าคือขนาด 70 ตร.มม.

3. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า จากแผงเมนถึงแผงย่อย

กำหนดจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 100A ตามตารางที่ 4.2

ได้สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าขนาด 10 ตร.มม.

4. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า จากแผงย่อยถึงโอลด์

กำหนดจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 32A ตามตารางที่ 4.2

ได้สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าขนาด 4 ตร.มม.

5. สายต่อฝากด้านไฟออก ระหว่าง G กับตัวแผงย่อย

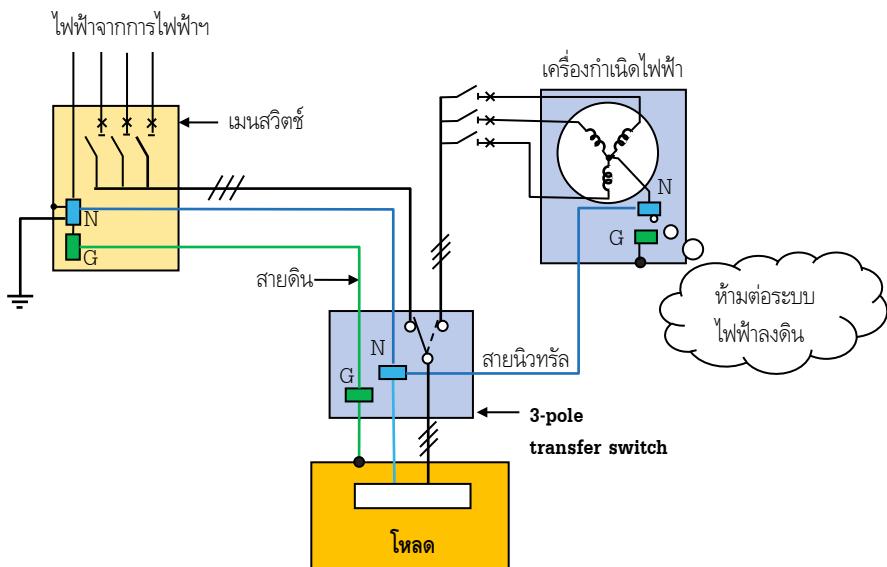
กำหนดจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 100A ตามตารางที่ 4.2

ได้สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าขนาด 10 ตร.มม.

4.5 การต่อลงดินของระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย

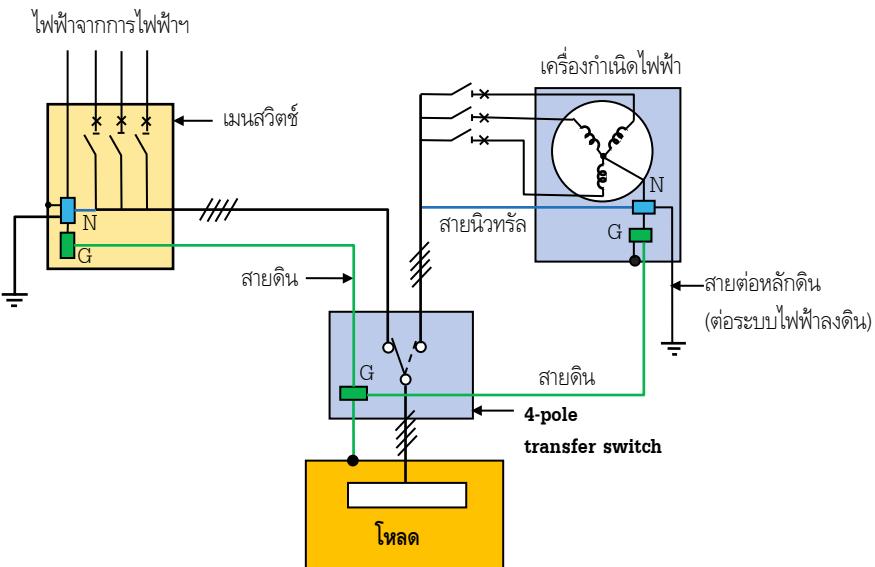
สถานที่ใช้ไฟที่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องต่อลงดินด้วย วิธีการต่อลงดินแบ่งตามชนิดของ transfer switch ที่ใช้ว่าเป็นชนิดตัด 3 เส้น (3P หรือ 3 ขั้ว) หรือ 4 เส้น (4P หรือ 4 ขั้ว) ตามที่แสดงในรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6

ในรูปที่ 4.5 transfer switch เป็นชนิดตัด 3 เลี้น ระบบไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต่อลงดินร่วมกับของการไฟฟ้า โดยใช้หลักดินร่วมกัน และที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าห้ามต่อระบบไฟฟ้าลงดินอีก ระบบนี้ไม่ถือเป็นระบบจ่ายไฟแยกต่างหาก



รูปที่ 4.5 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าเมื่อใช้ Transfer switch ชนิด 3 ขั้ว

ในรูปที่ 4.6 transfer switch เป็นชนิดตัด 4 เลี้น ระบบไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต่อลงดินโดยใช้ถ่ายไฟฟ้าต่อลงหลักดินที่ติดตั้งแยกต่างหากจากการไฟฟ้า ระบบนี้จัดเป็นระบบจ่ายไฟแยกต่างหาก



รูปที่ 4.6 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าเมื่อใช้ Transfer switch ชนิด 4 ขั้ว

4.6 หลักดินและความต้านทานการต่อลงดิน

4.6.1 ชนิดของหลักดิน มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย กำหนดชนิดของหลักดินไว้ดังนี้

- 1. หลักดินแนวตั้ง** ถ้าเป็นหลักดินหุ้มทองแดงและชุบทองแดง ต้องเป็นไปตาม มอก. 3024-2563 เล่ม 2 หรือตามมาตรฐานของการไฟฟ้า
- 2. หลักดินแบบแผ่น** แผ่นตัวนำชนิดป้องกันการผุกร่อนที่มีพื้นผิวล้มผสกน্ঠดินไม่น้อยกว่า 0.18 ตร.ม. ในกรณีที่เป็นหลักดินโลหะชนิดกันการผุกร่อนต้องหนาไม่น้อยกว่า 6 มม. หากเป็นโลหะกันการผุกร่อนชนิดอื่นที่ไม่ใช่เหล็กต้องหนาไม่น้อยกว่า 1.50 มม.

3. หลักดินแบบวงแหวน หลักดินแบบวงแหวนที่ผังอยู่รอบอาคารหรือโครงสร้างและสัมผัสดินโดยตรง ประกอบด้วยตัวนำทางเดงเพลสิอยยาไม่น้อยกว่า 6.0 ม. ขนาดไม่เล็กกว่า 35 ตร.มม.

4. โครงสร้างโลหะในพื้นดิน โครงสร้างโลหะชุดเดียวหรือหลายชุดในพื้นดินที่สัมผัสโดยตรงกับพื้นดินตามแนวตั้ง มีความยาวตั้งแต่ 3.0 ม. ขึ้นไป ซึ่งอาจมีองค์กรีตทุ่มหรือไม่ทุ่มก็ได้ กรณีที่มีโครงสร้างอาคารที่เป็นโลหะในพื้นดินอยู่แล้วชุด อนุญาตให้ต่อฝากโลหะเพียงชุดเดียว ชุดหนึ่งเข้ากับระบบการต่อลงดินได้

5. หลักดินที่หุ้มด้วยคอนกรีต หลักดินที่หุ้มด้วยคอนกรีต มีความยาวอย่างน้อย 6.0 ม. ตามข้อ (1) หรือ (2) ต่อไปนี้

(1) แห่งเหล็กชุบสังกะสี หรือหลักดินเสริมเหล็กเคลือบด้วยตัวนำทางไฟฟ้าขนาด เล็กผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 13 มม. ติดตั้งที่ความยาวต่อเนื่อง 6.0 ม. หรือใช้ชิ้นส่วนที่ต่อเข้าด้วยกันด้วยลวดผูกเหล็ก การเชื่อมติดด้วยความร้อน การเชื่อม หรือด้วยวิธีการอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดผลต่อความยาวตั้งแต่ 6.0 ม. ขึ้นไป

(2) ตัวนำทางเดงขนาดไม่น้อยกว่า 25 ตร.มม. ส่วนที่เป็นโลหะต้องห่อหุ้มด้วย คอนกรีตอย่างน้อย 50 มม. และต้องวางในแนวราบภายในส่วนของฐานรากที่เป็นส่วนสัมผัสกับดินโดยตรง หรืออยู่ในโครงสร้างแข็งของอาคารที่เป็นส่วนสัมผัสกับดินโดยตรง และถ้าหลักดินที่หุ้มด้วยคอนกรีตหลายแห่งอยู่ในอาคารหรือโครงสร้าง อนุญาตให้ต่อเพียงชุดหนึ่งเข้ากับระบบการต่อลงดินได้

4.6.2 ความต้านทานการต่อลงดิน (Ground Resistance) ค่าความต้านทานการต่อลงดินต้องไม่เกิน 5 โอห์ม แต่สำหรับพื้นที่ที่ยากในการปฏิบัติและการไฟฟ้า เช่นชوب ยอมให้ค่าความต้านทานของหลักดินกับดินต้องไม่เกิน 25 โอห์ม หากทำการวัดแล้วยังมีค่าเกินให้ปักหลักดินเพิ่มอีก 1 แห่ง และต่อหลักดินทั้งหมดเข้าด้วยกัน

4.6.3 การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับแห่งหลักดิน แบ่งวิธีการต่อได้เป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือการต่อด้วย clamp และเชื่อมด้วยความร้อน

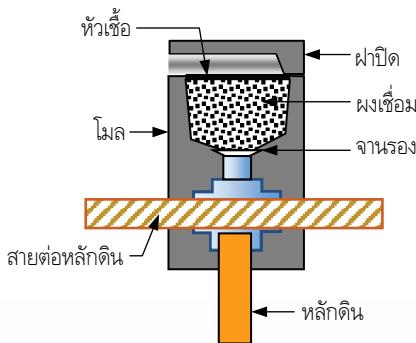
บทที่ 4 การต่อลงดิน

1. การต่อด้วย clamp ใช้ตัวต่อที่ผลิตสำเร็จรูปซึ่งมีรูปร่างคล้ายแบบทำการอุบเบบ วิธีนี้ทำงานสะดวกและรวดเร็วแต่มีข้อด้อยเรื่องความแข็งแรงและความคงทนในการใช้งาน



รูปที่ 4.7 ตัวอย่าง clamp สำหรับใช้ต่อสายต่อหลักดินกับหลักดิน

2. การต่อด้วยวิธีเชื่อมด้วยความร้อน (exothermic welding) วิธีนี้จะหลอมโลหะที่เป็นสายต่อหลักดินกับหลักดินให้ลลายติดเป็นเนื้อเดียวกัน มีความแข็งแรงและความคงทนในการใช้งานเดียวกับวิธีแรกมาก แต่ต้องใช้อุปกรณ์และเทคนิคในการเชื่อมบ้าง



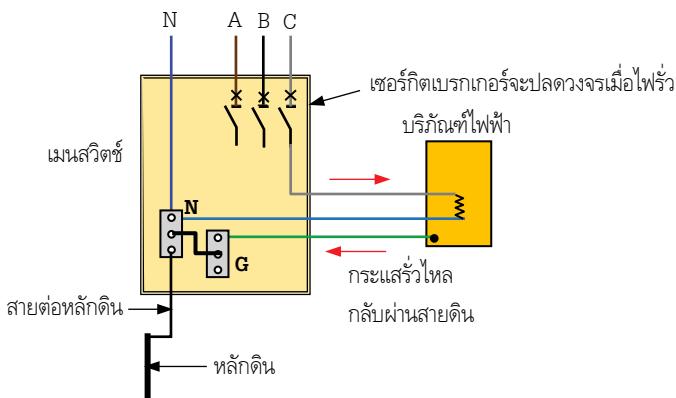
การประกอบโนลเพื่อทำการเชื่อม

ตัวอย่างที่เชื่อมเสร็จแล้ว

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างการต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดินโดยเชื่อมด้วยความร้อน

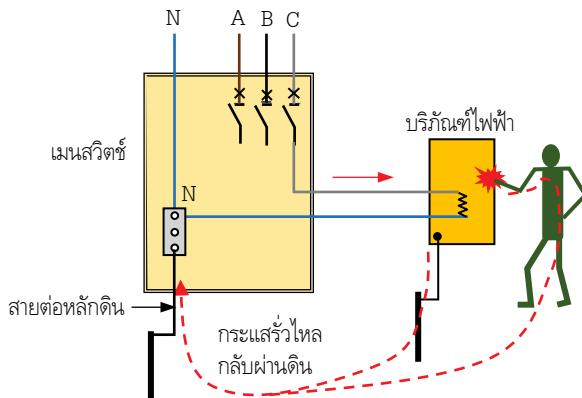
4.7 ข้อควรระวังเรื่องการต่อลงดิน

1. การต่อลงดินโดยไม่เดินสายดิน เป็นวิธีที่ผิด เนื่องจากมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้ากำหนดให้การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าต้องเดินสายดินไปต่อลงดินที่เมนลิฟต์ซึ่งตามที่แสดงในรูปที่ 4.9 เมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้ามีไฟรั่วลงที่เปลือกหรือโครงของบริภัณฑ์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะหลอกลับไปครุบวงจรโดยผ่านทางสายดินซึ่งมีความต้านทานต่ำ กระแสเจ็บไฟลุกสูงทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์จ่ายไฟให้เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นปลดวงจรอย่างรวดเร็ว ผู้สัมผัสบริภัณฑ์ไฟฟ้าก็จะปลดภัยตัวมีปุ่มคลายพยายามจะลับเซอร์กิตเบรกเกอร์จะปลดวงจรออก ระบบจะมีความปลอดภัยแต่ต้องมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาเป็นประจำด้วย

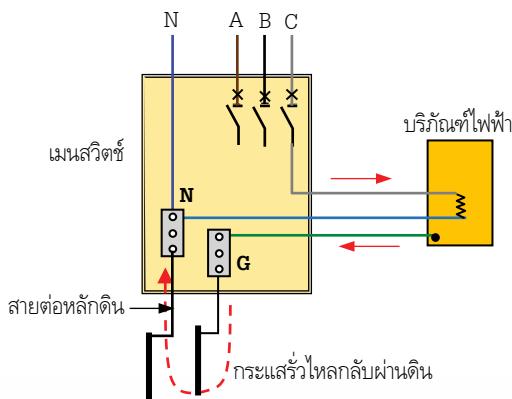


รูปที่ 4.9 วงจรการต่อลงดินที่ถูกต้อง

ในรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 เป็นการต่อลงดินที่ไม่ถูกต้อง เมื่อมีไฟรั่วลงที่เปลือกหรือโครงของบริภัณฑ์ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าจะหลอกลับไปครุบวงจรโดยผ่านทางดินซึ่งมีความต้านทานสูง กระแสไฟฟ้าจะไหลโน้มเบนผลให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่ปลดวงจรหรือปลดวงจรช้า ซึ่งเป็นอันตราย



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างการต่อลงดินที่ไม่ถูกต้อง
(ต่อจากเครื่องใช้ไฟฟ้าลงหลักดินโดยตรง)



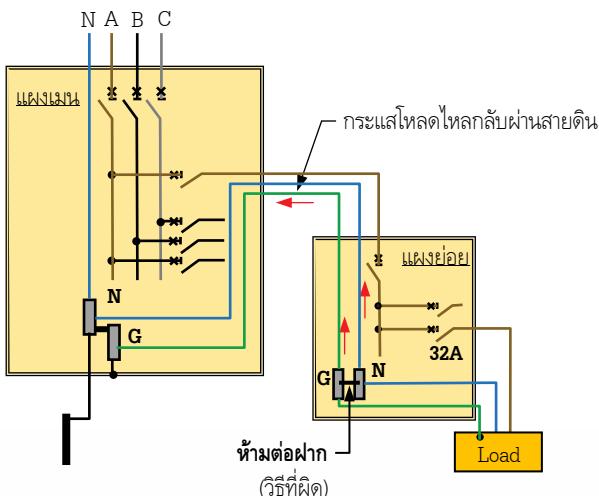
รูปที่ 4.11 ตัวอย่างการต่อลงดินที่ไม่ถูกต้อง
(ไม่มีการต่อฝาก N กับ G)

2. ต่อฝากบัสบาร์นิวทรัล (N) กับบัสบาร์กราวด์ (G) ที่แผงย่อย เป็นวิธีที่ผิด เพราะเป็นการเอาสายนำหัวหรัลต่อลงดินโดยผ่านทางสายดิน ตามที่แสดงในรูปที่ 4.12

ตามที่แสดงในรูปที่ 4.12 ที่ແຜງຢ່ອຍມີການຕ່ອ N ເຂັກັນ G ຈະເປັນການຕ່ອສາຍໝວກຮັດ
ຄວບກັບສາຍດິນ ເນື່ອຈາກທີ່ແຜງມັນສາຍທັງຄູນຕ່ອກໜອຢູ່ແລ້ວ ລົດຄົກຮະແລທີ່ໄລໃນສາຍໝວກຮັດ
ລະໄລໃນສາຍດິນດ້ວຍ ຕ້າສາຍດິນມີກະຮະໄລພົດທີ່ຕາມມາກື່ອ

(1) ກະຮະໄລທີ່ໄລໃນສາຍດິນຈາມກາຈນ overload ແລະ ທຳມະຊາດເປັນແຜລໍໃຫ້ຮັບການຕ່ອ
ລົດຕິນລັ້ມເຫລົວ (ເນື່ອຈາກສາຍດິນຈະມີຂັ້ນຕົວເລັກກ່າວສາຍໝວກຮັດ)

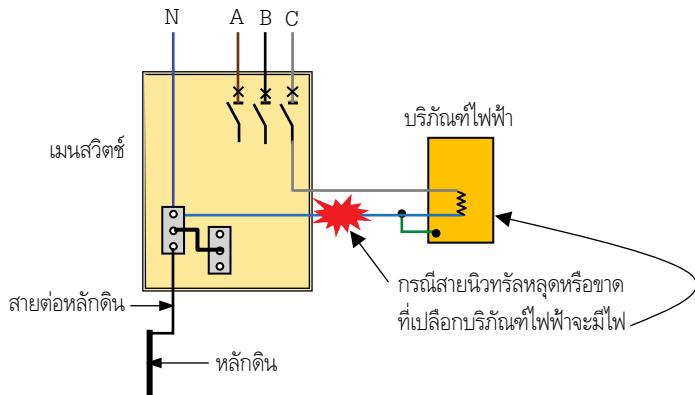
(2) ກະຮະໄລທີ່ໄລໃນສາຍດິນຈະເປັນພລໃຫ້ໃນສາຍດິນມີແຮງດັນໄຟຟ້າເນື່ອຈາກຄ່າ
impedance ຂອງສາຍໄຟຟ້າ ແລະ ສາຍດິນນີ້ຕ່ອງຢູ່ກັບເປົລືອກໂລຫະຂອງບວງກັນທີ່ໄຟຟ້າຈີ່ຈາກເປັນ
ອັນຕາຍຕ່ອງຜູ້ທີ່ລັ້ມຜັສບວງກັນທີ່ໄຟຟ້າ ຄວາມຮຸ້ນແຮງຂອງອັນຕາຍຂຶ້ນກັບຂັ້ນຕົວເລັກດັນໄຟຟ້າທີ່ເປົລືອກ
ຂອງບວງກັນທີ່ໄຟຟ້າ



ຮູບທີ່ 4.12 ການຕ່ອ N ເຂັກັນ G ທີ່ແຜງຢ່ອຍ

(ວິທີທີ່ຜິດ)

3. ใช้สายศูนย์แทนสายดิน เป็นวิธีที่ผิด เกิดจากความเข้าใจผิดที่ว่าสายนิวทรัลกับสายดินก็ต้องน้อยเหลวๆ ที่ແงเมນ ดังนั้นที่ไฟฟ้าก็จะใช้สายนิวทรัลแทนสายดินได้ด้วย ตามที่แสดงรูปที่ 4.13

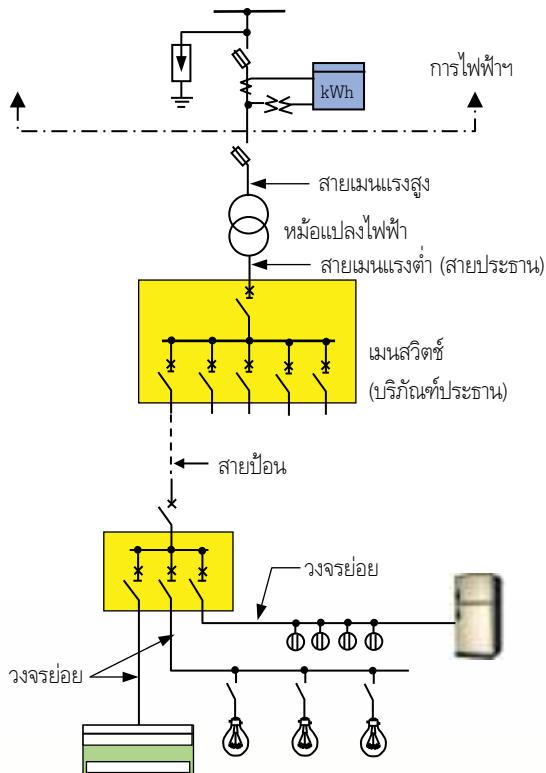


รูปที่ 4.13 การใช้สายนิวทรัลแทนสายดิน
(เป็นวิธีที่ผิด)

ในสภาพการใช้งานปกติจะไม่มีปัญหาหรืออันตรายใด ๆ แต่ถ้าสายนิวทรัลที่ตันทางหลุดหรือขาดระหว่างการใช้งาน ที่เปลือกโลหะของบริภัณฑ์ไฟฟ้าจะมีแรงดันโดยไม่ต้องมีไฟร่วงซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้สัมผัส

บทที่ 5 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า

การคำนวณโหลดทางไฟฟ้าเป็นการคำนวณเพื่อหาปริมาณไฟฟ้าในวงจร เริ่มตั้งแต่วงจรย่อย สายป้อน และโหลดรวมของสถานที่ใช้ไฟ ซึ่งก็สามารถกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินและสายไฟฟ้า รวมถึงหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย (ถ้ามี) ส่วนประกอบหลักของวงจรไฟฟ้าเป็นตามที่แสดงในรูปที่ 5.1 ลักษณะโหลดที่เป็นมอเตอร์ให้ดูรายละเอียดในเรื่องมอเตอร์ไฟฟ้า



รูปที่ 5.1 วงจรการจ่ายไฟทั่วไป

วงจรย่ออย หมายถึงตัวนำของวงจรระหว่างอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินจุดสุดท้ายกับจุดจ่ายไฟหรือจุดใช้ไฟ ระหว่างนั้นอาจมีสวิตซ์หรือ เครื่องปลดวงจร หรือเครื่องป้องกันที่ใช้เฉพาะตัวของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ แบ่งตามการออกแบบทั่วไปได้ดังนี้

- วงจรย่ออยแสงสว่าง
- วงจรย่ออยเตาร้อน
- วงจรย่ออยไฟฟ้า (โหลดเฉพาะตัว)
- วงจรย่ออยมอเตอร์

สายป้อน หมายถึงตัวนำของวงจรระหว่างบริภัณฑ์ประปาหกบัญชีกับอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินของวงจรย่ออยตัวสุดท้าย

สายป้อนจะนำไฟฟ้าที่จ่ายไฟให้กับวงจรย่ออยหรือสายป้อนด้วยกัน สายป้อนในวงจรไฟฟ้าจึงมีได้หลายช่วง

สายเมน หรือสายเมนเข้าอาคาร หรือตัวนำประปาหกบัญชีที่ต่อระหว่างเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้า กับบริภัณฑ์ประปา (ทั้งระบบแรงสูงและแรงต่ำ)

ในระบบแรงต่ำ สายเมนคือสายไฟฟ้า ที่ต่อจากเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าไปยังเมนสวิตซ์ (บริภัณฑ์ประปา)

ในระบบแรงสูง จะรวมถึงสายเมนแรงสูงจากการไฟฟ้าฯ ไปยังหม้อแปลงไฟฟ้า และสายเมนแรงต่ำที่ต่อจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปยังเมนสวิตซ์

การคำนวนโหลดทางไฟฟ้าแบ่งได้ดังนี้

1. โหลดทั่วไป
2. โหลดอาคารชุด
3. โหลดมอเตอร์ไฟฟ้า

ในบทนี้จะกล่าวเฉพาะโหลดทั่วไป และโหลดอาคารชุด สำหรับโหลดมอเตอร์อยู่ในเรื่องมอเตอร์ไฟฟ้า

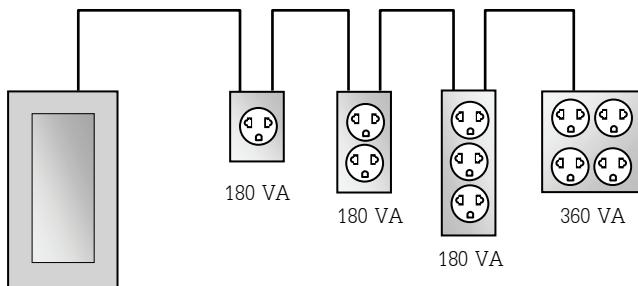
5.1 การคำนวณโหลดสำหรับท่อไป

5.1.1 การคำนวณวงจรย่อย การคำนวณโหลดในวงจรย่อย จะแบ่งโหลดออกเป็น 3 กลุ่ม และคำนวณดังนี้

1. โหลดแสงสว่าง คำนวนตามโหลดที่ติดตั้งจริงในวงจร
2. โหลดเต้ารับ แบ่งเป็น

- เต้ารับใช้งานท่อไป หมายถึงเต้ารับที่ติดตั้งโดยท่อไปในอาคารโดยยังไม่ทราบว่าจะใช้กับโหลดอะไร จึงเป็นการคิดโหลดเฉลี่ยคือโดยประมาณชุดละ 180 VA ห้องเต้ารับเดี่ยวๆ และ 3 เต้าสำหรับเต้ารับชนิด 4 เต้า คิดโหลดชุดละ 360 VA (รูปที่ 5.2)

- เต้ารับที่ทราบโหลดแน่นอนแล้ว เช่น เต้ารับสำหรับเครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าว และตู้เย็น เป็นต้น ให้ใช้ขนาดโหลดตามขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น



รูปที่ 5.2 โหลดของเต้ารับใช้งานท่อไป

3. โหลดอื่น ๆ คิดโหลดที่ต่อใช้งานอย่างถาวรจากวงจรนั้น เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องปรับอากาศ และเครื่องจักร เป็นต้น ขนาดโหลดคิดตามขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น
- ขนาดของวงจรย่อยกำหนดเป็น ampere แต่ในการคำนวณจะนิยมทำเป็น VA เพื่อความสะดวกในการรวมโหลดเข้าด้วยกัน ดังนี้

ระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย แรงดัน 230 V

$$VA = V \times I$$

ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย แรงดัน 230/400 V

$$VA = \sqrt{3}V \times I$$

1. การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย ต้องไม่ต่ำกว่าผลรวมของโหลดที่คำนวณได้

เครื่องป้องกันกระแสเกินที่นิยมใช้คือเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดของวงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่างที่มิاميใช้แล้วเป็นไปตามขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ตาม IEC ได้แก่ 16, 20, 25, 32, 40, 50 A ขนาดที่ใหญ่กว่านี้จะใช้กับโหลดเฉพาะตัว

2. การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย และไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม.

ตัวอย่างที่ 5.1 วงจรย่อยแสงสว่างวงหนึ่งจ่ายไฟให้โหลด fluorescent กำหนดให้กระแสหลอดละ 0.4 A จำนวน 10 หลอด ต้องการกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสและสายไฟฟ้ากำหนดให้สายไฟฟ้าเป็นชนิด IEC 01 เดินร้อยท่อโลหะเกาะผัง

วิธีทำ

$$\text{โหลดแสงสว่าง} = 10 \times 0.4 = 4 \text{ A}$$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 16 A

ตารางที่ 5-20 (ภาคผนวก A) สาย IEC 01 เดินร้อยท่อเกาะผังขนาด 2.5 ตร.มม. (21 A)

หมายเหตุ สามารถใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์เล็กกว่า 16 A ก็ได้ แต่ต้องจำกัดขนาดสายไฟฟ้าตามข้อกำหนดของวงจรย่อยต้องไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม. การใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์เล็กกว่านี้จึงไม่มีผลให้สายไฟฟ้าเล็กลงได้ จึงเลือกใช้ขนาด 16 A ซึ่งมีข้อดีที่จะมีสำรองไว้สำหรับการเพิ่มโหลดในอนาคตได้ด้วย

3. การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วของวงจรย่อย เป็นการติดตั้งเพื่อป้องกันอันตรายต่อบุคคล จากไฟฟ้าดูด ดังนี้

(1) เครื่องตัดไฟรั่วในที่อยู่อาศัยและที่คล้ายคลึงกัน วงจรย่อยต่อไปนี้ นอกจากมีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าแล้ว ต้องมีการป้องกันโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่ว ขนาด I_{Δ_n} ไม่เกิน 30 mA เพิ่มเติมด้วย ได้แก่

- วงจรตัวรับในบิเวนห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ โรงพยาบาล ห้องครัว ห้องใต้ดิน
- วงจรตัวรับในบิเวน อ่างล้างชาม อ่างล้างมือ (บิเวนพื้นที่เคนเนอร์ที่มีการติดตั้งเต้ารับภายในระยะ 1.5 เมตร ห่างจากขอบด้านนอกของอ่าง)

- วงจรไฟฟ้าเพื่อใช้จ่ายภายนอกอาคาร และบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่อยู่ในตำแหน่งที่บุคคลล้มผ้าได้ทุกว่างจร

- วงจรตัวรับในบิเวนชั้นล่าง (ชั้น 1) รวมถึงในบิเวนที่อยู่ต่ำกว่าระดับผิวน้ำ
- วงจรย่อยสำหรับ เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องทำน้ำร้อน อ่างอาบน้ำ

หมายเหตุ ตำแหน่งที่บุคคลล้มผ้าได้ หมายถึงอยู่ห่างจากพื้นหรือโลหะที่ต่องดินไม่เกิน 2.4 m. ในแนวตั้ง หรือ 1.5 m. ในแนวระดับ และบุคคลสามารถเข้าถึงได้โดยไม่ต้องใช้แรง

(2) เครื่องตัดไฟรั่วในสถานประกอบการที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย วงจรย่อยต่อไปนี้ นอกจากมีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าแล้ว ต้องมีการป้องกันโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่ว ขนาด I_{Δ_n} ไม่เกิน 30 mA เพิ่มเติมด้วย ได้แก่

- วงจรย่อยสำหรับสระว่ายน้ำ อ่างอาบน้ำ ห้องน้ำร้อน (spa) อ่างน้ำอุ่น (hot tub) อ่างน้ำดูด ห้องน้ำร้อน และบริภัณฑ์อื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน

- วงจรย่อยสำหรับ เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องทำน้ำร้อน เครื่องทำน้ำเย็น เครื่องทำน้ำแข็ง ตู้แช่ เครื่องซักผ้า และบริภัณฑ์อื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน

- วงจรย่อยสำหรับตัวรับ ในบิเวนต่อไปนี้

(1) ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ ห้องครัว

(2) สถานที่ทำงานก่อสร้าง ซ่อมบำรุง บันดาดฟ้า อู่ซ่อมรถ

- (3) ท่าจอดเรือ ไปรษณีย์ สะพานปลาที่ทำการเกษตร พืชสวนและปลูกผัก
- (4) การแสดงเพื่อการพักผ่อนในที่สาธารณะกลางแจ้ง
- (5) งานแสดงหรืองานขายสินค้า ตลาดและที่คล้ายคลึงกัน
- (6) วงจรเตารับที่อยู่ชั้นล่าง (ชั้น 1) ชั้นใต้ดิน รวมถึงวงจรเตารับที่อยู่ต่ำกว่าระดับผิวดิน
 - วงจรไฟฟ้าเพื่อใช้จ่ายไฟภายในอาคาร และบริเวณที่ไฟฟ้าที่อยู่ในตำแหน่งที่บุคคลล้มเหลวได้ทุกวัสดุ ตัวอย่าง ตู้ ATM ตู้ซักผ้าหยุดเหรี้ยญ เป็นต้น

5.1.2 การคำนวณสายป้อน เป็นการคำนวนโหลดห้องหมุดที่ต่อเข้ากันในสายป้อนนั้น แต่เนื่องจากภาระไฟฟ้าอาจไม่พร้อมกัน ดังนั้นในการคำนวนจึงอนุญาตให้ใช้ดีಮานด์ไฟก่อเตอร์ได้ตามที่กำหนดในตารางที่ 5.1 ถึง 5.3 (ผู้ออกแบบอาจเลือกไม่ใช้ดีมานด์ไฟก่อเตอร์ได้)

เตารับอื่นที่ไม่ใช่เตารับใช้งานทั่วไปตามตารางที่ 5.2 ให้คิดโหลดจากเตารับตัวแรกที่มีขนาดโหลดสูงสุดบวกกับ 40% ของโหลดเตารับที่เหลือ

โหลดอื่นนอกเหนือจากที่กำหนดในตาราง ผู้ออกแบบสามารถกำหนดได้ตามความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง

เพื่อความสะดวกในการคำนวน จะรวมโหลดประเภทที่ใช้ดีมานด์ไฟก่อเตอร์เดียวกันไว้ด้วยกัน เมื่อปรับด้วยดีมานด์ไฟก่อเตอร์แล้วจึงนำมารวมกัน

1. การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน ต้องไม่ต่ำกว่าผลรวมของโหลดที่คำนวนได้เมื่อใช้ดีมานด์ไฟก่อเตอร์แล้ว สำหรับโหลดอื่นดีมานด์ไฟก่อเตอร์กำหนดตามสภาพการใช้งาน

2. การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า

(1) สายเส้นไฟ สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน และไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม.

(2) สายนิวทรัล ในระบบ 3 เฟส 4 สาย สายนิวทรัลจะต้องมีขนาดกระแสเพียงพอที่จะสามารถนำกระแสได้ และมีขนาดไม่เล็กกว่าสายดินของวงจรนั้น (การกำหนดขนาดสายดิน ดูรื่องการต่อลงดิน)

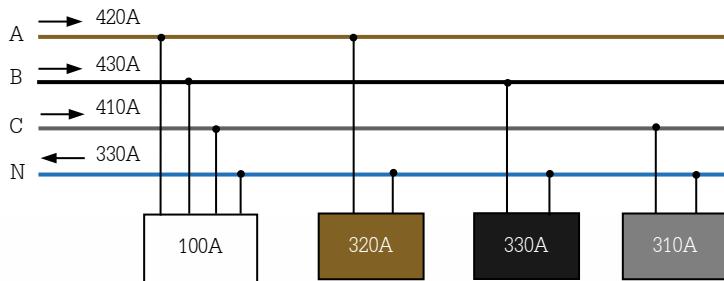
กระแสที่คาดว่าจะไหลในสายนิวทรัลคิดจากโหลด 1 เฟสของวงจร เลือกเฟสที่มากที่สุด เป็นกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุด และดำเนินการดังนี้

(1) กรณีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดไม่เกิน 200 A ขนาดกระแสของสายนิวทรัล ต้องไม่ต่ำกว่าโหลดไม่สมดุลนั้น

(2) กรณีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดเกิน 200 A ขนาดกระแสของสายนิวทรัล ต้องไม่ต่ำกว่า $200 A + 70\%$ ของส่วนที่เกิน 200 A

(3) ถ้าโหลดไม่สมดุลเป็นประนาบทหลอดดีสชาร์จ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือหลอดฮาโลเจน อุปกรณ์ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นที่ทำให้มีกระแสข้อมูลนิกส์ไหลในสายนิวทรัล สายนิวทรัลต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าโหลดไม่สมดุลนั้น

หมายเหตุ ในการวงจรอาจมีกระแสไฟไหลในสายนิวทรัลสูงกว่าสายลैนไฟได้ เช่น ใน data center เป็นต้น กรณีสายนิวทรัลอาจมีขนาดใหญ่กว่าสายลैนไฟได้



รูปที่ 5.3 แสดงกระแสสูงสุดที่คาดว่าจะไหลในสายนิวทรัล
(ใช้เพื่อกำหนดขนาดสายนิวทรัล)

จากรูปที่ 5.3 เป็นกราฟรวมของโหลด 3 เฟส และ 1 เฟส ของแต่ละเฟส กระแสสูงสุดที่คาดว่าจะไหลในสายนิวทรัลคิดจากโหลด 1 เฟส เลือกเฟสที่มากที่สุดคือ 330 A สายนิวทรัลต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 330 A แต่ถ้าโหลดไม่ใช่โหลดที่มีกระแสข้อมูลนิกเกิลขนาดกระแสของสายนิวทรัลสามารถลดลงได้ ดังนี้

ขนาดกระแสของสายนิวทรัลต้องไม่ต่ำกว่า $200 \text{ A} + 70\% \text{ ของส่วนที่เกิน } 200 \text{ A}$

$$\text{ขนาดกระแสของสายนิวทรัล} \geq 200 + (0.7 \times 130) \geq 291 \text{ A}$$

ตารางที่ 5.1 ดีಮานด์ไฟฟ้าเตอร์ของโหลดแสงสว่าง

ชนิดของอาคาร	ขนาดของไฟแสงสว่าง (VA)	ดีมานด์ไฟฟ้าเตอร์ (%)
ที่พักอาศัย	ไม่เกิน 3,000	100
	เกิน 3,000 แต่ไม่เกิน 120,000	35
	ส่วนที่เกิน 120,000	25
โรงเรม ร้านอาหาร ห้องชุดที่ไม่มีส่วนให้ผู้อยู่อาศัยประกอบอาหารได้ *	ไม่เกิน 20,000	60
	เกิน 20,000 แต่ไม่เกิน 100,000	50
	ส่วนที่เกิน 100,000	35
โรงเรียนพัสดุ	ไม่เกิน 12,500	100
	ส่วนที่เกิน 12,500	50
อาคารประเภทอื่น	ทุกขนาด	100

หมายเหตุ * ดีมานด์ไฟฟ้าเตอร์ตามตารางนี้ ห้ามใช้สำหรับโหลดแสงสว่างในสถานที่บ้านแห่งของโรงเรม ซึ่งบางขณะจะเป็นต้องใช้ไฟฟ้าแสงสว่างพร้อมกัน เช่น ห้องอาหารหรือห้องโถง เป็นต้น

ตารางที่ 5.2 ดีมานด์ไฟฟ้าเตอร์ของโหลดเด้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

โหลดของเด้ารับ (คิดโหลดเด้ารับละ 180 VA)	ดีมานด์ไฟฟ้าเตอร์ (%)
10 kVA แรก	100
ส่วนที่เกิน 10 kVA	50

ตารางที่ 5.3 ดีமานด์เฟกเตอร์ของโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

ชนิดของอาคาร	ประเภทโหลด	ดีมานด์เฟกเตอร์
1. อาคารที่อยู่อาศัย	เครื่องปั่นอาหาร	10 A + ร้อยละ 30 ของส่วนที่เกิน 10 A
	เครื่องทำน้ำร้อน (หรือน้ำอุ่น)	กระแสไฟฟ้านจิจงของสองตัวแรกที่ใช้งาน + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	100%
2. อาคารสำนักงาน และร้านค้า รวมถึง ห้างสรรพสินค้า	เครื่องปั่นอาหาร	กระแสไฟฟ้านจิจงของตัวที่ใหญ่ที่สุด + 80% ของตัวใหญ่รองลงมา + 60% ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องทำความร้อน	100% ของสองตัวแรกที่ใหญ่ที่สุด + 25% ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	100%
3. โรงเรียน และอาคาร ประเภทอื่น	เครื่องปั่นอาหาร	เหมือนข้อ 2
	เครื่องทำความร้อน	เหมือนข้อ 2
	เครื่องปรับอากาศประเภท แยกแต่ละห้อง	75%

ตัวอย่างที่ 5.2 สายป้อน 1 เฟส 2 สาย วงจรหนึ่งของอาคารที่พักอาศัย ประกอบด้วยโหลดตามที่แสดงในรูปข้างล่าง ต้องการกำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์และสายไฟฟ้า กำหนดให้ใช้สาย IEC 01 เดินร้อยท่อโลหะเกาบผนัง

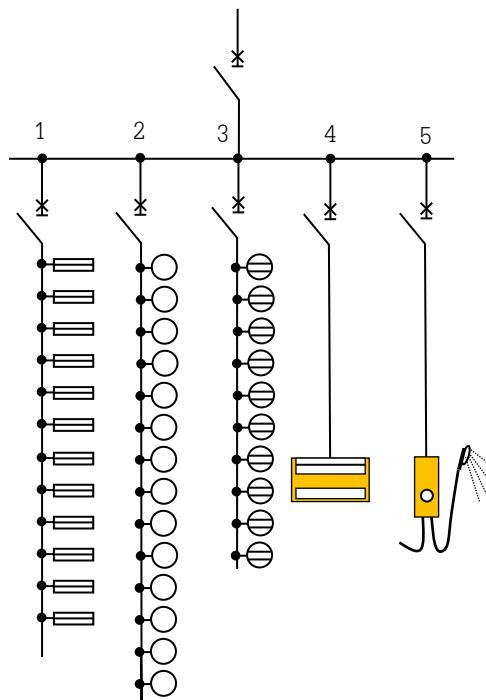
วงจรที่ 1 โหลดฟลูออโรเซนต์ขนาดซุ่ดละ 2×40 วัตต์ กระแสซุ่ดละ 0.4 A จำนวน 12 ชุด

วงจรที่ 2 โหลด LED กระแสซุ่ดละ 0.1 A จำนวน 14 หลอด

วงจรที่ 3 เตาอุ่นใช้งานทั่วไป จำนวน 10 ชุด

วงจรที่ 4 เครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 Btu, 1.5 kVA

วงจรที่ 5 เครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 3.3 kW



วิธีทำ

วงจรย่อยที่ 1 หลอดไฟลูอิโอเรสเซนต์ โอลด = $0.4 \times 12 \times 230 = 1,104 \text{ VA}$

วงจรย่อยที่ 2 หลอด LED โอลด = $0.1 \times 14 \times 230 = 322 \text{ A}$

วงจรย่อยที่ 3 เทารับใช้งานก่อไป โอลด = $180 \times 10 = 1,800 \text{ VA}$

วงจรย่อยที่ 4 เครื่องปรับอากาศ โอลด = $1,500 \text{ VA}$

วงจรย่อยที่ 5 เครื่องทำน้ำอุ่น โอลด = $3.3 \text{ kW} = 3,300 \text{ VA}$

หาโอลดรวม (แบ่งโอลดเป็นกลุ่มและใช้ค่ามานด์ไฟกเตอร์ตามที่กำหนดข้างต้น)

1. ไฟฟ้าแสงสว่าง

ค่ามานด์ไฟกเตอร์ ตารางที่ 5.1

ไฟฟ้าแสงสว่าง = $1,104 + 322 = 1,426 \text{ VA}$

โอลดเมื่อคิดค่ามานด์ไฟกเตอร์แล้ว = $1,426 \text{ VA}$ ($\text{ไม่เกิน } 3,000 \text{ VA}$ คิด 100%)

2. เครื่องรับเชื้rogue;งานทั่วไป

ดีมานด์ไฟเกตอร์ 100% (ตารางที่ 5.2 ใช้สำหรับสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย)

โหลดเมื่อคิดดีมานด์ไฟเกตอร์แล้ว = 1,800 VA

3. เครื่องปรับอากาศ

ดีมานด์ไฟเกตอร์ ตารางที่ 5.3 (100%)

โหลดเมื่อคิดดีมานด์ไฟเกตอร์แล้ว = 1,500 VA

4. เครื่องทำน้ำอุ่น

ดีมานด์ไฟเกตอร์ ตารางที่ 5.3 (100%)

โหลดเมื่อคิดดีมานด์ไฟเกตอร์แล้ว = 3,300 VA

โหลดรวม = $1,426 + 1,800 + 1,500 + 3,300 = 8,026$ VA

$$\text{เซอร์กิตเบรกเกอร์} = \frac{8026}{230} = 34.9 \text{ A}$$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 40 A

ตารางที่ 5-20, สายไฟฟ้าต้องมีขนาดสายและไม่ต่ำกว่า 40 A ใช้สาย IEC 01 ขนาด 10 ตร.มม. (50 A) เดินร้อยท่อภายใน

5.1.3 การคำนวนโหลดรวม เป็นการคำนวนหาโหลดทั้งหมดของอาคาร (หรือหม้อแปลง) การคำนวนดำเนินการเหมือนกับการคำนวนสายป้อนรวมทั้งใช้ดีมานด์ไฟเกตอร์ตารางเดียวกัน โหลดที่คำนวนได้จะนำไปกำหนดขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ กรณีที่โหลดมากกว่า ที่การไฟฟ้าฯ จะจ่ายด้วยไฟแรงต่ำได้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าเอง

1. การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินกำหนดจากขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามตารางที่ 5.4 (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง) หรือตารางที่ 5.5 (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

**ตารางที่ 5.4 พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุด
ตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)**

ขนาดเครื่องวัดหน่วย ไฟฟ้า (A)	พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแส เกิน (A)	โหลดสูงสุด (A)
5 (15)	16	10
15 (45)	50	30
30 (100)	100	75
50 (150)	125	100
200	200	150
	250	200
400	300	250
	400	300
	500	400

หมายเหตุ พิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินไม่คำนึงถึงที่กำหนดในตารางได้ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวนได้

ตารางที่ 5.5 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ ขนาดสายไฟฟ้า เชฟตีสวิตซ์ คัตเอาต์ และคาร์บริดจ์พิวส์ สำหรับตัวนำประisan และหัวรับไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ขนาดเครื่องวัดหน่วย ไฟฟ้า (A)	ขนาดตัวนำประisan เล็กที่สุดที่ยอมให้ใช้ได้ (ตร.ม.)		บริเวณที่ประisan					
	สาย อะลูมิเนียม	สาย ทองแดง	เชฟตีสวิตซ์หรือ ¹ โอลเดอร์สสวิตซ์		คัตเอาต์หรือกับบ์ คาร์บริดจ์พิวส์		เซอร์กิต เบรคเกอร์	
			ขนาด สวิตซ์ ต่ำสุด (A)	ขนาด พิวส์ สูงสุด (A)	ขนาด คัตเตอร์ ต่ำสุด (A)	ขนาด พิวส์ สูงสุด (A)	ขนาด ปรับตั้งสูงสุด (A)	
5 (15), 1P	10	4	30	16	20	16	16	
15 (45) 1P, 3P	25	10	60	50	-	-	50	
30 (100) 1P, 3P	50	35	100	100	-	-	100	
5(100) 1P, 3P	10	4	30	16	20	16	16	
	25	10	60	50	-	-	50	
	50	35	100	100	-	-	100	
200 3P (ประกอบ CT แรงต่ำ)	50	35	-	-	-	-	125	
	70	50	-	-	-	-	160	
	95	70	-	-	-	-	200	

หมายเหตุ 1) สำหรับตัวนำประisan ไม่อนาคตให้ใช้สายทองแดง

2) ขนาดสายในตารางนี้สำหรับวิธีการเดินสายโดยในอากาศวัสดุชนวนภายนอกอาคาร หากวิธีเดินสายแบบอื่นให้พิจารณาขนาดตัวนำประisanตามบทที่ 3 แต่หันนี้ ขนาดตัวนำประisanต้องรับกระแสไม่น้อยกว่าขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตาราง

3) เครื่องวัดฯ ขนาด 5(15), 15(45) และ 30(100) A เป็นเครื่องวัดฯ ชนิดจานหมุน

4) เครื่องวัดฯ ขนาด 5(100) A และ 200 ประกอบ CT แรงต่ำ เป็นเครื่องวัดฯ ชนิดอิเล็กทรอนิกส์

5) 1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เพส 2 สาย

3P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เพส 4 สาย

6) ขนาดตัวนำประisanตามตารางยังไม่ได้พิจารณาผลจากแรงดันแตก

7) ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ ขนาดสายไฟฟ้า เชฟตีสวิตซ์ คัตเอาต์ และคาร์บริดจ์พิวส์ สำหรับตัวนำประisan ให้อ้างอิงกับมาตรฐานปัจจุบันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

กรณีที่ต้องติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินจะกำหนดตามขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าคือไม่เกิน 1.0 เท่าของรายละเอียดด้านแรงต่ำของหม้อแปลง (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า)

2. การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า ปกติคือสายเมน (ตัวนำประisan) แบ่งเป็นระบบแรงต่ำและแรงสูง

(1) **สายเส้นไฟ** ในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวง สายเมนในระบบแรงต่ำต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน และต้องไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม. สำหรับระบบสายอากาศ และไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม. สำหรับระบบสายใต้ดิน

ในพื้นที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขนาดสายเมนเป็นไปตามตารางที่ 5.5 และอนุญาตให้ใช้สายอะลูมิเนียมได้

สายเมนแรงต่ำกรณีรับไฟแรงสูงและมีหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดสายเมนเป็นไปตามที่กำหนดในเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า

(2) **สายนิวทรอล** ขนาดสายนิวทรอลในระบบ 3 เฟส 4 สาย ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทุกข้อ ดังนี้

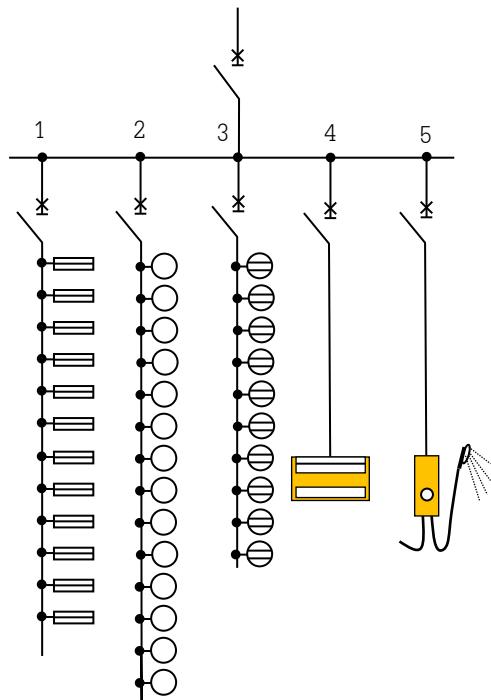
(1) มีขนาดกระแสเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่จะไปลงในสายนิวทรอลได้ เช่นเดียวกับของสายป้อน

(2) มีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายต่อหลักดิน ตามเรื่องการต่อลงดิน

(3) มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่เล็กกว่า 12.5% ของสายเมนเส้นเฟส กรณีเส้นเฟส มีสายเส้นควบกันการคิดพื้นที่หน้าตัดให้รวมสายทุกเส้นของเฟสเดียวกันเข้าด้วยกัน

หมายเหตุ กรณีเดินสายควบ จำนวนสายนิวทรอลควรเท่ากับจำนวนสายควบของแต่ละเฟส เพื่อให้สามารถจัดกลุ่มได้ถูกต้องเหมาะสม คือในแต่ละกลุ่มต้องมีสายครอบทุกเฟสรวมทั้งสายนิวทรอลด้วย

ตัวอย่างที่ 5.3 บ้านพักอาศัยหลังหนึ่งในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวง ประกอบโดยลดตามที่แสดงข้างล่าง ต้องการกำหนดขนาดเครื่องวัดฯ เมนส์วิตร์ และขนาดสายmen กำหนดให้สายไฟฟ้าเป็นชนิด IEC 01 เดินลอยในอากาศ



วิธีทำ

วงจรที่ 1 โหลดฟลูออเรสเซนต์ โหลด	= $0.4 \times 12 \times 230 = 1,104 \text{ VA}$
วงจรที่ 2 โหลด LED โหลด	= $0.1 \times 14 \times 230 = 322 \text{ A}$
วงจรที่ 3 เตารับใช้งานทั่วไป โหลด	= $180 \times 10 = 1,800 \text{ VA}$
วงจรที่ 4 เครื่องปรับอากาศ โหลด	= $6 \times 230 = 1,380 \text{ VA}$
วงจรที่ 5 เครื่องทำน้ำอุ่น โหลด	= $3.3 \text{ kW} = 3,300 \text{ VA}$

หลอดรวม

1. ไฟฟ้าแสงสว่าง

ดีمانด์ไฟเกเตอร์ ตารางที่ 5.1

$$\text{ไฟฟ้าแสงสว่าง} = 1,104 + 322 = 1,426 \text{ VA}$$

โอลด์เมื่อคิดดีمانด์ไฟเกเตอร์แล้ว = 1,426 VA (ไม่เกิน 3,000 VA คิด 100%)

2. เตาผัดใช้งานทั่วไป

ดีمانด์ไฟเกเตอร์ 100% (ตารางที่ 5.2 ใช้สำหรับสถานที่ไม่ใช่ห้องครัว)

$$\text{โอลด์เมื่อคิดดีمانด์ไฟเกเตอร์แล้ว} = 1,800 \text{ VA}$$

3. เครื่องปรับอากาศ

ดีمانด์ไฟเกเตอร์ ตารางที่ 5.3 (100%)

$$\text{โอลด์เมื่อคิดดีمانด์ไฟเกเตอร์แล้ว} = 1,380 \text{ VA}$$

4. เครื่องทำน้ำอุ่น

ดีمانด์ไฟเกเตอร์ ตารางที่ 5.3 (100%)

$$\text{โอลด์เมื่อคิดดีمانด์ไฟเกเตอร์แล้ว} = 3,300 \text{ VA}$$

$$\text{โอลด์รวม} = 1,426 + 1,800 + 1,380 + 3,300 = 7,906 \text{ VA}$$

$$\text{กระแสไฟลัด} = 7,906/230 = 34.4 \text{ A}$$

ตารางที่ 5.4 ได้เครื่องวัดขนาด 30(100) A

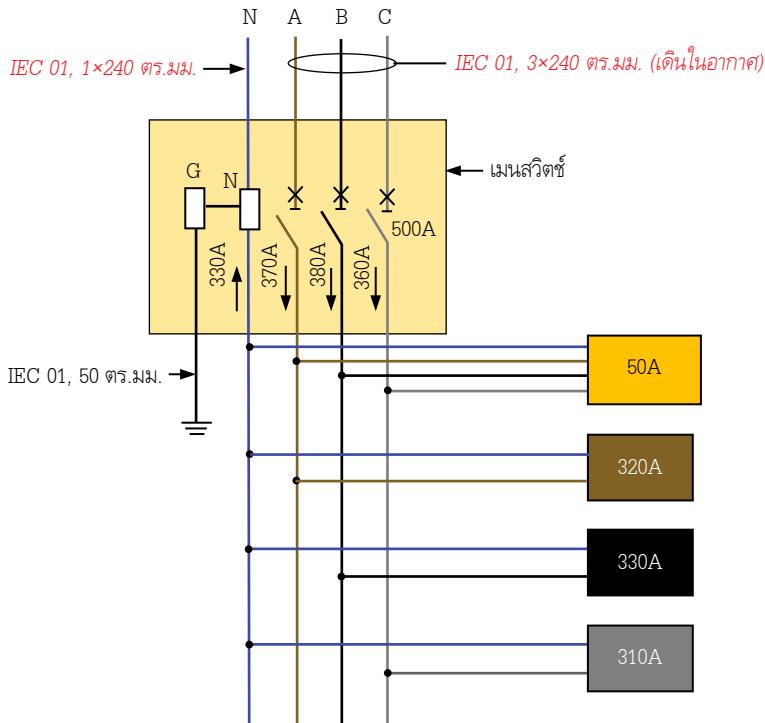
เมนส์วิตซ์, ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ไม่เกิน 100 A

ตารางที่ 5-22 (ภาคผนวก A) ขนาดสายmen เลือกจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ 100 A ได้

IEC 01 ขนาด 25 ตร.ม.m. (113 A)

หมายเหตุ หรือเลือกเมนส์วิตซ์ขนาดไม่เล็กกว่า 1.25 เท่าของกระแสไฟลัดคือ $\geq 1.25 \times 34.4 \geq 43 \text{ A}$ เลือกเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 63 A ก็ได้ ซึ่งขนาดสายmen จะเล็กลงเมื่อข้อดีที่ประทัยด้วย แต่ถ้าใช้เมนส์วิตซ์ขนาด 100 A จะมีข้อดีตรงที่จะมีไฟลือเพื่อไว้สำหรับการเพิ่มโอลด์ในอนาคตได้มาก

ตัวอย่างที่ 5.4 อาคารสำนักงานแห่งหนึ่งมีโหลดรวมของอาคารที่คิดดีมาเนอร์ແเกกເຕອຣ์แล้ว ตามที่แสดงในวงจร ต้องการกำหนดขนาดสายเมน กำหนดให้โหลดของวงจรเป็นชนิดที่มีเยาร์ມอนิกส์



วิธีทำ

ขนาดสายเมน ตารางที่ 5-22 (ภาคผนวก A) เมนเชอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 500 A
สายเมนเดินในอาคาร

สายสัมประสิทธิ์ได้สาย IEC 01 ขนาด 300 ตร.มม. (573 A)

ขนาดสายนิวทรัล จากข้อกำหนดการกำหนดเรื่องการกำหนดขนาดสาย เป็นดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 มีขนาดกระแสเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่จะไหลในสายนิวทรัล

ได้ (โหลดมีเยาร์มอนิกส์) สายนิวทรัลต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 330 A

ตารางที่ 5-22 ได้สาย IEC 01 ขนาด 150 ตร.มม. (365 A)

เงื่อนไขที่ 2 มีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายต่อหลักดิน ตามเรื่องการต่อลงดิน ตารางที่ 4-1 ขนาดสายmen 300 ตร.มม. ได้สายต่อหลักดิน ขนาด 50 ตร.มม. สายนิวทรัลต้องไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม.

เงื่อนไขที่ 3 ขนาดพื้นที่หน้าตู้ไม่เล็กกว่า 12.5% ของสายmenลันเฟส คือต้องไม่เล็กกว่า 12.5% ของ 300 ตร.มม. $\geq 12.5 \times 300/100 \geq 37.5$ ตร.มม. (ใช้สายขนาด 50 ตร.มม.) ขนาดสายนิวทรัล พิจารณาจากห้อง 3 เงื่อนไข เลือกขนาดใหญ่สุดคือ 150 ตร.มม. สูป ขนาดสายmenคือ IEC 01, ขนาด 3×300 ตร.มม., N 1×150 ตร.มม.

ตัวอย่างที่ 5.5 ต้องการกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง จากแบบไฟฟ้าเมืองไทยที่ยังไม่คิดดีمانด์ไฟกเตอร์ ดังนี้

1. ไฟฟ้าแสงสว่าง รวม 40 kVA
2. เต้ารับใช้งานทั่วไป รวม 12 kVA
3. เครื่องปรับอากาศประภากแยกแต่ละห้องรวม 25 kVA
4. เครื่องจักร รวม 350 kVA (กำหนดให้ใช้ดีمانด์ไฟกเตอร์ 80%)

วิธีทำ

1. ไฟฟ้าแสงสว่าง
ดีمانด์ไฟกเตอร์ ตารางที่ 5.1 อาคารประภากอื่น (100%) = 40 kVA
2. เต้ารับใช้งานทั่วไป
ดีمانด์ไฟกเตอร์ ตารางที่ 5.2 = $(10 + (2 \times 0.5)) = 11$ kVA
3. เครื่องปรับอากาศ
ดีمانด์ไฟกเตอร์ ตารางที่ 5.3 (75%) = $25 \times 0.75 = 18.75$ kVA
4. เครื่องจักร
ดีمانด์ไฟกเตอร์ 80% = $350 \times 0.8 = 280$ kVA

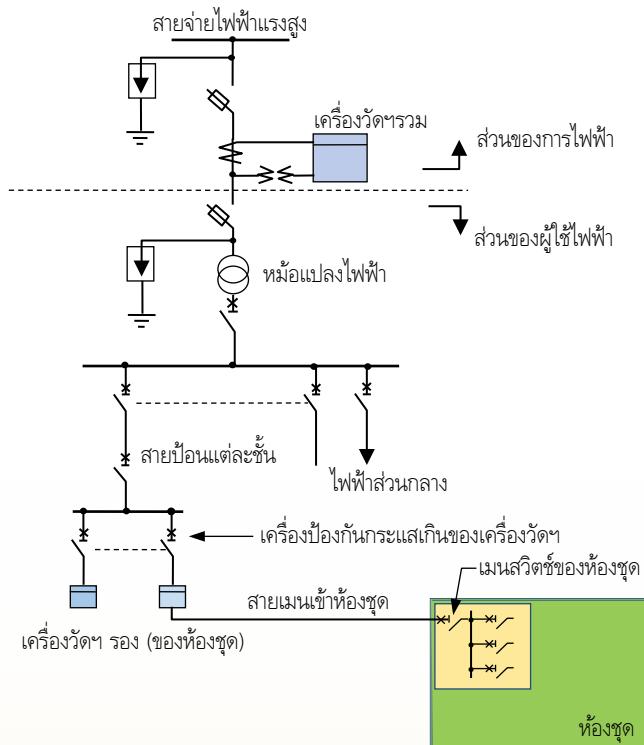
$$\text{แหล่งรวม} = 40 + 11 + 18.75 + 280 = 349.75 \text{ kVA}$$

เลือกให้หม้อแปลงขนาด 400 kVA

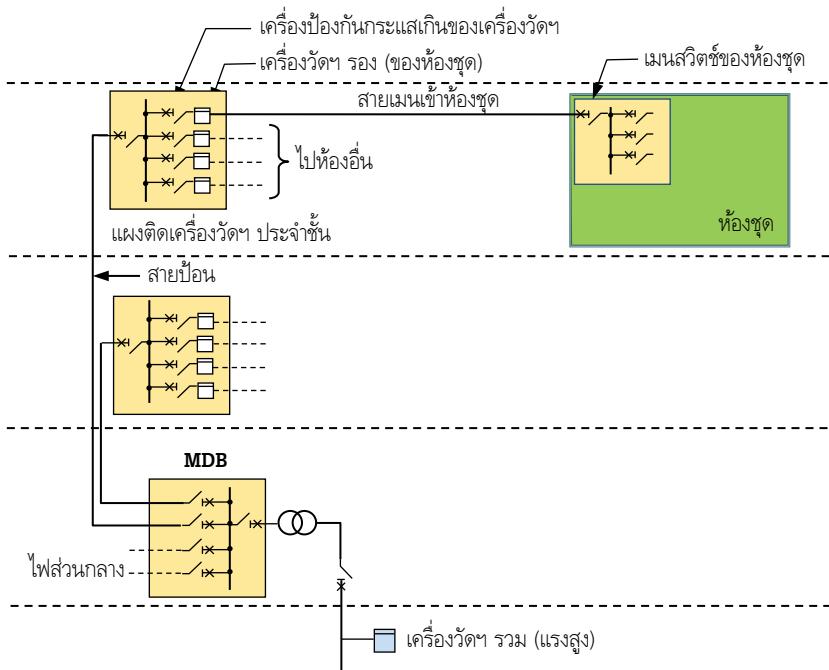
5.2 การคำนวณโหลดสำหรับอาคารชุด

อาคารชุดเป็นอาคารที่มีระบบการจ่ายไฟต่างจากอาคารทั่วไปเนื่องจากแต่ละห้องชุดจะมีผู้ถือกรรมสิทธิ์แยกจากกัน และเมื่อทรัพย์สินส่วนกลางที่เป็นกรรมสิทธิ์ร่วม จึงต้องมีการติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าสำหรับคิดค่าไฟแต่ละห้องชุดและเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้ารวมเพื่อวัดการใช้ไฟทั้งหมดของอาคาร ตัวอย่างของการจ่ายไฟเป็นไปตามที่แสดงในรูปที่ 5.4 และ 5.5

อาคารชุดที่ใช้ไฟฟ้าน้อยขนาดไม่เกินขนาดเครื่องวัดฯ แรงดันของไฟฟ้า ก็จะสามารถรับเป็นไฟแรงต่อได้ ซึ่งจะไม่ต้องติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 5.4 ระบบการจ่ายไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด



รูปที่ 5.5 ตัวอย่าง riser diagram ของอาคารชุด

5.2.1 โหลดของห้องชุด คำนวณโหลดตามประเภทของอาคารชุดดังนี้

1. ห้องชุดประเภทอยู่อาศัย ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง

(1) ห้องชุดที่มีพื้นที่ไม่เกิน 55 ตร.ม.

$$VA = 90 \times \text{พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม.} + 1,500$$

(2) ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 55 ตร.ม. แต่ไม่เกิน 180 ตร.ม.

$$VA = 90 \times \text{พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม.} + 3,000$$

(3) ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 180 ตร.ม.

$$VA = 90 \times \text{พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม.} + 6,000$$

2. ห้องชุดประเภทอยู่อาศัย มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง

(1) ห้องชุดที่มีพื้นที่ไม่เกิน 55 ตร.ม.

$$VA = 20 \times \text{พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม.} + 1,500$$

(2) ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 55 ตร.ม. แต่ไม่เกิน 180 ตร.ม.

$$VA = 20 \times \text{พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม.} + 3,000$$

(3) ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 180 ตร.ม.

$$VA = 20 \times \text{พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม.} + 6,000$$

3. ห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้า ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง

$$VA = 155 \times \text{พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม.}$$

4. ห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้า มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง

$$VA = 85 \times \text{พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม.}$$

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของห้องชุด เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า กำหนดขนาดตามพื้นที่ห้อง ตามตารางที่ 5.6 ถึง 5.9

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ต้องไม่ต่ำกว่าโคลดตีด้านวนได้แต่ไม่เกินที่กำหนดในตารางที่ 5.4 หรือ 5.5

ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของห้องชุด ที่ห้องชุดต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกิน (เมนลิวิตซ์ของห้องชุด) ขนาดไม่เกินขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของห้องชุดนั้น

ขนาดสายเมนเข้าห้องชุด ต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินของห้องชุด (เมนลิวิตซ์) และต้องไม่เล็กกว่า 6 ตร.มม.

ตัวอย่างที่ 5.6 ห้องชุดประแจทอยู่อาศัยไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง ขนาดพื้นที่ห้องละ 40 ตร.ม. ในพื้นที่ของภาระไฟฟ้านครหลวง จงดำเนินการ

1. โหลดของห้องชุดแต่ละห้อง
2. ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของห้องชุด
3. ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของห้องชุด
4. ขนาดสายเมเนเช่ห้องชุด กำหนดให้ใช้สาย IEC 01 เดินร้อยท่อโลหะกระแส

วิธีคำ

1. โหลดของห้องชุด

$$\begin{aligned} VA &= 90 \times \text{พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม.} + 1,500 \\ &= (90 \times 40) + 1,500 = 5,100 \text{ VA} \end{aligned}$$

2. ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของห้องชุด

ตารางที่ 5.6 ขนาดพื้นที่ไม่เกิน 55 ตร.ม. ได้เครื่องวัดฯ ขนาด 15(45)A, 1P

3. ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของห้องชุด

$$\text{เซอร์กิตเบรกเกอร์} = 5,100/230 = 22.17 \text{ A}$$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 32 A

หรือ เลือกจากตารางที่ 5.4 จะได้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 50 A

4. ขนาดสายเมเนเช่ห้องชุด

กำหนดจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 32 A

ตารางที่ 5-20 ได้สายขนาด 6 ตร.ม.m. (36 A)

หมายเหตุ ถ้ากำหนดจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 50 A จะได้สายขนาด 16 ตร.ม.m. (66 A)

ตารางที่ 5.6
ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย
(สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)	โหลดสูงสุดของ เครื่องวัดฯ (A)	ขนาดเครื่องวัดฯ
1	ไม่มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	55	30	15 (45) A 1P
		150	75	30 (100) A 1P
		180	100	50 (150) A 1P
		180	30	15 (45) A 3P
		483	75	30 (100) A 3P
		666	100	50 (150) A 3P
		1,400	200	200 A 3P
		2,866	400	400 A 3P
2	มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	35	10	5 (15) A 1P
		180	30	15 (45) A 1P
		525	75	30 (100) A 1P
		800	100	50 (150) A 1P
		690	30	15 (45) A 3P
		2,475	75	30 (100) A 3P
		3,000	100	50 (150) A 3P
		6,300	200	200 A 3P
		12,900	400	400 A 3P

หมายเหตุ 1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เพลส 2 สาย

3P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เพลส 4 สาย

**ตารางที่ 5.7 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่อ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย
(สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)**

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)	พิกัดสูงสุดของ เครื่องป้องกัน กระแสเกิน (A)	ขนาดเครื่องวัดฯ	
				จำนวน	อิเล็กทรอนิกส์
1	ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	55	50	15 (45) A 1P	5 (100) A 1P
		150	100	30 (100) A 1P	
		180	50	15 (45) A 3P	5 (100) A 3P
		483	100	30 (100) A 3P	
		666	125	-	200 A 3P ประกอบ CT และต่อ
		1,400	200	-	
2	มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	35	16	5 (15) A 1P	5 (100) A 1P
		180	50	15 (45) A 1P	
		525	100	30 (100) A 1P	
		690	50	15 (45) A 3P	5 (100) A 3P
		2,475	100	30 (100) A 3P	
		3,000	125	-	200 A 3P ประกอบ CT และต่อ
		6,300	200	-	

หมายเหตุ 1) 1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย

3P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย

2) ขนาดเครื่องวัดฯ ให้อ้างอิงจากมาตรฐานปัจจุบันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

**ตารางที่ 5.8 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงดันสำหรับห้องชุดประเภทสำนักงาน
หรือร้านค้าทั่วไป (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)**

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)	โหลดสูงสุดของ เครื่องวัดฯ (A)	ขนาดเครื่องวัดฯ
1	ไม่มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	40	30	15 (45) A 1P
		105	75	30 (100) A 1P
		140	100	50 (150) A 1P
		125	30	15 (45) A 3P
		320	75	30 (100) A 3P
		425	100	50 (150) A 3P
		850	200	200 A 3P
		1,700	400	400 A 3P
2	มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	80	30	15 (45) A 1P
		190	75	30 (100) A 1P
		260	100	50 (150) A 1P
		230	30	15 (45) A 3P
		580	75	30 (100) A 3P
		770	100	50 (150) A 3P
		1,550	200	200 A 3P
		3,100	400	400 A 3P

หมายเหตุ 1) 1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย

3P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย

2) ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5.8 นี้จะกำหนดขนาดของเครื่องวัดฯ
เป็นรายๆ ไป

**ตารางที่ 5.9 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ สำหรับห้องชุดประเภทสำนักงาน
หรือร้านค้าทั่วไป (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)**

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)	พิกัดสูงสุดของ เครื่องป้องกัน กระแสเกิน (A)	ขนาดเครื่องวัดฯ	
				จำนวน	อิเล็กทรอนิกส์
1	ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	40	50	15 (45) A 1P	5 (100) A 1P
		105	100	30 (100) A 1P	
		125	50	15 (45) A 3P	5 (100) A 3P
		320	100	30 (100) A 3P	
		425	125	-	200 A 3P ประกอบ CT แรงต่ำ
		850	200	-	
2	มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	80	50	15 (45) A 1P	5 (100) A 1P
		190	100	30 (100) A 1P	
		230	50	15 (45) A 3P	5 (100) A 3P
		580	100	30 (100) A 3P	
		770	125	-	200 A 3P ประกอบ CT แรงต่ำ
		1,550	200	-	

- หมายเหตุ**
- 1) 1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย 3P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย
 - 2) ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5.9 นี้จะกำหนดขนาดของเครื่องวัดฯ เป็นรายๆ ไป
 - 3) ขนาดเครื่องวัดฯ ให้อ้างอิงจากมาตรฐานปัจจุบันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

**5.2.2 โหลดสายป้อน คำนวนจากพลรวมของโหลดห้องชุดที่ต่อไปยังสายป้อน
นั้น โดยใช้ค่าโคลนนิเดนต์เฟกเตอร์ได้ตามประเภทของห้องชุด ตามตารางที่ 5.10 สำหรับห้องชุด
ประเภทอยู่อาศัย หรือ 5.11 สำหรับห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป การเรียงลำดับห้อง
ชุดให้เริ่มจากห้องที่มีโหลดสูงสุดก่อน**

ตารางที่ 5.10 ค่าโคลอินชีเดนต์เฟกเตอร์ สำหรับห้องชุดประเภทห้องชุดอยู่อาศัย

ลำดับห้องชุด	โคลอินชีเดนต์เฟกเตอร์
1-10	0.9
11-20	0.8
21-30	0.7
31-40	0.6
41 ขึ้นไป	0.5

หมายเหตุ ลำดับห้องชุดให้เริ่มจากห้องชุดที่มีโกลด์สูงสุดก่อน

ตารางที่ 5.11 ค่าโคลอินชีเดนต์เฟกเตอร์ สำหรับห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป

ลำดับห้องชุด	โคลอินชีเดนต์เฟกเตอร์
1-10	1.0
11 ขึ้นไป	0.85

หมายเหตุ ลำดับห้องชุดให้เริ่มจากห้องชุดที่มีโกลด์สูงสุดก่อน

1. การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่าโกลด์สายป้อนที่คำนวณได้
2. การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไฟฟ้าไม่ต่ำกว่าพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน

ตัวอย่างที่ 5.7 สายป้อนชุดหนึ่งของอาคารชุดในพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวง เป็นอาคารชุดประเภท อพาร์คิ่มเมร์ระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง จ่ายไฟให้ห้องชุดขนาดพื้นที่ห้องละ 40 ตร.ม. จำนวน 20 ห้อง และขนาดพื้นที่ห้องละ 100 ตร.ม. จำนวน 5 ห้อง รวม 25 ห้อง งำหนด

1. โหลดรวมของสายป้อน
2. ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของสายป้อน กำหนดให้จ่ายด้วยระบบ 3 เฟส 4 สาย 230/400 V
3. ขนาดสายไฟฟ้าของสายป้อน กำหนดให้ใช้สาย IEC 01 เดินร้อยท่อโลหะเกาะผนัง

วิธีคำ

$$\text{ห้องชุดพื้นที่ไม่เกิน } 55 \text{ ตร.ม. } VA = 90 \times \text{พื้นที่ห้องเป็น } \text{ ตร.ม.} + 1,500$$

$$\text{ห้องชุดขนาดพื้นที่ } 40 \text{ ตร.ม. } \text{ โหลด} = (90 \times 40) + 1,500 = 5,100 \text{ VA}$$

$$\text{ห้องชุดที่ไม่พื้นที่มากกว่า } 55 \text{ ตร.ม. } \text{ แต่ไม่เกิน } 180 \text{ ตร.ม. } VA = 90 \times \text{พื้นที่ห้องเป็น } \text{ ตร.ม.} + 3,000$$

$$\text{ห้องชุดขนาดพื้นที่ } 100 \text{ ตร.ม. } \text{ โหลด} = (90 \times 100) + 3,000 = 12,000 \text{ VA}$$

โหลดสายป้อนให้คำนวณโดยเด่นตามตารางที่ 5.10 เรียงลำดับจากห้องที่มีโหลดสูงสุด ก่อน (จำนวนห้องรวม 25 ห้อง)

$$\text{ห้องขนาดพื้นที่ } 100 \text{ ตร.ม. } \text{ โหลดห้องละ } 12,000 \text{ VA } \text{ จำนวน } 5 \text{ ห้อง}$$

$$\text{ห้องขนาดพื้นที่ } 55 \text{ ตร.ม. } \text{ โหลดห้องละ } 5,100 \text{ VA } \text{ จำนวน } 20 \text{ ห้อง}$$

ห้องที่ 1-10 แฟกเตอร์ 0.9

$$\text{ห้องที่ } 1-5 \text{ โหลด } 12,000 \times 5 \times 0.9 = 54,000 \text{ VA}$$

$$\text{ห้องที่ } 6-10 \text{ โหลด } 5,100 \times 5 \times 0.9 = 22,950 \text{ VA}$$

ห้องที่ 11-20 แฟกเตอร์ 0.8

$$\text{ห้องที่ } 11-20 \text{ โหลด } 5,100 \times 10 \times 0.8 = 40,800 \text{ VA}$$

ห้องที่ 21-25 แฟกเตอร์ 0.7

$$\text{ห้องที่ } 21-25 \text{ โหลด } 5,100 \times 5 \times 0.7 = 17,850 \text{ VA}$$

$$1. \text{ โหลดรวม} = 54,000 + 22,950 + 40,800 + 17,850 = 135,600 \text{ VA}$$

$$2. \text{ ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์} = \frac{135,600}{\sqrt{3} \times 400} = 195.7 \text{ A}$$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 225 A

3. สายไฟฟ้า

ตารางที่ 5-20, ได้สาย IEC 01 ขนาด 150 ตร.ม.m. (228 A)

5.2.3 โหลดไฟฟ้าส่วนกลาง คือโหลดที่ผู้อยู่อาศัยในอาคารชุดใช้ร่วมกัน เช่น ลิฟต์ ระบายน้ำ และแสงสว่างบริเวณทางเดิน เป็นต้น การคำนวณโหลด การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินและสายไฟฟ้า เป็นไปตามที่กำหนดในข้อ 5.1

5.2.4 โหลดรวม คือโหลดทั้งหมดของอาคารชุด ประกอบด้วยโหลดของห้องชุดทั้งหมด รวมกับไฟส่วนกลาง การคำนวณโหลดของห้องชุดสามารถใช้ค่าโคอินชิเดนต์เฟกเตอร์ได้ตามตารางที่ 5.10 และ 5.11

กรณีที่ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าต้องไม่ต่ำกว่าโหลดที่คำนวณได้ การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินและสายแรงไฟฟ้าให้ถูกระยะเยียดในเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ 5.8 อาคารชุดในพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร จำนวน 5 ชั้น ลักษณะเป็นอาคารชุดประเภทสำนักงาน ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง จ่ายไฟให้ห้องชุดขนาดพื้นที่ห้องละ 100 ตร.ม. จำนวน 50 ห้อง มีไฟฟ้าส่วนกลางที่คิดดีมานด์เฟกเตอร์แล้วรวม 50 kVA จึงกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า

วิธีคำนวณ

โหลดห้องชุด

$$\text{โหลดแต่ละห้องชุด} = 155 \times 100 = 15,500 \text{ VA}$$

โหลดรวม โคอินชิเดนต์เฟกเตอร์ตารางที่ 5.11

$$\text{ห้องที่ 1-10} \text{ โหลด} = 15,500 \times 10 \times 1 = 155,000 \text{ VA}$$

$$\text{ห้องที่ 11-50} \text{ โหลด} = 15,500 \times 40 \times 0.85 = 527,000 \text{ VA}$$

$$\text{รวมโหลดห้องชุด} = 155,000 + 527,000 = 682,000 \text{ VA} = 682 \text{ kVA}$$

ไฟฟ้าส่วนกลาง 50 kVA

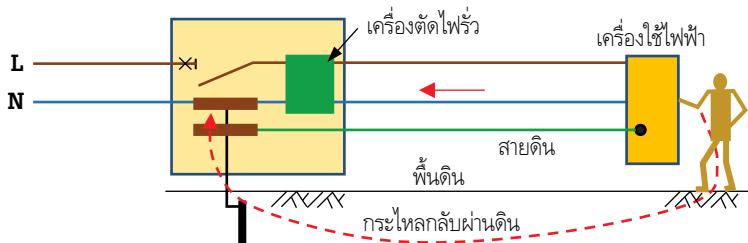
$$\text{โอลด์รวมของอาคาร} = 682 + 50 = 732 \text{ kVA}$$

เลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 800 kVA

5.3 การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วและเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน

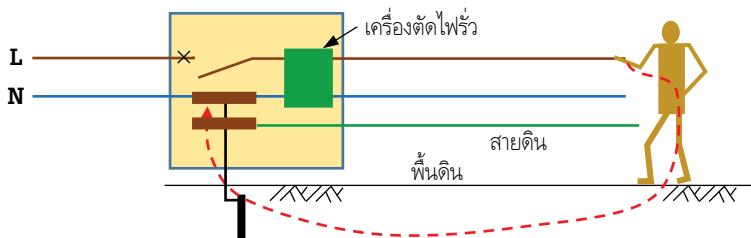
5.3.1 การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่ว (RCD) ใช้ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าที่เกิดกับบุคคลจากไฟฟ้าดูด แต่การติดตั้งในวงจรต้องทำให้ถูกต้องด้วย เพราะถ้าติดตั้งผิดเครื่องอาจไม่ทำงาน ปลดวงจรเมื่อนบุคคลลمسไฟฟ้าดูด

เครื่องตัดไฟรั่วมีหลักการทำงานคือจะวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไปและกลับของวงจรเดียวกัน ซึ่งในสภาพปกติจะต้องเท่ากันเสมอ ถ้ามีไฟรั่วหายไป เช่น ไฟล์ผ่านบุคคลลงดิน กระแสไฟล์ไปและไฟกลับจะไม่เท่ากันซึ่งเครื่องจะสามารถตรวจจับได้ และถ้าผลต่างเป็นไปตามค่าที่ตั้งไว้ เครื่องจะส่งปลดวงจร การติดตั้งเป็นตามรูปที่ 5.6

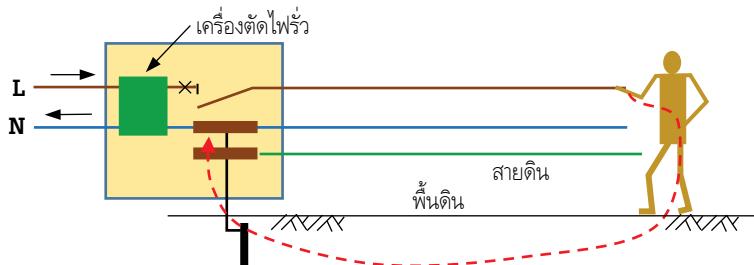


รูปที่ 5.6 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วและการไฟล์ของกระแสไฟฟ้าเมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้ารั่ว

เครื่องตัดไฟรั่วต้องติดตั้งให้ถูกต้องโดยเฉพาะตำแหน่งในวงจร เพราะถ้าติดตั้งผิดตำแหน่งเครื่องอาจไม่ทำงานปลดวงจร ตัวอย่างตำแหน่งที่ถูกต้องเป็นไปตามรูปที่ 5.6 และ 5.7



รูปที่ 5.7 การหลอกลับของกระแสเมื่อสัมผัสสายเส้นไฟ



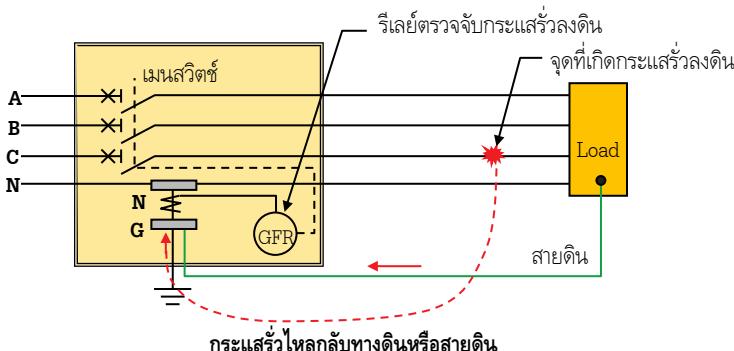
รูปที่ 5.8 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องตัดไฟร์ที่ไม่ถูกต้อง
(เครื่องตัดไฟร์ไม่ทำงานปลดวงจรเมื่อสัมผัสสายเส้นไฟ)

ในรูปที่ 5.6 ถึงแม้เครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีสายดินแล้วก็ตาม แต่ถ้าในการใช้งานปกติไม่ไฟร์ น้อยเชอร์กิตเบรกเกอร์อาจไม่ปลดวงจรหรือปลดวงจรสชาติ เมื่อบุคคลล้มผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านบุคคล เครื่องตัดไฟร์จะทำงานปลดวงจร

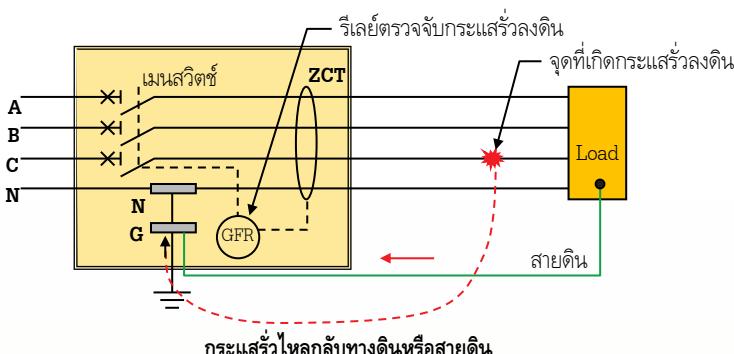
ในรูปที่ 5.7 เมื่อบุคคลล้มผ่านโดยตรงกับสายไฟฟ้าก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านบุคคล เครื่องตัดไฟร์จะทำงานปลดวงจร

ในรูปที่ 5.8 เป็นการติดตั้งเครื่องตัดไฟร์ผิดตำแหน่ง เมื่อบุคคลล้มผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือสายเส้นไฟ ก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านบุคคลไปครบร่างและกลับผ่านเครื่องตัดไฟร์อีก กระแสไฟฟ้าไปและกลับผ่านเครื่องตัดไฟร์จะเท่ากัน เครื่องตัดไฟร์จะวัดไม่ได้จึงไม่ปลดวงจร

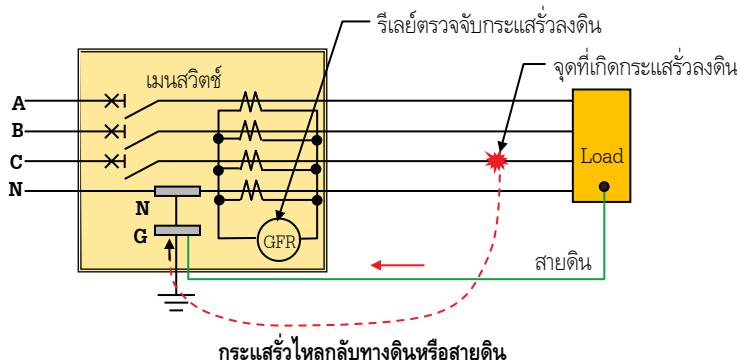
5.3.2 การติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน (Ground Fault Protection) เป็นการติดตั้งเพื่อลดหรือป้องกันความเสี่ยงหากเกิดกับทรัพย์สิน เมื่อเกิดไฟรั่วในวงจรเครื่องจะส่งเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้ปลดวงจร หลักการทำงานเหมือนกับเครื่องตัดไฟรั่ว แต่กระแสที่วัดได้และปลดวงจรจะสูงกว่ามาก วิธีการวัดกระแสรั่วแบ่งเป็น 3 วิธี ดังนี้



รูปที่ 5.9 วิธีวัดกระแสไฟกลับผ่านระบบดิน (Source Ground Return Sensing Method)



รูปที่ 5.10 วิธีวัดกระแสสมดุล (Zero Sequence Sensing Method)



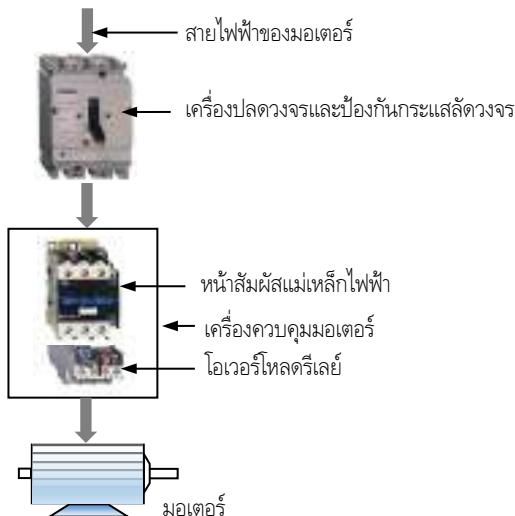
รูปที่ 5.11 วิธีวัดกระแสตกดิน หรือกระแสเหลือ (Residual Sensing Method)

วิธีวัดกระแสเหลือในลักษณะดินตามรูปที่ 5.9 สายต่อหลักดินจะต้องต่อเข้ากับ G เพราจะต่อ กับ N กระแสที่รั่วลงดินจะไม่เหลือผ่านหม้อแปลงกระแส (current transformer) เครื่องจะทำงานผิดพลาด

สำหรับวิธีวัดกระแสสมดุลและวิธีวัดกระแสตกดิน สายต่อหลักดินจะต่อเข้ากับ N หรือ G ก็ได้ ไม่มีผลให้การวัดผิดพลาด

บทที่ 6 มอเตอร์ไฟฟ้า

6.1 วงจรモเตอร์ตัวเดียว



รูปที่ 6.1 วงจรモเตอร์ที่ไป

วงจรที่ 6.1 วงจรที่ไปของมอเตอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ดังนี้

1. เครื่องปลดวงจรและเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร อาจใช้เป็นสวิตซ์พร้อมพิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ ทำหน้าที่ปลดวงจรและป้องกันมอเตอร์และสายไฟฟ้าเนื่องจากการเกิดลัดวงจร
2. เครื่องควบคุมมอเตอร์ ประกอบด้วยหน้าล้มผัสแม่เหล็กไฟฟ้าและโอเวอร์โหลดรีเลย์ หรืออาจใช้เป็นอุปกรณ์อื่นที่สามารถลับ-ปลดมอเตอร์ได้ เช่น solid stated หรือ soft start เป็นต้น โอเวอร์โหลดรีเลย์ทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์เนื่องจาก overload
3. ตัวมอเตอร์

6.1.1 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าของมอเตอร์ต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.25 เท่าของกระแสโหลดเต็มที่ (full load current) ของมอเตอร์ซึ่งดูได้จาก name plate ของ มอเตอร์ แต่ต้องไม่เล็กกว่า 1.5 ตร.มม. เที่ยวนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า} \geq 1.25 \times \text{กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์}$$

6.1.2 การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร อาจใช้เป็นพิวัล์ หรือเซอร์กิตเบรคเกอร์ก็ได้ กำหนดขนาดเป็นร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่ ตาม ตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรระหว่างห่วงสาย และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	พิวัล์ ทำงานไว	พิวัล์ หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรคเกอร์ ปลดพันธ์	เซอร์กิตเบรคเกอร์ เวลาผูกพัน
มอเตอร์ 1 เฟส	300	175	800	250
มอเตอร์กระแสลับแบบ โอลีฟลีน ฯ ที่มากกว่า แบบเวลไดเรเตอร์	300	175	800	250
มอเตอร์แบบกรงกระอก	300	175	800	250
มอเตอร์แบบชิงโคนัล	300	175	800	250
มอเตอร์แบบเวลไดเรเตอร์	150	150	800	150
มอเตอร์กระแสตรง ^(แรงดันคงที่)	150	150	250	150

กรณีกระแสที่คำนวณได้ไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานการผลิตของเครื่องบีบอัดกันกระแสเกินสามารถเลือกขนาดหรือพิกัดที่สูงขึ้นได้

เครื่องบีบอัดกันกระแสลัดวงจรนี้ใช้เพื่อป้องกันกรณีลัดวงจร กรณี overload จะมี overload relay ทำหน้าที่ป้องกัน

ตัวอย่างที่ 6.1 ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าและเซอร์กิตเบรกเกอร์ของ Induction motor ชนิด 1 เฟส แรงดัน 230 V ขนาด 7.5 kW กระแสโหลดเต็มที่ 52.3 A (กำหนดให้ใช้สาย NY_Y แกนเดียวเดินร้อยห่อโลหะเกาะผนัง)

วิธีทำ

สายไฟฟ้า

$$\text{ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า} \geq 1.25 \times \text{กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์} \\ \geq 1.25 \times 52.3 = 65.4 \text{ A}$$

ตารางที่ 5-20 ได้สาย NY_Y ขนาด 16 ตร.ม.m. (66 A) หรือดูจากภาคผนวก G
เซอร์กิตเบรกเกอร์

$$\text{ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์} \leq 2.5 \times \text{กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์} \\ \leq 2.5 \times 52.3 = 130.75 \text{ A}$$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 125 A หรือดูจากภาคผนวก G

หมายเหตุ เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 100 A ก็ได้ถ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่ปลดวงจรเนื่องจากการ start มอเตอร์

6.2 วงจรモเตอร์หลายตัว

6.2.1 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า กำหนดจากกระแสไฟหลดเติมที่ของมอเตอร์ทุกตัว ดังนี้

$$\text{ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า} \geq (1.25 \times \text{กระแสไฟหลดเติมที่ของมอเตอร์ตัวใหญ่ที่สุด}) + \text{กระแสไฟหลดเติมที่ของมอเตอร์ที่เหลือทุกตัว}$$

วงจรมอเตอร์ที่มีไฟหลอดอื่นรวมอยู่ด้วย (เช่น ไฟฟ้าแสงสว่าง) ขนาดสายไฟฟ้าต้องไม่เล็กกว่าที่คำนวณได้ข้างต้นมากด้วยไฟหลอดอื่นตามที่คำนวณได้

6.2.2 การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร อาจเป็นพิวัลหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ กำหนดขนาดเหมือนกัน ดังนี้

$$\text{ขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร} \leq \text{เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของมอเตอร์ตัวใหญ่ที่สุด} + \text{กระแสไฟหลดเติมที่ของมอเตอร์ที่เหลือทุกตัว}$$

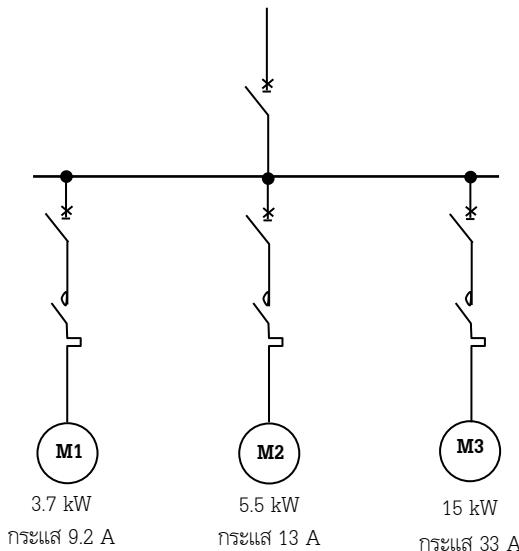
วงจรมอเตอร์ที่มีไฟหลอดอื่นรวมอยู่ด้วย ขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรต้องไม่เล็กกว่าที่คำนวณได้ข้างต้นมากด้วยไฟหลอดอื่นตามที่คำนวณได้

ตัวอย่างที่ 6.2 วงจรไฟประภูมิด้วยมอเตอร์ชนิด 3 เฟส 400 V จำนวน 3 ตัว ตามที่แสดงในรูปข้างล่าง ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าและเซอร์กิตเบรกเกอร์ของมอเตอร์แต่ละตัวและของสายป้อนวงจรมอเตอร์ (กำหนดให้ใช้สาย NYY แกนเดียวเดินร้อยท่อโลหะภายใน)

มอเตอร์ M1 ขนาด 3.7 kW กระแส 9.2 A

มอเตอร์ M2 ขนาด 5.5 kW กระแส 13 A

มอเตอร์ M3 ขนาด 15 kW กระแส 33 A



วิธีคำนวณ

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq 1.25 \times$ กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $\leq 2.5 \times$ กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

มอเตอร์ M1

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq 1.25 \times 9.2 = 11.5$ A

ตารางที่ 5-20 ได้สาย NY ขนาด 1.5 ตร.ม.m. (13 A) (หรือดูภาคผนวก G)

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $\leq 2.5 \times 9.2 = 23$ A

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 20 A (หรือดูภาคผนวก G)

มอเตอร์ M2

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq 1.25 \times 13 = 16.25$ A

ตารางที่ 5-20 ได้สาย NY ขนาด 2.5 ตร.ม.m. (18 A)

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $\leq 2.5 \times 13 = 32.5$ A

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 32 A

มอเตอร์ M3

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq 1.25 \times 33 = 41.25 \text{ A}$

ตารางที่ 5-20 ได้สาย NYY ขนาด 10 ตร.มม. (44 A)

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $\leq 2.5 \times 33 = 82.5 \text{ A}$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 80 A

สายป้อน

สายไฟฟ้า

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า $\geq (1.25 \times \text{กระแสไฟหลดเต็มที่ของมอเตอร์} + \text{กระแสไฟหลดเต็มที่ของมอเตอร์ที่เหลือทุกตัว})$

$+ \text{กระแสไฟหลดเต็มที่ของมอเตอร์ที่เหลือทุกตัว}$

$\geq (1.25 \times 33) + 9.2 + 13 = 63.45 \text{ A}$

ตารางที่ 5-20 ได้สาย NYY ขนาด 25 ตร.มม. (77 A)

เซอร์กิตเบรกเกอร์

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $\leq \text{เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของมอเตอร์ที่ใหญ่ที่สุด}$

$+ \text{กระแสไฟหลดเต็มที่ของมอเตอร์ที่เหลือทุกตัว}$

$\geq 80 + 9.2 + 13 = 102.2 \text{ A}$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 100 A หรือ 125 A

6.2.3 ดีಮานด์เฟกเตอร์ของวงจรมอเตอร์ ในสถานที่ซึ่งมีมอเตอร์เป็นจำนวนมาก และมอเตอร์ทุกตัวไม่ได้ทำงานพร้อมกัน ในการคำนวณโหลดสามารถใช้ดีมาโนด์เฟกเตอร์ตาม สภาพการใช้งานที่เหมาะสมได้ เพื่อลดขนาดสายไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์ และหม้อแปลงไฟฟ้า

6.3 เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง

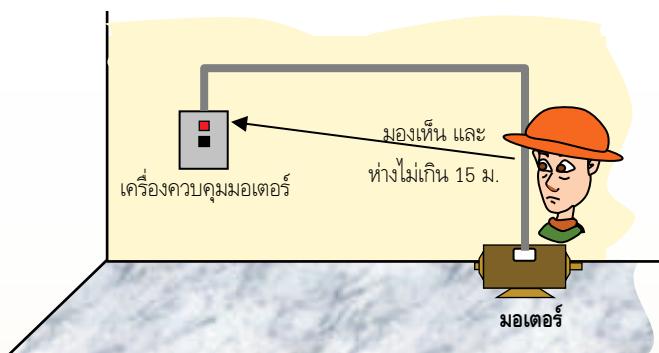
เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง (overload relay) เป็นอุปกรณ์ป้องกันการใช้งานมอเตอร์เกินเวลาและมอเตอร์อาจชำรุดหรือไหม้ได้ การปรับตั้งค่าเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังจะปรับตั้งไว้ไม่เกิน 100% ของกระแสโหลดเดิมที่ของมอเตอร์ แต่กรณีที่จำเป็นเนื่องจากมอเตอร์ไม่สามารถ start ได้จะสามารถปรับค่าเพิ่มขึ้นได้อีกแต่ต้องไม่เกิน 130%

เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังชนิดอื่น เช่น เครื่องวัดความร้อนที่ติดไฟกับขดลวดของมอเตอร์ การปรับตั้งให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตแนะนำ

6.4 เครื่องควบคุมมอเตอร์

เครื่องควบคุมมอเตอร์ต้องมีพิกัดไม่ต่ำกว่าขนาดของมอเตอร์ที่ใช้งาน ตำแหน่งติดตั้งต้องให้ผู้ใช้งานสามารถปฏิบัติงานบำรุงรักษาได้โดยปลอดภัย เครื่องควบคุมมอเตอร์ต้องติดตั้งมองเห็นได้จากตำแหน่งที่ตั้งมอเตอร์และห่างจากมอเตอร์ไม่เกิน 15 ม.

การเลือกใช้ magnetic contactor ต้องพิจารณา utilization categories ให้เหมาะสมด้วย ตามตารางที่ 6.2



รูปที่ 6.2 การติดตั้งเครื่องควบคุมกับมอเตอร์
(มองเห็นได้จากตำแหน่งที่ตั้งมอเตอร์และห่างจากมอเตอร์ไม่เกิน 15 ม.)

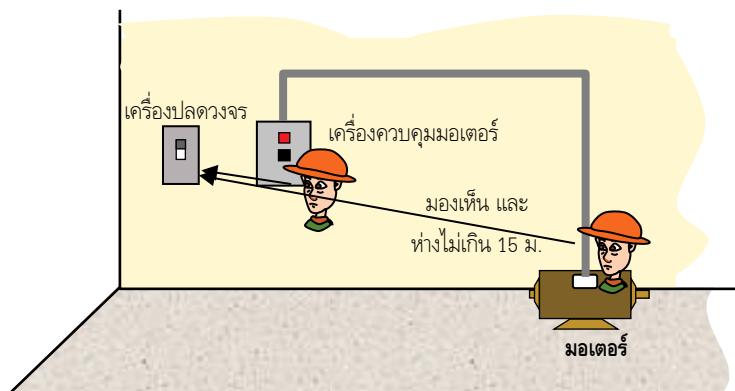
6.5 เครื่องปลดวงจรเมกะเตอร์

เครื่องปลดวงจรต้องสามารถปลดเมกะเตอร์ออกจากวงจรได้อย่างปลอดภัย มีพิกัดไม่ต่ำกว่า 1.15 เท่าของระยะแสตนด์อฟ ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปลดวงจรต้องเป็นดังนี้

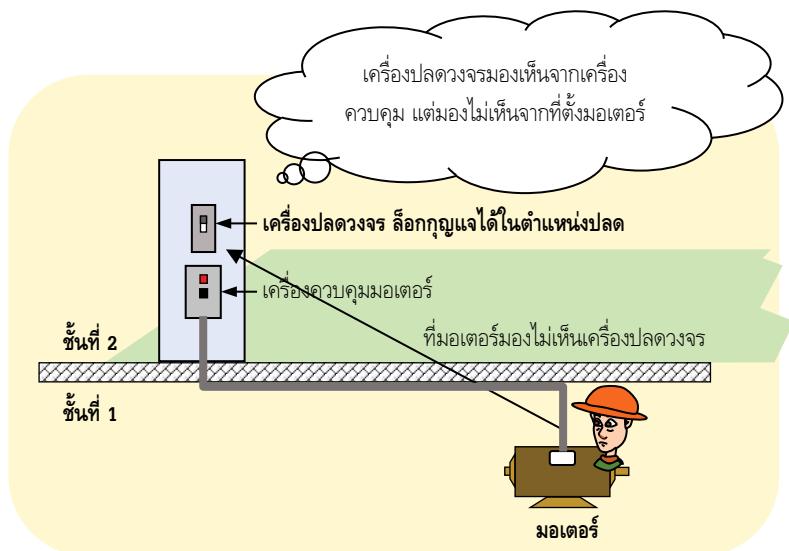
- มองเห็นได้จากที่ตั้งเครื่องควบคุมเมกะเตอร์และห่างกันไม่เกิน 15 ม. (รูปที่ 6.3)

- เครื่องปลดวงจรส่วนมองเห็นได้จากที่ตั้งเมกะเตอร์และเครื่องจักรที่ขึ้น (รูปที่ 6.3)

- ถ้าเครื่องปลดวงจรนั้นสามารถถอดออกกฎหมายได้ในตำแหน่งปลดวงจร อนุญาตให้เครื่องปลดวงจรมองไม่ต้องเห็นจากที่ตั้งเมกะเตอร์และห่างกันกิน 15 ม. ได้ (รูปที่ 6.4)



รูปที่ 6.3 เครื่องปลดวงจรมองเห็นได้จากห้องที่เครื่องควบคุมเมกะเตอร์และเมกะเตอร์ และห่างไม่เกิน 15 ม.



รูปที่ 6.4 เครื่องปลดวงจรล็อกกุญแจได้ในตำแหน่งปลด
(ไม่ต้องมองเห็นจากที่ตั้งมอเตอร์) ได้หรือห่างเกิน 15 ม. ได้

ตารางที่ 6.2 Utilization Categories ตามมาตรฐาน IEC

Categories	Typical Application
AC-1	Non-inductive or slightly inductive loads, Resistance Furnaces
AC-2	Slip-ring Motor: Starting, Switching off
AC-3	Squirrel-cage Motors: Starting, Switching off Motor During Running
AC-4	Squirrel-cage motors: Starting, Plugging, Inching
AC-5a	Switching of Electric Discharge Lamp Controls
AC-5b	Switching of Incandescent Lamps
AC-6a	Switching of Transformers
AC-6b	Switching of Capacitor Banks
AC-7a	Slightly Inductive Loads in Household Appliance and Similar Appliances
AC-7b	Motor Loads for Household Appliances
AC-8a	Hermetic Refrigerant Compressor Motor Control with Manual Resetting of Overload Release
AC-8b	Hermetic Refrigerant Compressor Motor Control with Automatic Resetting of Overload Release
DC-1	Non-inductive or Slightly Inductive Loads, Resistance Furnaces
DC-3	Shunt-Motors: Starting, Plugging, Inching, Dynamic Breaking of DC-Motors
DC-5	Series-Motor: Starting, Plugging, Inching, Dynamic Breaking of DC-Motors
DC-6	Switching of Incandescent Lamps

หมายเหตุ 1. AC หมายถึง ไฟฟ้ากระแสสลับ DC หมายถึง ไฟฟ้ากระแสตรง

2. Categories AC-3 อาจใช้งานกับมอเตอร์ที่มีการเดิน-หยุด ลับกันเป็นครั้งๆ คราว แต่การลับจะต้องไม่เกิน 5 ครั้งต่อหนึ่ง และต้องไม่เกิน 10 ครั้งใน 10 นาที

3. Plugging คือ การหยุดหรือลับไฟฟ้าอย่างรวดเร็วในระหว่างที่มีมอเตอร์กำลังเดินอยู่

4. Inching หรือ Jogging คือ การจ่ายไฟให้มอเตอร์ช้าๆ กัน ในช่วงเวลาสั้นๆ เพื่อต้องการให้มอเตอร์หรือเครื่องจักรที่มีมอเตอร์ขับอยู่เคลื่อนตัวเล็กน้อย

ตารางที่ 6.3 Degree of Protection ตาม IEC 60529 และ มอก. 513

รหัส	รหัสตัวแรก แสดงความสามารถในการป้องกันวัตถุ (ของแข็ง) เล็ດตลอดเวลาภายใน	รหัสตัวที่สอง แสดงความสามารถในการป้องกันของเหลว เข้าไปทำความเสียหาย
0	ไม่มีการป้องกัน	ไม่มีการป้องกัน
1	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 50 มิลลิเมตร เช่น สัมผัสด้วยมือ	ป้องกันหยดเฉพาะแนวเดียว
2	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 12 มิลลิเมตร เช่น น้ำร้อน	ป้องกันหยดและน้ำสาดทำมุ่งไม่เกิน 15 องศา กับแนวเดียว
3	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 2.5 มิลลิเมตร เช่น เครื่องซักผ้า เส้นลวด	ป้องกันหยดและน้ำสาดทำมุ่งไม่เกิน 60 องศา กับแนวเดียว
4	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร เช่น เครื่องซักผ้า ฯ เส้นลวดเล็ก ฯ	ป้องกันน้ำสาดเข้าทุกทิศทาง
5	ป้องกันฝุ่น	ป้องกันน้ำฉีดเข้าทุกทิศทาง
6	ทนกับน้ำ	ป้องกันน้ำฉีดอย่างแรงเข้าทุกทิศทาง
7	-	ป้องกันน้ำท่วมชั้นราบ
8	-	ป้องกันน้ำเมื่อใช้งานอยู่ใต้น้ำ

บทที่ 7 หม้อแปลงไฟฟ้า

7.1 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า

1. หม้อแปลงชนิดแห้ง (dry type transformer) จำนวนไฟฟ้าที่ใช้ส่วนใหญ่คือ cast resin เป็นจำนวนชนิดไม่ติดไฟ จึงนิยมใช้ติดตั้งในอาคารที่มีผู้อยู่อาศัยจำนวนมาก หรืออาคารที่ต้องการความปลอดภัยสูง

2. หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟได้ (flammable liquid-insulated transformer) ปกติฉนวนที่ใช้คือน้ำมัน จึงมักเรียกว่าไปร์ว่าหม้อแปลงฉนวนน้ำมัน มีราคาต่ำกว่า หม้อแปลงชนิดอื่น มีห้องชนิดที่มีถังพักน้ำมัน (conservator tank) และชนิดปิดผึ้ง (sealed tank)

3. หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟยาก (less-flammable liquid-insulated transformer) คือหม้อแปลงที่มีฉนวนเป็นของเหลว ฉนวนมีอุณหภูมิจุดติดไฟไม่ต่ำกว่า 300°C จึงมีความปลอดภัยด้านที่เป็นเหตุให้เกิดเพลิงไหม้มากกว่าชนิดฉนวนน้ำมันติดไฟได้

4. หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ (non-flammable fluid-insulated transformer) เป็นหม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวที่ไม่สามารถปลดภัยสูง เช่นเดียวกันกับหม้อแปลงชนิดแห้ง แต่มีราคาสูงและผู้ผลิตน้อยราย จึงไม่เป็นที่นิยมใช้งาน

7.2 การปรับแรงดัน

เป็นการปรับแรงดันด้านไฟออกให้เป็นไปตามที่ต้องการ โดยปกติแรงดันไฟฟ้าด้านแรงสูงที่มาจากการไฟฟ้าจะไม่คงที่ และแรงดันของสายป้อนไฟฟ้าที่ต้นทางกับที่ปลายทาง ก็ไม่เท่ากัน การที่จะให้แรงดันด้านไฟออกมีค่าได้ตามที่ต้องการนั้นจำเป็นต้องมีการปรับตั้งแทปช่องจะปรับที่ด้านแรงสูงเนื่องจากกระแสต่ำกว่าด้านแรงต่ำ การปรับตั้งแทปเป็นการปรับจานวนรอบของชุดลวดด้าน primary ค่าแทปกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของแรงดันระบุด้านไฟเข้า หม้อแปลงในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนดแทปไว้เป็น $-4 \times 2.5\%$ ในพื้นที่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดแทปเป็น $\pm 2 \times 2.5\%$

7.3 การกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้ากำหนดขนาดเป็น kVA ซึ่งต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะสามารถจ่ายไฟโหลดได้ทั้งหมด โดยต้องคำนึงถึงขนาดของไฟฟ้าที่ต้องการใช้ในแต่ละห้องและจำนวนคนในบ้านที่ต้องการใช้ไฟฟ้า ให้เพียงพอ ไม่เกิน 10% ของไฟฟ้าที่ต้องการใช้ในบ้าน

ไฟโหลดที่คำนวณได้โดยปกติจะไม่พอต่อกับขนาดหม้อแปลงตามท้องตลาด การเลือกขนาดหม้อแปลงจะเลือกตามขนาดที่มีขายตามท้องตลาดโดยเลือกขนาดที่ใหญ่ถัดขึ้นไป ขนาดหม้อแปลงที่นิยมใช้ตามท้องตลาดคือ 315, 400, 500, 630, 800, 1,000, 1,250, 1,600, 2,000 และ 2,500 kVA แต่ขนาดที่เล็กกว่าหรือใหญ่กว่านี้ก็สามารถผลิตขยายได้

ตัวอย่างที่ 7.1 โรงงานแห่งหนึ่งมีไฟโหลดดังนี้

1. ไฟฟ้าแสงสว่าง รวม 50 kVA
2. เครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป รวม 20 kVA
3. เครื่องปั๊มน้ำ สำหรับเครื่องจักรขนาดเล็ก (ทราบไฟโหลดแน่นอน) ตั้งนี้
 - 3.1 ขนาด 1 kVA จำนวน 5 ตัว
 - 3.2 ขนาด 0.5 kVA จำนวน 10 ตัว
4. เครื่องจักรชนิดใช้มอเตอร์ไฟฟ้า รวม 500 kVA
5. เครื่องปรับอากาศแบบส่วนกลาง ขนาด 100 kVA กำหนดค่ามานาด์ไฟฟ้า 100%

วิธีคำนวณ

คำนวณไฟโหลดโดยใช้ค่ามานาด์ไฟฟ้า 100% ได้ดังนี้

1. ไฟโหลดไฟฟ้าแสงสว่าง รวม 50 kVA ค่ามานาด์ไฟฟ้า 100% ตารางที่ 5.1 = 100%

$$\text{ไฟโหลดแสงสว่าง} = 50 \times 1 = 50 \text{ kVA}$$

2. เครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป รวม 20 kVA ค่ามานาด์ไฟฟ้า 100% ตารางที่ 5.2

$$\text{ไฟโหลดเต้ารับ} = 10 + (10 \times 0.5) = 15 \text{ kVA}$$

3. เต้ารับอื่น สำหรับเครื่องจักรขนาดเล็ก คิดให้ลดจากเต้ารับตัวแรกที่มีขนาดให้ลดลงสุด (1 kVA) บวกกับ 40% ของโหลดเต้ารับที่เหลือ

$$\text{โหลดเต้ารับอื่น} = 1 + (4 \times 0.4) + (0.5 \times 10) = 7.6 \text{ kVA}$$

4. เครื่องจักรชนิดใช้มอเตอร์ไฟฟ้า รวม 400 kVA ดีمانด์เฟกเตอร์ได้จากการสำรวจการใช้งานตามกระบวนการผลิต ในกรณีนี้กำหนดให้ใช้ดีمانด์เฟกเตอร์ 80%

$$\text{โหลดเครื่องจักร} = 500 \times 0.8 = 400 \text{ kVA}$$

5. เครื่องปรับอากาศแบบส่วนกลาง ขนาด 100 kVA ดีمانด์เฟกเตอร์ 100%

$$\text{โหลดเครื่องปรับอากาศ} = 100 \times 1 = 100 \text{ kVA}$$

$$\text{รวมโหลดของอาคาร} = 50 + 15 + 7.6 + 400 + 100 = 572.6 \text{ kVA}$$

เลือกใช้มอเตล์เปล่งขนาด 630 kVA

หมายเหตุ กรณีที่ผู้ออกแบบพิจารณาแล้วเห็นว่าเครื่องจักรมีโอกาสใช้งานพร้อมกัน จะไม่ใช้ดีمانด์เฟกเตอร์ใด้ โหลดรวมก็จะสูงขึ้น

7.4 การป้องกันแรงดันเกิน

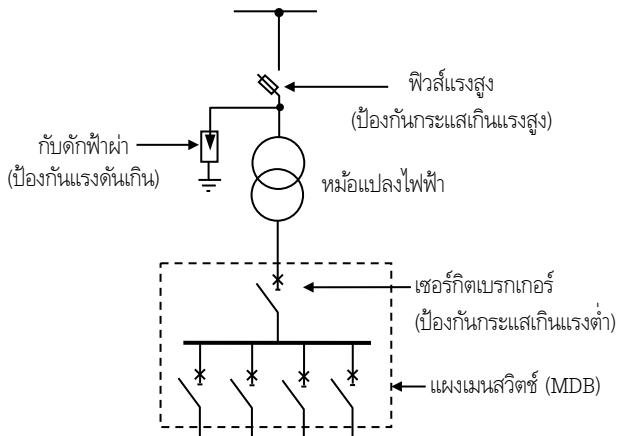
หม้อแปลงไฟฟ้าต้องมีการป้องกันแรงดันเกิน แรงดันเกินที่เข้ามาที่หม้อแปลงไฟฟ้า ส่วนใหญ่กิดเนื่องจากฟ้าผ่า อุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันเรียกว่ากับดักเลิร์จ (lightning arrester) หรือ กับดักฟ้าผ่า พิกัดแรงดันเป็นไปตามแรงดันของระบบไฟฟ้าดังนี้

พิกัดแรงดัน 9 kV สำหรับระบบแรงดัน 12 kV (กฟน.)

พิกัดแรงดัน 21 kV สำหรับระบบแรงดัน 22 kV (กฟภ.) และ 24 kV (กฟน.)

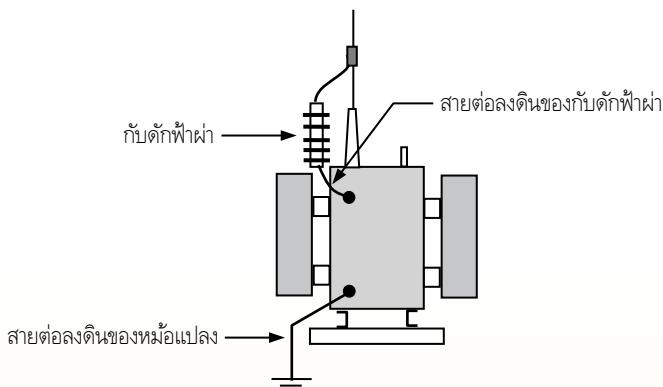
พิกัดแรงดัน 30 kV สำหรับระบบแรงดัน 33 kV (กฟภ.)

หมายเหตุ ในบางพื้นที่ของการไฟฟ้าฯ อาจใช้พิกัดแรงดันต่างจากนี้ด้วยเหตุทางด้านเทคนิค ในการติดตั้งใช้งานจริง จึงควรประสานงานกับการไฟฟ้าฯ ที่ดูแลพื้นที่ก่อน



รูปที่ 7.1 วงจรการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า

กับดักฟ้าผ่าจะต่อ กับสายไฟแรงสูง ก่อนที่จะเข้าหม้อแปลงไฟฟ้า เมื่อมีแรงดันเกิน เข้ามาตามสายไฟฟ้า กับดักฟ้าผ่าจะเปลี่ยนสภาพจากที่ปกติมีอิมพีเดนซ์สูงมากเป็นต่ำมาก ปล่อยให้กระแสฟ้าผ่านวิ่งลงดินโดยสะดวก และกลับสภาพเป็นมีอิมพีเดนซ์สูงมากอีกเมื่อแรงดันฟ้าผ่าลดลง เพื่อป้องกันกระแสจากแรงดันปกติเหลือ่าน



รูปที่ 7.2 วงจรการติดตั้งกับดักฟ้าผ่าที่หม้อแปลงไฟฟ้า

สายต่อลงดินของกับดักไฟผ่าจะต้องต่อลงดินร่วมกับสายต่อลงดินของตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อลดแรงดันคร่อมระหว่างชุดลวดหม้อแปลงกับตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้า วิธีที่ดีคือการต่อลงตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้าตามที่แสดงในรูปที่ 7.2

7.5 การป้องกันกระแสเกิน

หม้อแปลงไฟฟ้าต้องมีการป้องกันกระแสเกินทั้งด้านไฟเข้าและไฟออก ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินเป็นไปตามที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ ตามตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

ขนาด อัมพีเดนซ์ ของหม้อแปลง	ด้านไฟเข้า		ด้านไฟออก		
	แรงดันเกิน 1,000 V		แรงดันเกิน 1,000 V		แรงดันไม่เกิน 750 V
	เซอร์กิต เบรกเกอร์	พิวล์	เซอร์กิต เบรกเกอร์	พิวล์	เซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือพิวล์
ไม่เกิน 6%	600%	300%	300%	250%	100%
มากกว่า 6% แต่ไม่เกิน 10%	400%	300%	250%	225%	100%

ตัวอย่างที่ 7.2 โรงงานแห่งหนึ่งใช้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1,000 kVA แรงดัน 22 kV ด้านแรงต่ำ 230/400 V จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขนาด ต้องการกำหนดขนาดพิวล์แรงสูงด้านไฟเข้าและขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ด้านแรงต่ำ

วิธีทำ

กำหนดขนาดพิวล์แรงสูง หากกระแสหม้อแปลงด้านไฟเข้าได้ดังนี้

$$I = \frac{1,000}{\sqrt{3} \times 22} = 26.24 \text{ A}$$

พิวล์ด้านแรงสูงกำหนดตามตารางที่ 7.1 ขนาดไม่เกิน 300%

$$\text{ขนาดพิว์ส์แรงสูง} \leq 3 \times 26.24 \leq 78.7 \text{ A}$$

เลือกใช้พิว์ส์ตามขนาดมาตรฐานการผลิต ขนาด 50 A หรือ 65 A
กำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำ ทางกระแสหม้อแปลงด้านไฟออกได้ดังนี้

$$I = \frac{1,000 \times 1,000}{\sqrt{3} \times 400} = 1443 \text{ A}$$

เซอร์กิตเบรกเกอร์กำหนดตามตารางที่ 7.1 ไม่เกิน 100%

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐานการผลิต ขนาดปรับตั้ง 1,400 A

ข้อนี้แนะนำเพิ่มเติมสำหรับการกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินเม็ดดังนี้

พิว์ส์แรงสูง ถึงแม้ในมาตรฐานกำหนดให้ขนาดพิว์ส์แรงสูงใช้ได้สูงถึง 300% ในทางปฏิบัติการกำหนดขนาดพิว์ส์ใหญ่เกินไปประสิทธิ์ผลในการป้องกันจะลดลง แต่การเลือกขนาดเล็กเกินไปก็อาจเป็นปัญหาว่าพิว์ส์จะขาดเมื่อสับลิวิต์แรงสูงสาเหตุจาก inrush current ของหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดของพิว์ส์แรงสูงจึงไม่ควรเล็กกว่า 125% ของกระแสเด้านแรงสูงของหม้อแปลงไฟฟ้า

7.6 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าด้านแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำ

ตัวอย่างที่ 7.3 โรงงานแห่งหนึ่งคำนวณโหลดได้ 850 kVA เลือกใช้หม้อแปลงขนาด 1,000 kVA แรงดันด้านไฟออก 230/400 V ด้านแรงต่ำเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 1,400 A (ดูตัวอย่างที่ 7.2) ใช้สาย NYY ชนิดแกนเดียวควบคุม 4 เส้นต่อเฟส วงเรียงซิดติดกันบนรางเคเบิลแบบบันได ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า (รายละเอียดวิธีคำนวณเพิ่มเติม ดูบทที่ 2)

วิธีทำ

- คำนวนโคลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n)

$$\text{ได้ } I_n = 1,400 \text{ A}$$

- เลือกชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย

เป็นสาย NYY การเดินสายกลุ่มที่ 7 (วงบันรงค์เบล)

- เลือกตารางขนาดกระแสแข็งของสายไฟฟ้า

จากตารางที่ 2.10 ได้ตารางขนาดกระแส ตารางที่ 5-30

- กำหนดตัวคูณปรับค่า (C_a & C_g)

C_a ไม่มีการปรับค่าเนื่องจากอุณหภูมิโดยรอบไม่เปลี่ยนแปลง = 1

C_g จากหมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-30 ปรับค่าด้วยตารางที่ 5-40 ได้ = 0.94

$$5. \text{ กำหนดขนาดสายไฟฟ้า } I_t \geq \frac{I_n}{C_a \times C_g} \geq \frac{1,400 / 4}{1 \times 0.94} \geq 372.3 \text{ A}$$

จากตารางที่ 5-30 (ภาคผนวก A) ได้สายขนาด 240 ตร.ม.m. (441 A) เพลสละ 4 เส้น
หมายเหตุ 1. 1400/4 มาจากใช้สายเพลสละ 4 เส้น

2. ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับหมวดแม่แปลงไฟฟ้าแต่ละขนาด ดูได้จากภาคผนวก F

7.7 การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าติดตั้งได้หลายแบบโดยพิจารณาจาก ความต้องการ ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า ข้อจำกัดของพื้นที่ และประเภทของอาคาร ดังนี้

1. บนเสาไฟฟ้าหรือนั่งร้านหม้อแปลง เป็นการติดตั้งที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ ใช้พื้นที่น้อย ใช้ได้กับหม้อแปลงไฟฟ้าทุกชนิด แต่จะมีข้อด้อยเรื่องขาดความสวยงามและบำรุงรักษายาก เสาไฟฟ้าและชุดนั่งร้านหม้อแปลงจะต้องสามารถถักบันหัวหม้อแปลงได้อย่างปลอดภัย

2. บนลานหม้อแปลง (transformer yard) เป็นการตั้งหม้อแปลงบนพื้นและมีรั้วล้อมรอบ อยู่ภายนอกอาคาร มีข้อดีที่สามารถบำรุงรักษาได้สะดวกแต่จะสิ้นเปลืองพื้นที่

3. ในห้องหม้อแปลง (transformer vault) เป็นการติดตั้งในอาคาร ห้องหม้อแปลงจะต้องออกแบบเป็นพิเศษให้เหมาะสมกับชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า ตามข้อกำหนดในมาตรฐานฯ

4. ในเครื่องห่อหุ้ม (pad mounted) วางบนพื้น เป็นการนำหม้อแปลงไปใส่ตู้เพื่อป้องกัน อันตรายจากการล้มผู้ส แต่ต้องระวังเรื่องการระบายความร้อนของหม้อแปลงด้วย



รูปที่ 7.3 หม้อแปลงการติดตั้งหม้อแปลงบนนั่งร้าน



รูปที่ 7.4 ตัวอย่างการติดตั้งหม้อแปลงในเครื่องห่อหุ้ม

บทที่ 8 แผงสวิตซ์และการติดตั้ง

แผงสวิตซ์ (Switchboard) หมายถึง แผงเดี่ยวขนาดใหญ่หรือหลายแผงประกอบเข้าด้วยกันเพื่อใช้ติดตั้งสวิตซ์ อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน อุปกรณ์ป้องกันอื่น ๆ บัส และเครื่องวัดต่าง ๆ ทั้งด้านหน้า ด้านหลัง หรือทั้งสองด้าน โดยทั่วไปแผงสวิตซ์เข้ากันได้ทั้งทางด้านหน้า และด้านหลังและไม่มีจุดประสังค์ให้ติดตั้งในตู้

แผงย่อย (Panelboard) หมายถึง แผงเดี่ยวหรือกลุ่มของแผงเดี่ยวที่ออกแบบให้ประกอบกับกันเป็นแผงเดี่ยวกัน ประกอบด้วย บัส อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินอัตโนมัติ และมีหรือไม่มีสวิตซ์สำหรับควบคุมแสงสว่าง ความร้อน หรือวงจรไฟฟ้ากำลัง แผงย่อยเป็นแผงที่ออกแบบให้ติดตั้งไว้ในตู้หรือกล่องซึ่งสามารถเข้าถึงได้ทางด้านหน้าเท่านั้น

8.1 รูปแบบของแผงสวิตซ์

IEC 61439 แบ่งรูปแบบ (form) ของแผงสวิตซ์ตามการกันแยกเป็น 7 form ดังนี้

Form 1 ภายใต้ตู้จะไม่มีการกันแยกบัสบาร์ออกจากอุปกรณ์และขั้วต่อสายตัวนำภายนอกแต่คราวมีการกันเพื่อป้องกันการล้มเหลวส่วนของบัสบาร์ ขั้วต่อสาย และส่วนที่เป็นตัวนำไฟฟ้าอื่น ๆ เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงานเมื่อเปิดฝาตู้

Form 2a ภายใต้ตู้มีการกันแยกระหว่างบัสบาร์กับตัวอุปกรณ์ ขั้วต่อสายตัวนำภายนอกจะอยู่ช่องเดียวกันหรือใกล้กับบัสบาร์

Form 2b ภายใต้ตู้มีการกันแยกระหว่างบัสบาร์กับตัวอุปกรณ์และขั้วต่อสายตัวนำภายนอก แต่อุปกรณ์และขั้วต่อสายจะอยู่ในช่องเดียวกัน

Form 3a ภายใต้ตู้มีการกันแยกระหว่างบัสบาร์กับตัวอุปกรณ์ กันแยกระหว่างอุปกรณ์ แต่จะอยู่ติดกัน และมีการกันแยกขั้วต่อสายตัวนำภายนอกออกจากอุปกรณ์ แต่จะอยู่ช่องเดียวกันหรือใกล้กับบัสบาร์

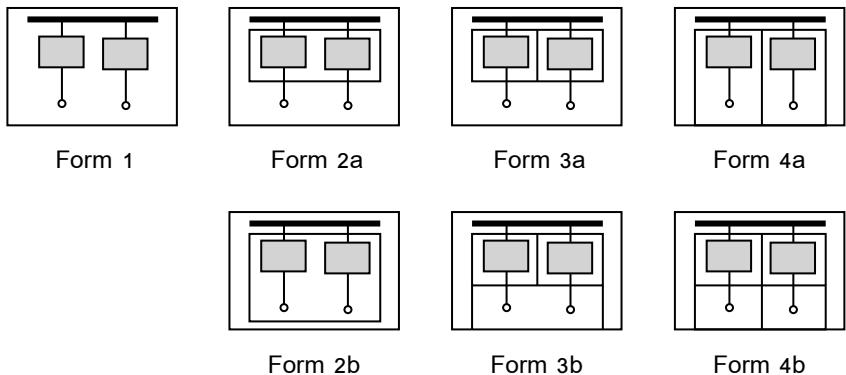
Form 3b ภายใต้เงื่อนไขการกันแยกกระแสห่วงบัสบาร์กับตัวอุปกรณ์ กันแยกกระแสห่วงอุปกรณ์ แต่ละยูนิตออกจากกัน และมีการกันแยกขั้วต่อสายตัวนำภายในนอกออกจากบัสบาร์และอุปกรณ์ แต่ขั้วต่อสายจะอยู่ในช่องเดียวกัน

Form 4a ภายใต้เงื่อนไขการกันแยกอุปกรณ์แต่ละยูนิตออกจากกัน และมีการกันแยกขั้วต่อสายตัวนำภายในนอกออกจากบัสบาร์ แต่ขั้วต่อสายจะอยู่ในช่องเดียวกันกับอุปกรณ์

Form 4b ภายใต้เงื่อนไขการกันแยกช่องบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์ มีการกันแยกอุปกรณ์ แต่ละยูนิตออกจากกัน และมีการกันแยกขั้วต่อสายตัวนำภายในนอกออกจากบัสบาร์และอุปกรณ์ และแยก feeder ออกจากกันอย่างชัดเจน

ตารางที่ 8.1 สรุป form ตู้และการกันตาม IEC 61439

Form	การกัน (ระหว่าง)				
	อุปกรณ์ กับ อุปกรณ์	อุปกรณ์ กับ บัสบาร์	อุปกรณ์ กับ ขั้วต่อสาย	ขั้วต่อสาย กับ ขั้วต่อสาย	ขั้วต่อสาย กับ บัสบาร์
Form 1					
Form 2a		✓			
Form 2b		✓			✓
Form 3a	✓	✓	✓		
Form 3b	✓	✓	✓		✓
Form 4a	✓	✓		✓	✓
Form 4b	✓	✓	✓	✓	✓



รูปที่ 8.1 form ตาม IEC 61439

8.2 การติดตั้ง

ข้อกำหนดการติดตั้งนี้ใช้กับทั้งแบบสวิตช์และแบบย่ออย มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า
สำหรับประเทศไทย กำหนดให้แบบสวิตช์และแบบย่ออยต้องอยู่ในห้องหรือที่ซึ่งจัดไว้โดยเฉพาะ
ห้ามมีท่อลม ท่องานอื่น หรือบริวัณฑ์สำหรับงานอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับแบบสวิตช์หรือแบบย่ออย
ติดตั้งเหนือห้องหรือใต้เพิงฯ อยู่ในห้อง หรือทางเดินเข้าสู่ห้อง ยกเว้น ระบบดับเพลิงสำหรับแบบสวิตช์
หรือแบบย่ออย และบริวัณฑ์ที่ใช้ในการหมุนเวียนอากาศ อุปกรณ์ทำความสะอาดหรือทำความสะอาดเย็นที่ซึ่ง
สำหรับห้องหรือบริเวณที่ติดตั้งแบบสวิตช์หรือแบบย่ออย

ແຜງສວິຕ່ອງຈາກໄມ່ຕົ້ນຍອມໃນທົ່ວໂລກທີ່ຈຶ່ງຈັດໄວໂດຍເນັດພະກິໄດ້ ດັ່ງນີ້

1. ແຜສວິຫຼຸງທີ່ເພື່ອຕິດຕັ້ງທ່ານ ທີ່ມີຄວາມສົ່ງໃນ ທີ່ລ້ອມທີ່ມີລຶກປິດ ທີ່ມີການປຳກັນທາງກລເພີ່ງພວກຍານພາຫະ ການຮັບຜັດໂດຍບັງເລືຼຸງຈາກ ບຸດຄວາມທ່ານ ທີ່ມີຄວາມຮັບອຸ່ນຫຼາຍທີ່ມີຄວາມສົ່ງໃນ ທີ່ມີຄວາມຮັບອຸ່ນຫຼາຍທີ່ມີຄວາມສົ່ງໃນ

2. แผงสวิตซ์หรือແຜຍຢ່ອຍນິດຕິດຕັ້ງກາຍນອກອາຄາຣ ມີເຄື່ອງຫ່ວໜຸ່ມທີ່ຖືກສະກັບອາຄາຣ ມີການປໍອງກັນຈາກກາລົມຜັດໄດ້ຢັບເຄີຍຂອງບຸຄຸຄລທີ່ໄປ ຍານພາຫະນະຫຼືກາຮົວ່ວ່າໄລໝຂອງຮະບັບທ່ອດ່າງ ຈະໄຟ້ມີຕົວອຸ່ນໃໝ່ທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກຳນົດຕິດຕັ້ງກາຍນອກອາຄາຣ

8.2.1 ແຜນສວິຕົ່ງ ມີຂໍ້ກຳນົດເພີ່ມເຕີມຈາກທີ່ກ່າວໜ້າທີ່

1. ແຜນສວິຕົ່ງທີ່ມີສ່ວນທີ່ມີໄຟຟ້າເປີດໂລ່ງ ຕ້ອງຕິດຕັ້ງໃນສະຖານທີ່ແກ້ໆ ເຊົ້າໂດຍແລ້ວບຸຄຸມ ໂດຍບຸຄຸຄລທີ່ມີໜ້າທີ່ເກີ່ວຂ້ອງເກົ່າໜ້າ ເຊື່ອຕິດຕັ້ງໃນສະຖານທີ່ເປົ້າກ່ອນອກອາຄາຣຕ້ອງມີເຄື່ອງຫ່ວໜຸ່ມທີ່ຖືກສະກັບອາຄາຣ ຢ້ວຍເປັນນິດທີ່ອຸ່ນແບບໄທ້ຕິດຕັ້ງກາຍນອກອາຄາຣໄດ້

2. ສ່ວນບ່ນຂອງແຜນສວິຕົ່ງທີ່ມີອຸ່ນທີ່ກ່າວໜ້າທີ່ມີໄຟຟ້າເປີດໂລ່ງ ເຊື່ອໄຟຟ້າໄຟ້ມີໜ້າຍກວ່າ 0.90 ມ. ແຕ່ ດ້ວຍມີແຜ່ນກັ້ນທີ່ຖືກສວິຕົ່ງທີ່ກ່າວໜ້າທີ່ມີໄຟຟ້າເປີດໂລ່ງ ຮ້ວຍເປັນພັດທະນາທີ່ໄຟ້ມີໄຟຟ້າໄຟ້ມີໜ້າຍກວ່າ 0.60 ມ.

3. ແຜນສວິຕົ່ງຕົ້ງຕ່ອລົງດິນ

4. ມີທີ່ວ່າງເພື່ອປົງປັບຕົງຈານຍ່າງເພີ່ມພວດປະປົດກັຍ

8.2.2 ແຜຍຢ່ອຍ ມີຂໍ້ກຳນົດເພີ່ມເຕີມຈາກທີ່ກ່າວໜ້າທີ່

1. ມີໜາດໄໝຕໍ່ກ່າວໜ້າຂອງສາຍປ່ອນທີ່ຄໍານວນໄດ້

2. ແຜຍຢ່ອຍຕົ້ງຕ່ອລົງດິນ

3. ໃ້ນແຜຍຢ່ອຍຕົ້ງມີທີ່ວ່າງລຳທັບປອງສາຍຢ່າງເພີ່ມພວດ

4. ກຣົນທີ່ມີພິວສ് ພິວສ്ຕົ້ງຕິດຕັ້ງດ້ານໂຫລດຂອງສວິຕົ່ງ

8.2.3 ແຜນສວິຕົ່ງແຮງສູງ ເປັນໄປຕາມທີ່ກ່າວໜ້າທີ່ ແລະ ສໍາຫັບແຜນສວິຕົ່ງແຮງສູງທີ່ມີ ການຕິດຕັ້ງກັບດັກເລີຣີ (surge arrester) ດ້ວຍ ຕັ້ງນໍາລໍາທັບຕ່ອລົງດິນຂອງກັບດັກເລີຣີຕົ້ງຕ່ອງຕ່ອງກັບ ຊີລົດຂອງສາຍເບີລແຮງສູງໃໝ່ແຜນສວິຕົ່ງ ແລະ ຕ້ອງແຍກອອກຈາກບັນດາຕ່ອລົງດິນຂອງແຜນສວິຕົ່ງ

ຕົ້ງມີ ground bus ດ້ວຍ ທຳດ້ວຍທອງແດງຂາດໄມ່ເລີກກວ່າ 90, 50 ແລະ 35 ຕ.ຮ.ມມ. ສໍາຫັບແຮງດັນ 12, 24 ແລະ 33 KV ຕາມລຳດັບ

8.3 โครงสร้างของແຜງສວິຕ່າງ

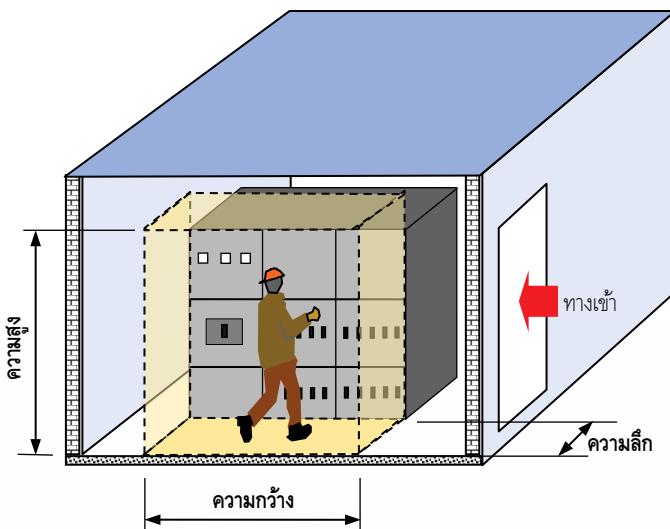
1. ແຜງສວິຕ່າງແລະແຜງຍ່ອຍ ຕ້ອງທຳດ້ວຍວັດຖຸໄມ້ດູດຫັບຄວາມເຂົ້າແລະໄມ້ຕິດໄຟ
 2. ວຽກທີ່ຈໍາໄຟໄຟເທັກເຄື່ອງວັດ ຮູບອົດໄຟລັບນູ່ຢານ ໝ້ອມແປລງແຮງດັນ ແລະຍຸປກຮົນອື່ນຂອງແຜງສວິຕ່າງທີ່ມີເຊື່ອວັດແຮງດັນ ຕ້ອງຕິດຕັ້ງເຄື່ອງປຶ້ອງກັນກະແສເກີນພິກັດໄໜ່ກິນ 15 A ອຸນໝາຕ ໄທ້ໄໝຕ້ອງມີເຄື່ອງປຶ້ອງກັນກະແສເກີນໄດ້ ດ້ວກເກີນທີ່ຈໍາໄຟລັບນູ່ຢານຈະແສເກີນທີ່ໃຫ້ເກີດຄວາມເລື່ອຍ່າຍຕ່ອງການທຳນານຂອງອຸປກຮົນໜັ້ນ
 3. ໃບມີດີທີ່ເປີດໂລ່ງຂອງສວິຕ່າງມີມີດີ ຕ້ອງໄມ້ມີໄຟເມື່ອຍູ້ໃນຕຳແໜ່ງປລດ ອຸນໝາຕໃໝ່ໄຟໄດ້ທ້າກມີການຈັດທໍາທີ່ກັນທີ່ເໝາະສມ ທີ່ສາມາດປຶ້ອງກັນອັນຕາຍຈາກການລັມຜັສລ່ວນທີ່ມີໄຟຟ້າຂະໜາດທີ່ເປີດຝາຕູ້ຂອງແຜງສວິຕ່າງໄດ້
 4. ການທຳເຄື່ອງໝາຍບໍລິບາງລຳຫັບແຜງສວິຕ່າງແລະແຜງຍ່ອຍແຮງຕໍ່ໄໝທຳເຄື່ອງໝາຍແສດງເຟ້າຂອງບໍລິບາງດ້ວຍຕ້າວອັກຊາຮຣີສີ ດັ່ງນີ້
1. ເປັນທັງໝົກຍ່າງ
- L1 ລຳຫັບ ເຟສ 1 ພົມເຟສ A
 - L2 ລຳຫັບ ເຟສ 2 ພົມເຟສ B
 - L3 ລຳຫັບ ເຟສ 3 ພົມເຟສ C
 - N ລຳຫັບ ນິວທັລ
 - PE ພົມເຟ E ພົມເຟ G ລຳຫັບ ບັດດິນ/ຂ້ວສາຍດິນ
2. ເປັນລື
- ສີ້ນໍ້າຕາລ ລຳຫັບ ເຟສ 1 ພົມເຟສ A
 - ສີດຳ ລຳຫັບ ເຟສ 2 ພົມເຟສ B
 - ສີເທາ ລຳຫັບ ເຟສ 3 ພົມເຟສ C
 - ສີຟ້າ ລຳຫັບ ນິວທັລ
 - ເບີຍາແຕບເໜືອງ ລຳຫັບ ບັດດິນ/ຂ້ວສາຍດິນ
5. ການທຳເຄື່ອງໝາຍບໍລິບາງລຳຫັບແຜງສວິຕ່າງແຮງສູງ ໄທ້ທຳເຄື່ອງໝາຍດ້ວຍລື ແດນ ເໜືອງ ແລະ ນ້ຳເຈິນ ລຳຫັບເຟສ R, Y & B ຕາມລຳດັບ

6. การจัดวางบัสบาร์และตัวนำ ต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดความร้อนสูงจากการเหนี่ยวนำ
7. การจัดเฟลส เมื่อมองจากด้านหน้าให้อยู่ในลักษณะเฟลส A, B, C ตามลำดับโดยเรียงจากด้านหน้าไปหลัง ด้านซ้ายไปขวา หรือด้านบนลงล่าง

8.4 พื้นที่ว่างเพื่อป้องกันติดงานและทางเข้า

การติดตั้งแผงสวิตช์และແພັງຍ່ອຍ ต้องมีพื้นที่ว่างและทางเข้าไปยังพื้นที่ว่างเพื่อให้สามารถเข้าไปป้องกันติดงานได้ และทำการบำรุงรักษาได้โดยสะดวกและปลอดภัย แบ่งเป็นสำหรับระบบแรงดัน (แรงดันไม่เกิน 1,000 V) และแรงสูง (แรงดันเกิน 1,000 V แต่ไม่เกิน 33 kV)

พื้นที่ว่างมีลักษณะเป็นทรงปริมาตรประกอบด้วยความกว้าง ความลึก และความสูง ตามที่แสดงในรูปที่ 8.2



รูปที่ 8.2 พื้นที่ว่างเพื่อป้องกันติดงาน



รูปที่ 8.3 ตัวอย่างห้องที่ติดตั้งແ Pangสวิตซ์และพื้นที่ว่างเพื่อปฎิบัติงาน

8.4.1 สำหรับระบบแรงต่ำ

พื้นที่ว่างเพื่อปฎิบัติงาน เป็นดังนี้

ความกว้าง ต้องไม่น้อยกว่าความกว้างของແ Pangสวิตซ์เต็มเม่น้อยกว่า 0.75 ม.

ความสูง ต้องไม่น้อยกว่า 2.0 ม.

ความลึก เป็นไปตามตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2 ความลึกต่ำสุดของที่ว่างเพื่อปฎิบัติงาน ระบบแรงต่ำ

แรงดันไฟฟ้า วัดเทียบدين (V)	ความลึกต่ำสุด (ม.)		
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
0-150	0.90	0.90	0.90
151-600	0.90	1.10	1.20

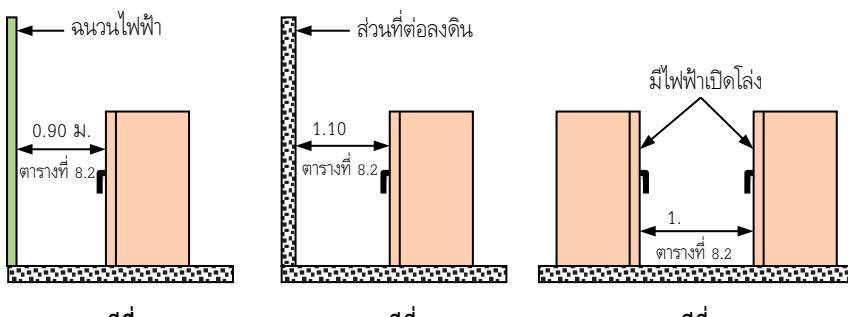
แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 ตารางที่ 1-1

กรณีที่ 1 เมื่อมีส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ทางด้านหนึ่งของที่ว่างเพื่อป้องกันภัยงาน และอีกด้านหนึ่งของที่ว่างเพื่อป้องกันภัยงานไม่มีห้องส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งและส่วนที่ต่อลงดิน หรือมีส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ทั้งสองด้านของที่ว่างเพื่อป้องกันภัยงาน แต่ได้มีการกันด้วยวัสดุที่เหมาะสม เช่น ไม้ หรือวัสดุอ่อนนุ่มนิ่ว

สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนหรือบล๊อบส์บาร์หุ้มฉนวนที่มีแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 300 V ให้ถือว่า เป็นส่วนที่ไม่มีไฟฟ้า

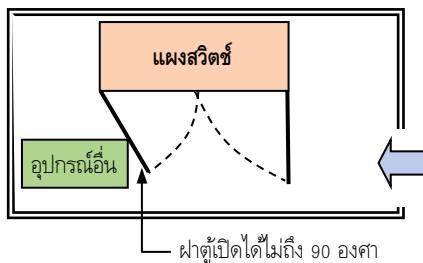
กรณีที่ 2 เมื่อมีส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ทางด้านหนึ่งของที่ว่างเพื่อป้องกันภัยงาน และอีกด้านหนึ่งของที่ว่างเพื่อป้องกันภัยงานเป็นส่วนที่ต่อลงดิน

กรณีที่ 3 เมื่อมีส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ทั้งสองด้านของที่ว่างเพื่อป้องกันภัยงาน (ไม่มีการกันตามกรณีที่ 1) โดยผู้ป้องกันภัยงานจะอยู่ระหว่างนั้น



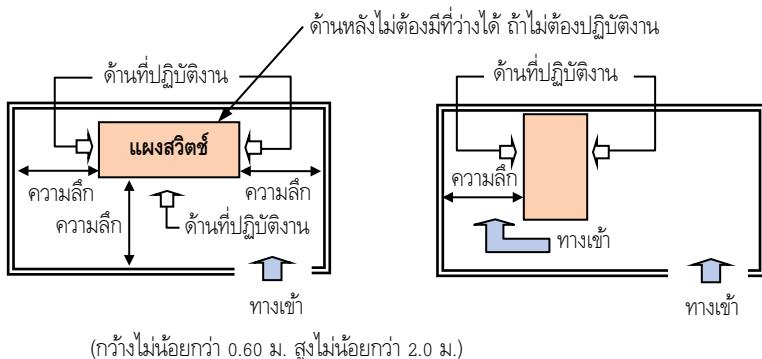
รูปที่ 8.4 สำหรับระบบแรงดัน (ตัวอย่างระยะห่างสำหรับแรงดันเทียบดิน 151-600 V)

การวัดความลึก ให้วัดจากส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่ง หรือถ้าส่วนที่มีไฟฟ้ามีการห่อหุ้ม (เช่น ตู้) ให้วัดจากด้านหน้าของเครื่องห่อหุ้ม พื้นที่ว่างเพื่อป้องกันภัยงาน ต้องเพียงพอที่จะเปิดประตูหรือฝาตู้ได้อย่างน้อย 90 องศา



รูปที่ 8.5 ตัวอย่างที่ฝ่าตู้เปิดได้ไม่ถึง 90 องศา
(ไม่ถูกต้อง)

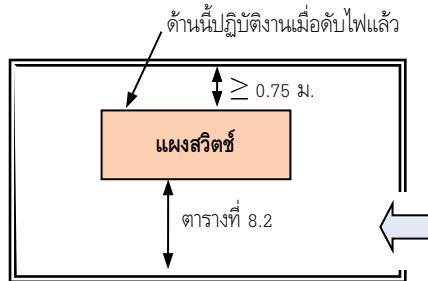
ทางเข้าพื้นที่ว่างเพื่อปฎิบัติงาน ต้องมีทางเข้าไปยังพื้นที่ว่างเพื่อปฎิบัติงานอย่างน้อย 1 ทาง กว้างไม่น้อยกว่า 0.60 ม. สูงไม่น้อยกว่า 2.0 ม. เพื่อเข้าไปยังพื้นที่ว่างเพื่อปฎิบัติงานทางเข้าอาจเป็นประตูหรือไม่งกได้ตามที่แสดงในรูปที่ 8.6



รูปที่ 8.6 ตัวอย่างทางเข้าพื้นที่ว่างเพื่อปฎิบัติงานและความลึก

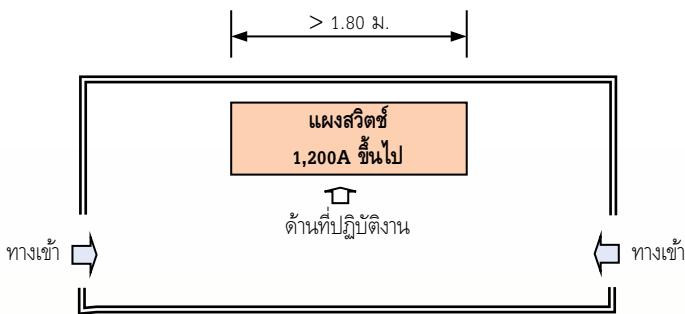
ในรูปที่ 8.6 ถ้าเป็นแผงสวิตซ์แรงดัน 230/400 V ห้องเป็นผังคอนกรีต ความลึกต่ำสุดจะเท่ากับ 1.10 ม.

ແຜງສວິຕົ້ນທີ່ເຂົ້າຄື່ນເພື່ອປົກປັບຕິງານໄດ້ຈຳກັດດ້ານອື່ນທີ່ໄມ້ໃຊ້ດ້ານຫລັງ ໂມ່ຕັ້ງມີທີ່ວ່າງເພື່ອປົກປັບຕິງານດ້ານຫລັງຂອງແຜງກີໄດ້ ໃນເຖິງທີ່ຕັ້ງເຂົ້າຄື່ນດ້ານຫລັງເພື່ອກຳນົດໃນສ່ວນທີ່ໄດ້ປັດຈວງຈາກຝຳໄຟ
ອອກແລ້ວ ຕັ້ງມີທີ່ວ່າງເພື່ອປົກປັບຕິງານໃນແນວນອນໄໝ່ນ້ອຍກວ່າ 0.75 ມ. ຕາວດແນວຂອງແຜງສວິຕົ້ນ

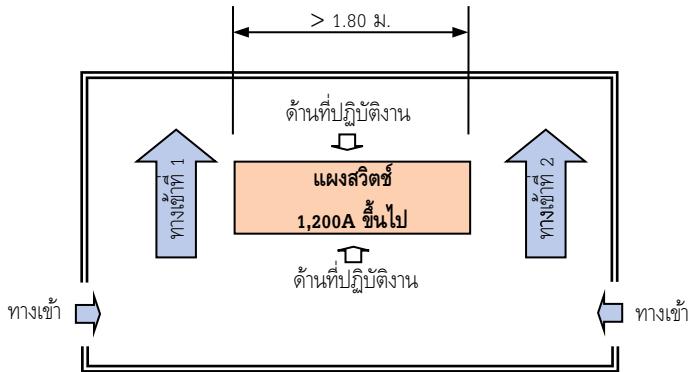


ຮູບທີ 8.7 ທີ່ວ່າງຕາມແນວນອນທີ່ປົກປັບຕິງານເມື່ອດັບໄຟແລ້ວ

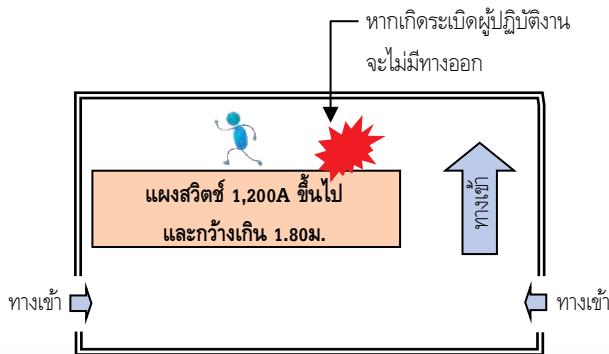
ທາງເຂົ້າສໍາຫຼັບແຜງສວິຕົ້ນນາດໃໝ່ ແຜງສວິຕົ້ນແລະ ແຜງຄວບຄຸມທີ່ມີພິກັດກະຮະແລ
ຕັ້ງແຕ່ 1,200 A ຊື້ນໄປ ແລະ ກວາງເກີນ 1.80 ມ. ລື້ອເປັນແຜງສວິຕົ້ນນາດໃໝ່ ຕັ້ງມີທາງເຂົ້າທັງສອງ
ຫຼາຍຂອງແຜງ



ຮູບທີ 8.8 ແສດທາງເຂົ້າໄປຢັ້ງພື້ນທີ່ວ່າງເພື່ອປົກປັບຕິງານທັງ 2 ຫຼາຍຂອງແຜງສວິຕົ້ນ



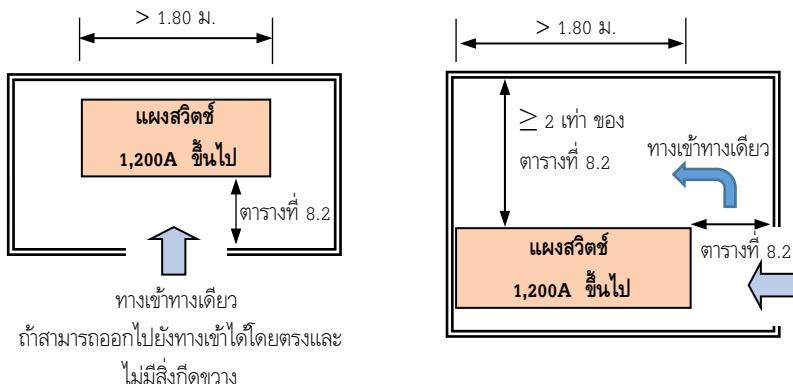
รูปที่ 8.9 ตัวอย่างทางเข้าไปยังพื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานห้อง 2 ข้างของแผงสวิตซ์
 (ถ้าด้านหลังต้องปฏิบัติงาน ต้องมีทางเข้าห้อง 2 ข้างด้วย)



รูปที่ 8.10 ตัวอย่างมีทางเข้าทางเดียวผู้ปฏิบัติงานจะไม่มีทางออก หากเกิดระเบิด
 (ไม่ถูกต้อง)

ถ้าด้านหน้าของแผงสวิตซ์หรือแผงย่อยเป็นที่ว่าง สามารถออกแบบทางเข้าได้โดยตรง และไม่มีลิ่งกีดขวาง อนุญาตให้มีทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานทางเดียวได้ (ดูรูปที่ 8.11)

ในกรณีที่ว่างเพื่อปูนบดติดตั้งตามมีความลึกเป็น 2 เท่าที่กำหนดในตารางที่ 8.2 ให้มีทางเข้าที่ว่างเพื่อปูนบดติดตั้งทางเดียวได้ แต่ทางเข้าต้องอยู่ห่างจากแผงสวิตซ์หรือแผงย่อยไม่น้อยกว่าที่กำหนดของแผงสวิตซ์ในแต่ละกรณีด้วย

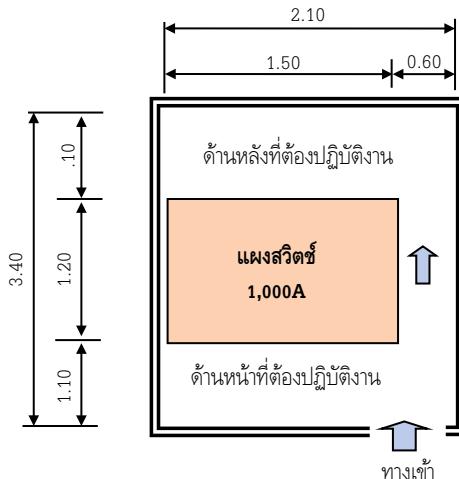


รูปที่ 8.11 ตัวอย่างทางเข้าทางเดียว

ที่ว่างเหนือพื้นที่ปูนบดติดตั้งและแผง บริเวณที่ว่างเพื่อปูนบดติดตั้งสำหรับแผงสวิตซ์ หรือเครื่องควบคุมมอเตอร์ต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 2.0 ม.

ส่วนบนของแผงสวิตซ์ต้องห่างจากเพดานติดไฟหรือไฟฟ้าอย่างน้อยกว่า 0.90 ม. หรือถ้าเป็นเพดานไม่ติดไฟหรือมีแผ่นกันไฟไม่ติดไฟ ต้องห่างไม่น้อยกว่า 0.60 ม.

ตัวอย่างที่ 8.1 แผงสวิตซ์ไฟฟ้าแรงดัน 230/400 V, 3 เฟส 4 สาย 1,000 A ขนาด W×D×H (กว้าง×ลึก×สูง) = 1.5×1.2×2.2 ม. จำนวน 1 แผง ต้องปูนบดติดงานขณะที่มีไฟทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ต้องการกำหนดขนาดห้อง กำหนดให้ห้องเป็นค่อนกรีตและเพดานห้องไม่ติดไฟ วิธีทำ



แผงสวิตซ์ปูนบดติดงานทั้งด้านหน้าและหลัง เป็นกรณีที่ 2 ระยะห่างจากแผงสวิตซ์ถึงผนังห้องไม่น้อยกว่า 1.10 ม.

ด้านข้างไม่ต้องปูนบดติดงานจึงมีเฉพาะทางเข้าพื้นที่ปูนบดติดงานด้านหลังแผงสวิตซ์ ซึ่งกว้างไม่น้อยกว่า 0.60 ม. สูง 2.0 ม. และมีทางเข้าทางเดียวกับพอ

$$\text{ความกว้างห้อง} = 1.5 + 0.60 = 2.10 \text{ ม.}$$

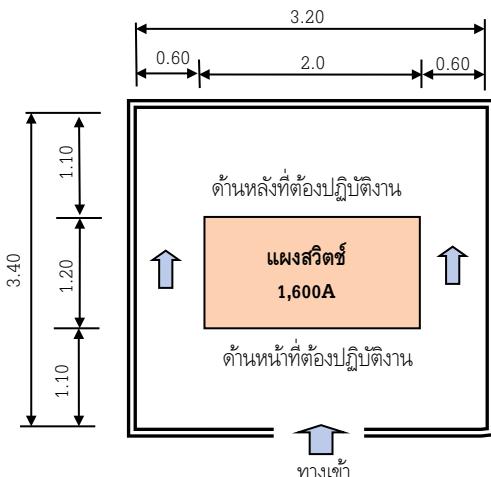
$$\text{ความยาวห้อง} = 1.10 + 1.20 + 1.10 = 3.40 \text{ ม.}$$

$$\text{ความสูงห้อง} = 2.20 + 0.60 = 2.80 \text{ ม.}$$

- หมายเหตุ**
- ความกว้างของห้องเรียกตามหน้ากว้างของแผงสวิตซ์ตามที่แสดงในรูป จึงอาจมากกว่าความกว้างได้
 - แผงสวิตซ์อาจจัดวางในรูปแบบอื่นได้เช่นอาจทำให้ขนาดห้องเปลี่ยนไป

ตัวอย่างที่ 8.2 แผงสวิตซ์ไฟฟ้าแรงดัน 230/400 V, 3 เฟส 4 สาย 1,600 A ขนาด W×D×H (กว้าง×ลึก×สูง) = 2.0×1.2×2.2 ม. จำนวน 1 แผง ปุ่มบิ๊กงานขณะที่ไม่ไฟทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ต้องการทำหนาด้านห้อง กำหนดให้ห้องเป็นค่อนกรีตและเดานห้องไม่ติดไฟ

วิธีทำ



แผงสวิตซ์ปุ่มบิ๊กงานทั้งด้านหน้าและหลัง เป็นกรณีที่ 2 ระยะห่างจากแผงสวิตซ์ถึงผนัง ห้องเท่ากับ 1.10 ม. มีทางเข้าเพื่อห้องบิ๊กงานด้านหลังแผงสวิตซ์กว้างไม่เกินกว่า 0.60 ม. สูง 2.0 ม.

2 ทาง

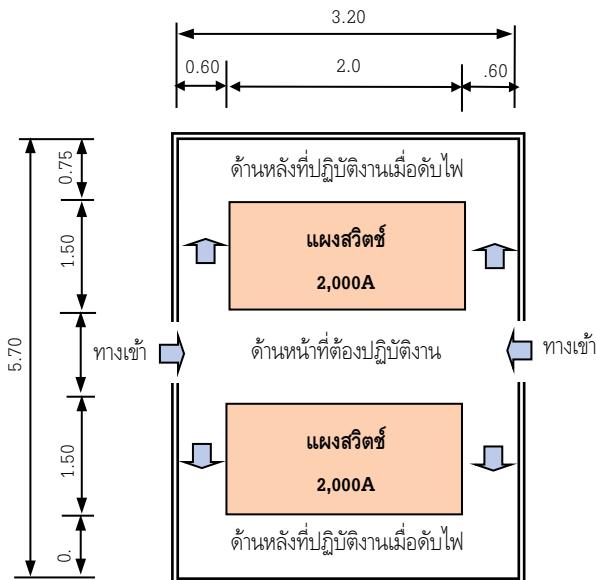
$$\text{ความกว้างห้อง} = 0.60 + 2.0 + 0.60 = 3.20 \text{ ม.}$$

$$\text{ความยาวห้อง} = 1.10 + 1.20 + 1.10 = 3.40 \text{ ม.}$$

$$\text{ความสูงห้อง} = 2.20 + 0.60 = 2.80 \text{ ม.}$$

หมายเหตุ 1. แผงสวิตซ์อาจจัดวางในรูปแบบนี้ได้ซึ่งอาจทำให้ขนาดห้องเปลี่ยนไป

ตัวอย่างที่ 8.3 แผงสวิตซ์ไฟแรงดัน 230/400 V, 3 เฟส 4 สาย 2,000 A ขนาด W×D×H = 2.0×1.5×2.2 ม. จำนวน 2 แผงวางหันหน้าเข้าหากัน ด้านหลังแผงสวิตซ์ปูภูบดิบติดงานเฉพาะเมื่อตับไฟเท่านั้น ต้องการกำหนดขนาดห้อง กำหนดให้ห้องเป็นคอนโดและเดินทางห้องไม่ติดไฟ วิธีทำ



เป็นแผงสวิตซ์ขนาด 2,000A (ตั้งแต่ 1,200 A และกว้างเกิน 1.80 ม.) ระยะห่างหน้าแผงสวิตซ์เป็นกรณีที่ 3 ระยะห่างไม่น้อยกว่า 1.20 ม. และมีทางเข้าห้อง 2 ข้างของแผง ด้านหลังปูภูบดิบงานเมื่อตับไฟต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 0.75 ม. และต้องมีทางเข้าขนาด 0.60 ม.

$$\text{ความกว้างห้อง} = 0.60 + 2.0 + 0.6 = 3.20 \text{ ม.}$$

$$\text{ความยาวห้อง} = 0.75 + 1.50 + 1.20 + 1.50 + 0.75 = 5.70 \text{ ม.}$$

$$\text{ความสูงห้อง} = 2.2 + 0.60 = 2.80 \text{ ม.}$$

8.4.2 สำหรับระบบแรงสูง

ตารางที่ 8.3 ความลึกต่ำสุดของที่ว่างเพื่อปูนติดงานกับบริภัณฑ์ไฟฟ้า ระบบแรงสูง

แรงดันไฟฟ้า วัดเทียบเดิน (V)	ความลึกต่ำสุด (เมตร)		
	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

แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 ตารางที่ 1-2

พื้นที่ว่างเพื่อปูนติดงาน เป็นดังนี้

ความกว้าง ต้องไม่น้อยกว่า 0.90 ม. สูงไม่น้อยกว่า 2.0 ม. และต้องเปิดฝาตู้ได้ไม่น้อยกว่า 90 องศา

ความลึก แบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อมีส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ทางด้านหนึ่งของที่ว่างเพื่อปูนติดงาน และอีกด้านหนึ่งของที่ว่างเพื่อปูนติดงานไม่มีห้องส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งและส่วนที่ต้องดิน

หรือมีส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ทั้งสองด้านของที่ว่างเพื่อปูนติดงาน แต่ต้องการกันด้วยวัสดุที่เหมาะสม เช่น ไม้ หรือวัสดุชนวนอื่น

สายไฟฟ้าทุกชนวนหรือบล็อกบาร์ทุกชนวนที่มีแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 300 V ให้ถือว่าเป็นส่วนที่ไม่มีไฟฟ้า

กรณีที่ 2 เมื่อมีส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ทางด้านหนึ่งของที่ว่างเพื่อปูนติดงาน และอีกด้านหนึ่งของที่ว่างเพื่อปูนติดงานเป็นส่วนที่ต้องดิน

กรณีที่ 3 เมื่อมีส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ทั้งสองด้านของที่ว่างเพื่อปูนติดงาน (ไม่มีการกันตามกรณีที่ 1) โดยผู้ปูนติดงานจะอยู่ระหว่างหัน

แผงสวิตซ์ที่เข้าถึงเพื่อปฏิบัติงานได้จากด้านอื่นที่ไม่ใช่ด้านหลัง ไม่ต้องมีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานด้านหลังของแผงก็ได้ ในที่ซึ่งต้องเข้าถึงด้านหลังเพื่อทำงานในส่วนที่ได้ปลดวงจรไฟฟ้าออกแล้ว ต้องมีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานในแนวหนอนไม่น้อยกว่า 0.75 ม. ตลอดแนวของแผงสวิตซ์ ทางเข้าพื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน ต้องมีทางเข้าอย่างน้อย 1 ทาง มีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.60 ม. สูงไม่น้อยกว่า 2.0 ม.

แผงสวิตซ์และแผงควบคุมที่มีความกว้างเกิน 1.80 ม. (ไม่กำหนดระยะ) ต้องมีทางเข้าทั้งสองข้างของแผงสวิตซ์ แต่ถ้าด้านหน้าของแผงสวิตซ์ไม่มีสิ่งกีดขวาง หรือมีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานเป็น 2 เท่าของที่กำหนดไว้ข้างต้น ยอมให้มีทางเข้าทางเดียวได้

บทที่ 9 แรงดันตก

9.1 การเกิดแรงดันตก

คือแรงดันไฟฟ้าที่สูญเสียไประหว่างทาง สาเหตุจากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายไฟฟ้าซึ่งมีค่าอิมพีเดนซ์ (impedance) แรงดันตกจึงเป็นความต่างกันระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ปลายทาง กับต้นทาง ปกติจะคิดเป็นร้อยละของแรงดันต้นทาง

9.2 ผลของแรงดันตก

เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ปลายทางต่ำจะเกิดผลเสียคือ ประสิทธิผลการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะลดลง หรืออาจถึงขั้นทำงานไม่ได้ เช่น หลอดไฟฟ้าสว่างน้อยลง หลอดฟลูอเรสเซ็นต์อาจเบิดติดยากหรือไม่ติด และขณะต่อไฟฟ้าล่าร์ตไม่ไฟหรือว้อนจน overload เป็นต้น จึงจำเป็นต้องแก้ไข วิธีที่ดีคือจะต้องป้องกันไว้ก่อนคือต้องทราบก่อนว่าในวงจรไฟฟ้าที่จะติดตั้งใช้งานนั้นมีค่าแรงดันตามกำหนดหนาหรือไม่ และทำการแก้ไขเสียก่อนที่จะทำการติดตั้ง

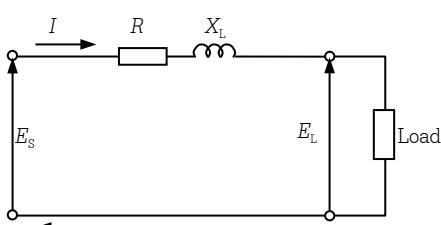
หากสมการ แรงดันตกเกิดจากกระแสไฟฟ้าคูณด้วย impedance ของสายไฟฟ้า วิธีการแก้แรงดันตกที่นิยมใช้กันทั่วไปคือการลดค่า impedance โดยการเพิ่มน้ำดสายไฟฟ้า สำหรับการลดกระแสไฟฟ้าการปรับค่า power factor ก็อาจทำได้ระดับหนึ่ง

9.3 มาตรฐานแรงดันตก

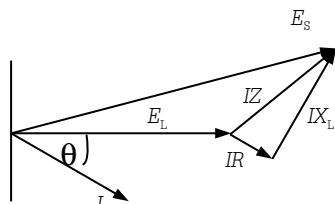
- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ กำหนดค่าแรงดันตกในส่วนของระบบแรงดัน ไว้ดังนี้
- กรณีรับไฟแรงต่ำจากการไฟฟ้าฯ แรงดันตกคิดจากเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าถึงจุดใช้ไฟจุดสุดท้าย (จุดที่มีค่าแรงดันตกสูงสุด) รวมกันต้องไม่เกิน 5% จากค่าแรงดันที่ระบุ
 - กรณีรับไฟแรงสูงจากการไฟฟ้าฯ แรงดันตกคิดจากเมนส์วิตช์ (หรือบริภัณฑ์ประธาน) ถึงจุดใช้ไฟจุดสุดท้ายรวมกันต้องไม่เกิน 5% จากค่าแรงดันที่ระบุ

9.4 การคำนวณแรงดันตก

แรงดันตกคือแรงดันไฟฟ้าที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้าระหว่างทางที่กระแสไฟไหล การหาค่าแรงดันตกจึงเป็นการหาแรงดันไฟฟ้าที่ปลายทางเทียบกับต้นทาง เชียนเป็นวงจรสมมูลและ phasor diagram ได้ดังนี้



วงจรสมมูล 1 เฟส



Phasor diagram

กำหนดให้

$$E_s = \text{แรงดันไฟฟ้าที่ต้นทาง (V)}$$

$$E_L = \text{แรงดันไฟฟ้าที่ปลายทาง (V)}$$

$$I = \text{กระแสไฟฟ้าในวงจร (A)}$$

$$R = \text{ความต้านทาน (\Omega)}$$

$$X_L = \text{Inductive reactance (\Omega)}$$

เชียนเป็นสมการโดยประมาณได้ดังนี้

$$E_s = E_L + I R \cos\theta + I X_L \sin\theta$$

$$\text{แรงดันตก} = E_s - E_L = I R \cos\theta + I X_L \sin\theta$$

การคำนวณค่าแรงดันตกจะใช้ค่าความต้านทานกระแสลับที่อุณหภูมิพิกัดใช้งานของสายไฟฟ้าคือสายฉนวน PVC คิดที่อุณหภูมิ 70°C และสายฉนวน XLPE คิดที่อุณหภูมิ 90°C สำหรับค่ารีเอกอกเตนซ์หรือค่า X_L ของสายไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามวิธีการวางแผนสายไฟฟ้า ดังนั้น

สายฉนวน PVC กับ XLPE ที่ขนาดเท่ากันและวิธีการวางสายเหมือนกันจึงมีค่าแรงดันตกไม่เท่ากัน สมการแรงดันตกเป็นดังนี้

1. แรงดันตกวงจร 3 เฟส

$$VD = \sqrt{3} \times I(R \cos\Theta + X_L \sin\Theta) \times L$$

ทำเป็นเปอร์เซ็นต์หารด้วยระบบแรงดัน สำหรับระบบแรงดัน 230/400 V

$$\%VD = \frac{VD}{400} \times 100$$

2. แรงดันตกวงจร 1 เฟส

$$VD = 2 \times I(R \cos\Theta + X_L \sin\Theta) \times L$$

ทำเป็นเปอร์เซ็นต์หารด้วยระบบแรงดัน สำหรับระบบแรงดัน 230/400 V

$$\%VD = \frac{VD}{230} \times 100$$

9.5 อิมพีเดนซ์ของสายไฟฟ้า

ประกอบด้วยค่าความต้านทาน (R) และค่า inductive reactance (X_L) ดังนี้
ความต้านทาน ขึ้นกับชนิดของวัสดุที่ใช้ทำสายไฟฟ้า ขนาดและความยาวของสายไฟฟ้า
 ดังนี้

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

กำหนดให้

R = ความต้านทานของสายไฟฟ้า เป็น โอห์ม

ρ = ความต้านทานจำเพาะของวัสดุที่ใช้ทำสายไฟฟ้า เป็น โอห์ม-เมตร

l = ความยาวของสายไฟฟ้า เป็น ม.

A = พื้นที่ภาคตัดขวางของสายไฟฟ้าเป็น ตร.ม.

ค่า ρ ของสายทองแดง = 1/54 และของอะลูมิเนียม 1/38 ที่อุณหภูมิ 20°C เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปความต้านทานของสายไฟฟ้าจะเปลี่ยนไปด้วย หาได้ดังนี้

$$\frac{R_2}{R} = \frac{T + t_2}{T + t}$$

กำหนดให้

R_1 = ความต้านทานของสายไฟฟ้าที่ อุณหภูมิ 20°C

R_2 = ความต้านทานของสายไฟฟ้าที่ อุณหภูมิ t_2

t_1 = 20°C

t_2 = อุณหภูมิใช้งานของสายไฟฟ้า

T = ค่าคงที่ สายทองแดง = 241 และสายอะลูมิเนียม = 228

Inductive reactance หาได้ดังนี้

$$x_L' = 0.0628 \times 10^{-3} \left(\frac{1}{4n} + \ln \frac{d}{r} \right)$$

กำหนดให้

x_L' = inductive reactance ของสายไฟฟ้า เป็น โอห์ม/เมตร

n = จำนวนตัวนำบันเดล (bundles)

d = ระยะเฉลี่ยเรขาคณิตระหว่างตัวนำ หรือระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางของสาย

สายตัวนำ (bundle)

บทที่ 9 แรงดันตก

$r = \text{รัศมีตัวนำเดี่ยว} \quad \text{กรณีมีหลุยตัวนำจะแทนค่าด้วย } \sqrt[2]{nrR^{n-1}} \quad \text{เมื่อ } R \text{ คือ} \\ \text{รัศมีบันเดล}$

เพื่อความสอดคล้องในการใช้งาน มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า ได้กำหนดค่า impedance ของสายไฟฟ้าและค่านวนเป็นค่าแรงดันตกสำหรับแต่ละวิธีการเดินสายไว้แล้ว ตามตารางที่ 9.1 ถึง 9.4 ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น mV/A/m

9.6 การหาค่าแรงดันตกโดยใช้ตาราง

วิธีที่สอดคล้องในการหาค่าแรงดันตกคือการใช้ตารางในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า เพื่อประกอบการคำนวณ การหาค่าแรงดันตกแบ่งเป็นสำหรับสาย PVC และสาย XLPE ซึ่งจะต้องเลือกใช้ตารางให้ถูกต้อง และในการอ่านค่าจากตารางก็จะต้องทราบว่าเป็นวงจร 1 เฟส หรือ 3 เฟส และทราบวิธีการเดินสายหรือรูปแบบการติดตั้งด้วย ดังนี้

กลุ่มที่ 1 สายแกนเดี่ยวหรือหลุยแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในช่องเดินสายโลหะหรือโลหะ ภายใต้ผ้าเพดานที่เป็นผนังความร้อน หรือผนังกันไฟ

กลุ่มที่ 2 สายแกนเดี่ยวหรือหลุยแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในช่องเดินสายโลหะหรือโลหะเดินทางผนังหรือเพดาน หรือผงในผนังคอนกรีตหรือท่อคัลลี้กัน

กลุ่มที่ 3 สายแกนเดี่ยวหรือหลุยแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินทางผนัง หรือเพดาน ที่ไม่มีลิ้งปิดหุ้มท่อคัลลี้กัน

กลุ่มที่ 4 สายเคเบิลแกนเดี่ยวหรือหลุยแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก วางเรียงกันแบบมีระยะห่าง เดินบนผนังฉนวนถูกถ่ายในอากาศ

กลุ่มที่ 5 สายแกนเดี่ยวหรือหลุยแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินในห้องโลหะ หรืออุโมงค์

กลุ่มที่ 6 สายแกนเดี่ยว หรือหลุยแกน หุ้มฉนวน มีเปลือกนอก ผ่านดินโดยตรง

กลุ่มที่ 7 สายเคเบิลแกนเดี่ยวหรือหลุยแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก วางบนเรางเคเบิล แบบต้านหลังทึบ วางเคเบิลแบบบรรบายน้ำ หรือวางเคเบิลแบบบันได

ตารางที่ 9.1 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ชนวน PVC แกนเดียว ที่ 70°C

ขนาดสาย (ตร.มม.)	1 เฟส AC (mV/A/m)		3 เฟส AC (mV/A/m)			
	รูปแบบการติดตั้ง					
	กลุ่มที่ 1, 2 และ 5	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7	กลุ่มที่ 1, 2 และ 5	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7		
Touching	Spaced	Trefoil	Flat	Spaced		
1.0	44	44	38	38	38	38
1.5	29	29	25	25	25	25
2.5	18	18	15	15	15	15
4	11	11	9.5	9.5	9.5	9.5
6	7.3	7.3	6.4	6.4	6.4	6.4
10	4.4	4.4	3.8	3.8	3.8	3.8
16	2.8	2.8	2.4	2.4	2.4	2.4
25	1.81	1.75	1.52	1.50	1.50	1.52
35	1.33	1.25	1.13	1.11	1.12	1.15
50	1.00	0.94	0.85	0.81	0.84	0.86
70	0.71	0.66	0.61	0.57	0.60	0.63
95	0.56	0.50	0.48	0.44	0.47	0.50
120	0.48	0.41	0.40	0.35	0.39	0.43
150	0.41	0.35	0.35	0.30	0.34	0.38
185	0.36	0.29	0.31	0.26	0.30	0.34
240	0.30	0.25	0.27	0.21	0.25	0.29
300	0.27	0.22	0.24	0.18	0.23	0.26
400	0.25	0.19	0.22	0.16	0.20	0.24
500	0.23	0.17	0.20	0.15	0.18	0.22

แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 วสท.

ตารางที่ 9.2 แรงดันแตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน PVC หลายแกน ที่ 70°C

ขนาดสาย (ตร.มม.)	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

แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งห้องไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 วสท.

ตารางที่ 9.3 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน XLPE แกนเดียว ที่ 90°C

ขนาดสาย (ตร.ม.m.)	1 เฟส AC (mV/A/m)			3 เฟส AC (mV/A/m)			
	รูปแบบการติดตั้ง						
	กลุ่มที่ 1, 2 และ 5	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7		กลุ่มที่ 1, 2 และ 5	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7		
		Touching	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

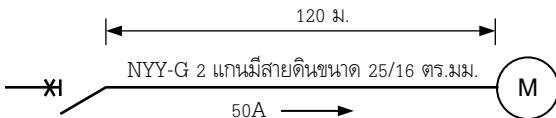
แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 วสท.

ตารางที่ 9.4 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน XLPE หลายแกน ที่ 90°C

ขนาดสาย (ตร.มม.)	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	4.0
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

แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งห้องไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 วสท.

ตัวอย่างที่ 9.1 วงจรไฟฟ้า 1 เฟส 230 V ใช้สาย NYY-G ชนิด 2 แกนมีสายดินขนาด 25/16 ตร.มม. เเดينร้อยห่อโลหะกاءผังความยาว 120 เมตร จ่ายไฟให้วงจรモเตอร์ที่มีกระแสไฟหลด เต็มที่ 50 A ต้องการหาค่าแรงดันตกที่มอเตอร์ และถ้าต้องการแรงดันตกไม่เกิน 3% จะทำว่า จะต้องใช้สายไฟฟ้าขนาดเท่าใด



วิธีทำ

สาย NYY-G ชนิด 2 แกนมีสายดินขนาด 25/16 ตร.มม. เป็นสาย PVC ใช้ตารางที่ 9.2 สายเดินร้อยห่อโลหะผังนั้งเป็นกลุ่มที่ 2 ได้ $VD = 1.75 \text{ mV/A/m}$

$$VD = \text{mV} \times \text{กระแส (A)} \times \text{ความยาวสาย (m)}$$

$$VD = 1.75 \times 50 \times 120/1,000 = 10.5 \text{ V}$$

$$\text{เป็นเปอร์เซ็นต์} = (10.5/230) \times 100 = 4.56 \%$$

ถ้าต้องการแรงดันตกไม่เกิน 3% จะต้องเปลี่ยนขนาดสายใหม่ให้ใหญ่ขึ้น ถ้าเปลี่ยนเป็น สายขนาด 35 ตร.มม. จะได้แรงดันตกเป็นดังนี้

จากตารางที่ 9.2 สาย NYY-G 2 แกนมีสายดินขนาด 35/16 ตร.มม. $VD = 1.25 \text{ mV/A/m}$

$$VD = 1.25 \times 50 \times 120/1,000 = 7.5 \text{ V}$$

$$\text{เป็นเปอร์เซ็นต์} = (7.5/230) \times 100 = 3.26 \%$$

แรงดันตกยังเกิน 3% จะต้องเปลี่ยนขนาดสายใหม่ให้ใหญ่ขึ้นอีก ถ้าเปลี่ยนเป็น สายขนาด 50 ตร.มม. จะได้แรงดันตกเป็นดังนี้

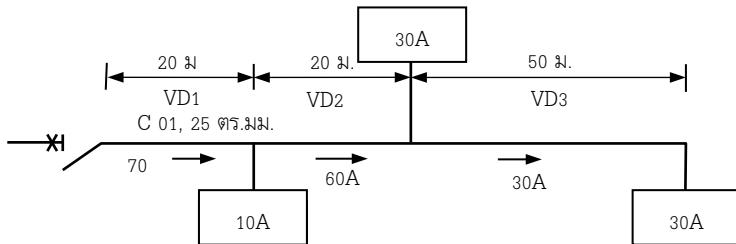
จากตารางที่ 9.2 สาย NYY-G 2 แกนมีสายดินขนาด 50/25 ตร.มม. $VD = 0.93 \text{ mV/A/m}$

$$VD = 0.93 \times 50 \times 120/1,000 = 5.58 \text{ V}$$

$$\text{เป็นเปอร์เซ็นต์} = (5.58/230) \times 100 = 2.42 \%$$

จะต้องใช้สาย NYY-G ชนิด 2 แกนมีสายดินขนาด 50/25 ตร.มม.

ตัวอย่างที่ 9.2 วงจรไฟฟ้า 3 เฟส 230/400 V ใช้สาย IEC 01 ขนาด 25 ตร.มม.
เดินร้อยท่อทางผนัง จ่ายไฟลดตามที่แสดงในรูป ต้องการหาค่าแรงดันตกที่จุดปลายสุดของวงจร



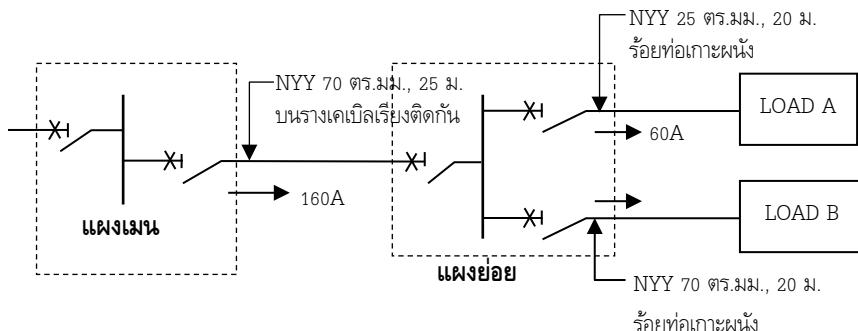
วิธีทำ

สาย IEC 01 ขนาด 25 ตร.มม. เป็นสาย PVC ใช้ตารางที่ 9.1 (กลุ่มที่ 2) ได้ $VD = 1.52 \text{ mV/A/m}$

$$\begin{aligned}
 VD &= mV \times \text{กระแส (A)} \times \text{ความยาวสาย (m)} \\
 VD1 &= 1.52 \times (10+30+30) \times 20/1,000 = 2.13 \text{ V} \\
 VD2 &= 1.52 \times (30+30) \times 20/1,000 = 1.82 \text{ V} \\
 VD3 &= 1.52 \times 30 \times 50/1,000 = 2.28 \text{ V} \\
 \text{รวม } VD (VD \text{ ที่จุดปลายสุด}) &= 2.13 + 1.82 + 2.28 = 6.23 \text{ V} \\
 \text{เป็นเปอร์เซ็นต์} &= (6.23/400) \times 100 = 1.6\%
 \end{aligned}$$

หมายเหตุ การหาค่าแรงดันตกวิธีนี้เป็นวิธีโดยประมาณ เพราะในความเป็นจริงไฟลดแต่ละตัวจะมีค่า power factor ไม่เท่ากัน

ตัวอย่างที่ 9.3 เมนส์วิธีระบบ 3 เฟส 4 สาย 230/400 V จ่ายไฟให้ແຜຍ່ອດ້ວຍສາຍ NYY ແກນເດີຍວາຂະໜາດ 70 ຕຣ.ມມ. ຍາວ 25 ມ. ສາຍວາງເຮືອງຈິດຕິດກັນບ່ຽນຮາງເຄເບີລແບບປັ້ນໄດ້ ກຮຣແສ ໃນວັງຈາກ 160 A ແລະ ຈາກແຜຍ່ອດ້ວຍຈ່າຍໄຟໄທ໌ໂລດ 3 ເຟສ 2 ຊຸດ ໂດຍໃຫ້ສາຍ NYY ແກນເດີຍເດີນຮ້ອຍທ່ວ່າເກາະພັ້ນ ຂໜາດ ກຮຣແສ ແລະ ຄວາມຍາວາມທີ່ແສດງໃນຮູ່ປັ້ນ ຕ້ອງການກ່າວແຮງດັ່ນຕັກທີ່ໂລດ B



ວິທີກຳ

VD1 ສາຍ NYY ແກນເດີຍວາ ຂໜາດ 70 ຕຣ.ມມ. ເປັນສາຍ PVC ໃຫ້ຕາງໆທີ່ 9.1 ວັນບ່ຽນຮາງເຄເບີລແບບເຮືອງຈິດຕິດກັນ (ກລຸ່ມທີ່ 7, Flat) ໃດ້ຄ່າແຮງດັ່ນຕັກ 0.60 mV/A/m

$$VD1 = 0.60 \times 160 \times 25/1,000 = 2.4 \text{ V}$$

VD2 ສາຍ NYY ແກນເດີຍວາ ຂໜາດ 70 ຕຣ.ມມ. ເປັນສາຍ PVC ໃຫ້ຕາງໆທີ່ 9.1 ເດີນຮ້ອຍທ່ວ່າ (ກລຸ່ມທີ່ 2) ໃດ້ຄ່າແຮງດັ່ນຕັກ 0.61 mV/A/m

$$VD2 = 0.61 \times 100 \times 20/1,000 = 1.22 \text{ V}$$

$$\text{รวม } VD (VD \text{ ທີ່ໂລດ}) = 2.4 + 1.22 = 3.62 \text{ V}$$

$$\text{ເປັນເປົ້ອງເຫຼັກ} = (3.62/400) \times 100 = 0.91\%$$

9.7 ความยาวสายสูงสุดตามค่าแรงดันตก

ในการออกแบบหรือติดตั้งระบบไฟฟ้าอาจต้องการทราบในเบื้องต้นว่า่วงจรที่ออกแบบ และสายไฟฟ้าที่ใช้จะจ่ายไฟลดได้ความยาวเท่าไร การหาค่าความยาวสายสูงสุดตามค่าเบอร์เซ็นต์ แรงดันตกที่กำหนด เป็นดังนี้

$$\text{ค่าที่อ่านได้จากตาราง (VD)} = \text{mV/A/m}$$

$$\text{นั่นคือ } VD = \frac{\text{mV}}{1000} \times A \times m$$

$$\text{ความยาวสายสูงสุด (m)} = \frac{VD \times 1000}{(\text{mV} \times A)}$$

เมื่อ mV = ค่าที่อ่านได้จากตาราง

A = กระแสไฟฟ้าที่เหลือในวงจร หรือเพื่อความละเอียดจากขนาด เชอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งกระแสที่เหลือริงก์จะไม่เกินนี้

ตัวอย่าง

วงจรไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 230/400 V ใช้สาย IEC 01 ขนาด 50 ตร.มม. เดินร้อนยห่อในอากาศ ในวงจรมีกระแสไฟ 80 A ใช้เชอร์กิตเบรกเกอร์ 100 A ต้องการหาความยาวสายสูงสุด กำหนดให้แรงดันตกไม่เกิน 3%

วิธีทำ

วิธีที่ 1 คิดจากการกระแสไฟลัด

$$\text{แรงดันตก } 3\%, \quad VD = 400 \times 3/100 = 12 \text{ V}$$

$$\text{ตารางที่ 9.1 (กลุ่มที่ 2) } \text{ได้ } \text{mV/A/m} = 0.85$$

$$\begin{aligned} \text{ความยาวสายสูงสุด (m)} &= \frac{VD \times 1000}{(\text{mV} \times A)} \\ &= \frac{12 \times 1000}{(0.85 \times 80A)} \\ &= 176 \text{ m.} \end{aligned}$$

วิธีที่ 2 คิดจากขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์

$$\begin{aligned}\text{ความยาวสายสูงสุด (m)} &= VD \times 1000 / (\text{mV} \times A) \\ &= 12 \times 1000 / (0.85 \times 100A) \\ &= 141 \text{ m.}\end{aligned}$$

หมายเหตุ การคิดจากขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์จะได้ความยาวสายสูงสุดน้อยกว่าคิดจากการกระแสโหลดแต่จะสะดวกกว่ากรณีไม่ทราบกระแสโหลดที่แน่นอน

ภาคผนวก A ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

(แหล่งที่มา:- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 วสท.)

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงทุ่มนวน PVC ตาม มอก.11-2553 เป็นไปตามตารางที่ 5-20 ถึง 5-26 และ 5-30 ถึง 5-31

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงทุ่มนวน XLPE ระบบแรงดัน 0.6/1 kV เป็นไปตามตารางที่ 5-21, 5-27 ถึง 5-29 และ 5-32 ถึง 5-33

ขนาดกระแสของสายเคเบิลชนิดเอ็มไอล์ เป็นไปตามตารางที่ 5-34 ถึง 5-35

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงทุ่มนวน XLPE มีชีล์ดระบบแรงดัน 3.6/6 kV ถึง 18/30 kV เป็นไปตามตารางที่ 5-36 และ 5-37

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมทุ่มนวน PVC ตาม มอก.293-2541 เป็นไปตามตารางที่ 5-42

ถ้ามีสายในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกันมากกว่า 1 กลุ่มวงจร โดยไม่นับสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าให้ใช้ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสสำหรับตารางที่ 5-20, 5-23, 5-27, 5-29, 5-31 และ 5-33 ด้วยค่าตามตารางที่ 5-8

หมายเหตุ หมายเลขอ้างอิงในภาคผนวกนี้ ตรงกับมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ พ.ศ.2564 เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

ตารางขนาดกระแสและการใช้งานสายไฟฟ้า

ตาราง	รายการ
ตารางที่ 5-8	ตัวคุณปรับค่าขนาดกระแสเนื่องจากจำนวนสายที่นำกระแสในช่องเดินสายไฟฟ้า หรือร่างเคเบิลที่มีฝาปิด เดียวกันมากกว่า 1 กลุ่มวงจร
ตารางที่ 5-20	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าห้องแดงหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในท่อร้อยสายในอาคาร
ตารางที่ 5-21	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำห้องแดงหุ้มฉนวน PVC หรือ XLPE มีเปลือก ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C หรือ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินภายในอาคาร
ตารางที่ 5-22	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำห้องแดงแกนเดียวหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 450/750 V อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินบนคนวนลูกถักวายในอาคาร
ตารางที่ 5-23	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำห้องแดงหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 30°C ร้อยท่อผังดินหรือผังดินโดยตรง
ตารางที่ 5-24	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าห้องแดงแกนเดียวหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 300/500 V อุณหภูมิตัวนำ 70°C หรือ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในอาคาร
ตารางที่ 5-25	ขนาดกระแสของสายยืดอ่อน (flexible cord) ตัวนำห้องแดงหลายแกนหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 300/500 V อุณหภูมิตัวนำ 70°C หรือ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในอาคาร
ตารางที่ 5-26	ขนาดกระแสของสายเคเบิลอ่อน (flexible cable) ตัวนำห้องแดงหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 450/750 V อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในอาคาร
ตารางที่ 5-27	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำห้องแดงหุ้มฉนวน XLPE มี/ไม่มีเปลือก ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินร้อยในท่อในอาคาร
ตารางที่ 5-28	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าแกนเดียวตัวนำห้องแดงหุ้มฉนวน XLPE ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินบนคนวนลูกถักวายในอาคาร
ตารางที่ 5-29	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำห้องแดงหุ้มฉนวน XLPE มีเปลือกนอก ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 30°C ร้อยท่อผังดินหรือผังดินโดยตรง
ตารางที่ 5-30	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำห้องแดงหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบระยะอาคาร หรือวางเคเบิลแบบบันได

ภาคผนวก A ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

ตารางที่ 5-30(ก)	ขนาดกระเสื่องสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC มีเปลือกนอก ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิดแบบด้านล่างทึบ
ตารางที่ 5-31	ขนาดกระเสื่องสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิดแบบด้านล่างทึบ แบบรยางยາอากาศ และแบบบันได
ตารางที่ 5-32	ขนาดกระเสื่องสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน XLPE ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิดแบบรยางยາอากาศและแบบบันได
ตารางที่ 5-32(ก)	ขนาดกระเสื่องสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้ม XLPE มีเปลือกนอก ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิดแบบด้านล่างทึบ
ตารางที่ 5-33	ขนาดกระเสื่องสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน XLPE มีเปลือก ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิดแบบด้านล่างทึบ แบบรยางยາอากาศ และแบบบันได
ตารางที่ 5-34	ขนาดกระเสื่องสายเคเบิลชนิดเอ็มไ/o ตัวนำและเปลือก (sheath) ทองแดง หุ้ม/ไม่หุ้มพีวีซี โดยเปลือกทองแดงสามารถสัมผัสได้ อุณหภูมิเปลือก 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C
ตารางที่ 5-35	ขนาดกระเสื่องสายเคเบิลชนิดเอ็มไ/o ตัวนำและเปลือก (sheath) ทองแดง โดยเปลือกทองแดง ไม่สามารถให้บุคคลสัมผัสหรือไม่สามารถสัมผัสนักบัญชีได้ อุณหภูมิเปลือก 105°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C
ตารางที่ 5-36	ขนาดกระเสื่องสายเคเบิล ตัวนำทองแดงแกนเดียวหุ้ม XLPE เปลือกนอก PVC มีชีล์ด ขนาดแรงดัน (U_0/U) ตั้งแต่ 3.6/6 kV ถึง 18/30 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบรยางยາอากาศ และแบบบันได
ตารางที่ 5-37	ขนาดกระเสื่องสายเคเบิล ตัวนำทองแดงแกนเดียวหุ้ม XLPE เปลือกนอก PVC มีชีล์ด ขนาดแรงดัน (U_0/U) ตั้งแต่ 3.6/6 kV ถึง 18/30 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C (ร้อยในห้องในอากาศ) และ 30°C (ร้อยท่อผังดิน)
ตารางที่ 5-38	ขนาดกระเสื่องสายเคเบิลตัวนำทองแดงแกนเดียวหุ้มฉนวน XLPE อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 30°C ขนาดแรงดัน (U_0/U) 3.6/6 ถึง 18/30 kV เดินใน duct bank ไม่เกิน 8 ท่อ
ตารางที่ 5-39	ขนาดกระเสื่องสายไฟฟ้าเครื่องเชื้อม (ตัวนำทองแดง) ตาม มอก.448-2525

ตารางที่ 5-40	ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสสำหรับสายเคเบิลแกนเดียวของบันไดทางเดิน เน้นกลุ่มมากกว่า 1 วงศ์
ตารางที่ 5-40(ก)	ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสสำหรับสายเคเบิลแกนเดียว ของบันไดทางเดิน เน้นกลุ่มมากกว่า 1 วงศ์
ตารางที่ 5-41	ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสสำหรับสายเคเบิลหลายแกน ของบันไดทางเดินแบบระนาบอากาศ แบบต้านล่างทึบ หรือแบบบันได เมื่อวงเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงศ์
ตารางที่ 5-42	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าอยู่ในเนย์มหุ้มหน่วงพีวีซีตาม มอก.293-2541 ขนาดแรงดัน (P_0/U) ไม่เกิน 450/750 V อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินบนหน่วงสูญญากาศ
ตารางที่ 5-43	ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ใช้กับค่าขนาดกระแสของเคเบิล เมื่อเดินในอากาศ
ตารางที่ 5-44	ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบแตกต่างจาก 30°C ใช้กับค่าขนาดกระแสของเคเบิล เมื่อเดินในเดือน
ตารางที่ 5-45	ตัวคูณปรับค่าสำหรับสายเคเบิลแกนเดียว หรือหลายแกน ขนาดแรงดัน (P_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV ผังดินโดยตรง เมื่อวงเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงศ์ วางเรียงกันแนวระดับ
ตารางที่ 5-46	ตัวคูณปรับค่าสำหรับสายเคเบิลแกนเดียว หรือหลายแกน ขนาดแรงดัน (P_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV ร้อยท่อผังดินโดยตรง เมื่อวงเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงศ์ วางเรียงกันแนวระดับ
ตารางที่ 5-47	รูปแบบการติดตั้งอ้างอิง
ตารางที่ 5-48	ข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟฟ้าตัวนำห้องเดงหุ้มหน่วงพีวีซี ตาม มอก.11-2553 และ มอก. 11 เล่ม 101-2559

ตารางที่ 5-8

ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแลสเนื่องจากจำนวนสายที่นำกระแลส
ในช่องเดินสายไฟฟ้าหรือเดินสายบนผิวมากกว่า 1 กลุ่มวงจร

จำนวนกลุ่มวงจร	ตัวคูณปรับค่ากรณีในช่องเดินสายไฟฟ้า หรือร่างเครเบิลที่มีฝาปิด เดียวกัน	ตัวคูณปรับค่ากรณีเดินสายบนผิวหรือ เดินสายเกาะผนัง
2	0.80	0.85
3	0.70	0.79
4	0.65	0.75
5	0.60	0.73
6	0.57	0.72
7	0.54	0.72
8	0.52	0.71
9	0.50	0.70
10-12	0.45	0.70
13-16	0.41	0.70
17-20	0.38	0.70

ตารางที่ 5-20 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (B₀/U)
ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในท่อร้อยสายในอาคาร

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2									
	2		3		2		3							
ลักษณะตัวนำกระแส	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน						
รูปแบบการติดตั้ง														
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC		AC หรือ DC		AC							
รหัสชนิดเคเบิล ที่ใช้งาน	รหัสชนิดเคเบิล 60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 10, NY, NY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 รวมถึงสายที่มีคุณสมบัติต่างๆ เช่น สายทนไฟ สายร้าukoเจน และ สายคัมมัน้อย เป็นต้น													
ขนาดสาย (ตร.ม.m.)	ขนาดกระแส (A)													
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	-						

หมายเหตุ 1. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43

2. ในกรณีที่จำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ในท่อร้อยสาย ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-8

3. สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันไม่เกิน 1.5 kV

**ตารางที่ 5-21 ขนาดกระเสื่องสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC หรือ XLPE
มีเปลือก ขนาดแรงดัน (B_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C หรือ 90°C^{อุณหภูมิโดยรอบ 40°C} เดินทางผ่านในอากาศ**

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 3								
	ลักษณะสาย		กลม			กลม			
ลักษณะตัวนำกระแส	หลายแกน		แกนเดี่ยว			หลายแกน			
	PVC	PVC	XLPE		PVC	XLPE		XLPE	
อุณหภูมิตัวนำ	70°C	70°C	90°C		70°C	90°C		90°C	
จำนวนตัวนำกระแส	2	2	3	2	3	2	3	2	3
รูปแบบการติดตั้ง		ลaid-in							
ระบบไฟฟ้า	AC	AC,DC	AC	AC,DC	AC	AC,DC	AC	AC,DC	AC
รหัสสินค้าเบ็ดเตล็ดที่ใช้งาน	VAF, VAF-G	NYY, IEC 60502-1		IEC 60502-1		NYY, NYY-G, VCT, 60227 IEC 10, IEC 60502-1		IEC 60502-1	
ขนาดสาย (ตร.ม.m.)	ขนาดกระเสื่อง (A)								
1	14	13	12	17	16	13	12	17	15
1.5	17	17	16	23	21	17	15	22	20
2.5	23	23	22	31	29	23	21	30	27
4	32	32	29	42	37	31	28	41	36
6	41	41	37	54	49	40	36	53	47
10	56	57	51	74	67	55	50	73	65
16	74	76	69	99	90	74	66	97	87
25	-	99	90	130	118	97	84	126	108
35	-	123	112	160	147	120	104	156	134
50	-	158	145	207	190	146	125	190	163
70	-	204	186	267	244	185	160	245	208
95	-	247	227	323	297	224	194	298	253
120	-	287	264	375	345	260	225	348	293
150	-	331	304	433	397	299	260	401	338
185	-	379	348	496	455	341	297	460	386
240	-	448	411	586	537	401	351	545	455
300	-	517	474	676	620	461	404	630	524
400	-	604	552	790	722	-	-	-	-
500	-	689	629	900	823	-	-	-	-

หมายเหตุ 1. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43

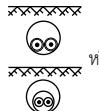
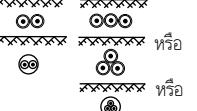
2. สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสเร็วสีขนาดแรงดันไม่เกิน 1.5 kV ได้
3. ในกรณีที่มีตัวนำมากกว่า 1 วงจร ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-8 คอลัมน์ 3

ตารางที่ 5-22 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทางเด้งแกนเดียวทั่วๆ ชนวน PVC ตาม
มอก.11 ขนาดแรงดัน (B_0/U) ไม่เกิน 450/750 V อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ
40°C เดินบนชนวนลูกกลิ้งถาวรในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 4		
รูปแบบการติดตั้ง		หรือ	
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 01, NYY		
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (A)		
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	

หมายเหตุ อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43

ตารางที่ 5-23 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 30°C ร้อยห่อผังดินหรือผังดินโดยตรง

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 5		กลุ่มที่ 6
จำนวนตัวนำกระแส	2	3	ไม่เกิน 3
ลักษณะตัวนำ	แกนเดี่ยว / หลายแกน	แกนเดี่ยว / หลายแกน	แกนเดี่ยว / หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง	 หรือ	 หรือ	 หรือ
รหัสชินดเคเบิลที่ใช้งาน	NYY, VCT, และสายตามมาตรฐาน IEC 60502-1		
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (A)		
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
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 1. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 30°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-44

2. กรณีเดินเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-45 หรือ 5-46

3. กรณีจำนวนตัวนำกระ雷มากกว่า 1 กลุ่มวงจรในอ้วร้อยสาย ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-8

4. งานติดตั้งที่เป็นหัวรัพย์สินของการไฟฟ้า ให้ใช้ขนาดกระแสตามแบบมาตรฐานของ การไฟฟ้า ยกเว้น
ไม่มีกำหนดค่า

ตารางที่ 5-24 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าห้องแดงแกนเดียวหุ้มฉนวน PVC
 ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 300/500 V อุณหภูมิตัวนำ 70°C หรือ 90°C
 อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในอากาศ

อุณหภูมิตัวนำ	70°C	90°C
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 05, 60227 IEC 06	60227 IEC 07, 60227 IEC 08
ขนาดสาย (คร.ม.m.)	ขนาดกระแส (A)	
0.5	3	3
0.75	6	6
1	10 ²⁾	10
1.5	-	16
2.5	-	25

หมายเหตุ 1. อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-43
 2. ค่าขนาดกระแสเฉพาะรหัสเคเบิล 60227 IEC 06 เท่านั้น

ตารางที่ 5-25 ขนาดกระแสของสายอ่อน (flexible cord) ตัวนำห้องแดง hairy ฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 300/500 V อุณหภูมิตัวนำ 70°C หรือ 90°C
 อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในอากาศ

จำนวนตัวนำกระแส	2	3
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 52, 60227 IEC 53, 60227 IEC 56, 60227 IEC 57	
ขนาดสาย (คร.ม.m.)	ขนาดกระแส (A)	
0.5	3	3
0.75	6	6
1	10	10
1.5	16	16
2.5	25	20

หมายเหตุ 1. อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-43
 2. สายอ่อนตัวนำที่มีชล ที่มีรหัสเคเบิล 60227 IEC 41 มีค่าขนาดกระแส = 0.7 แอมป์เบิร์ ที่อุณหภูมิตัวนำ 70 °C และอุณหภูมิโดยรอบ 40°C

ตารางที่ 5-26 ขนาดกระแสของสายเคเบิลอ่อน (flexible cable) ตัวนำทางเดงห้องฉนวน PVC ตาม มอก.11 ขนาดแรงดัน (U_o/U) ไม่เกิน 450/750 V อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในอากาศ

จำนวน/ลักษณะ ตัวนำ	เคเบิล 1 แกน 2 เส้น หรือ เคเบิล 2 แกน 1 เส้น มี/ไม่มี สายดิน	เคเบิล 3 แกน, 4 แกน หรือ 5 แกน
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 02, VCT	
ขนาดสาย (ตร.ม.m.)	ขนาดกระแส (A)	
1	13	11
1.5	16	14
2.5	25	21
4	30	26
6	39	34
10	51	47
16	73	63
25	97	83
35	140	102
50	175	-
70	216	-
95	258	-
120	302	-
150	347	-
185	394	-
240	471	-

หมายเหตุ อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-43

ตารางที่ 5-27 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทางเด้งหุ้มฉนวน XLPE มี/ไม่มีเปลือก
ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C
เดินร้อยในห้องในอาคาร

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2									
	2		3		2		3							
จำนวนตัวนำกระแส	แกนเดี่ยว	หลาวยแกน	แกนเดี่ยว	หลาวยแกน	แกนเดี่ยว	หลาวยแกน	แกนเดี่ยว	หลาวยแกน						
รูปแบบการติดตั้ง														
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC		AC หรือ DC		AC							
รหัสชนิดเคเบิล ที่ใช้งาน	IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติคงทน ๆ เช่น สายทนไฟ, สายเรซิโนเจน, สายควันน้อย เป็นต้น													
ขนาดสาย (คร.มม.)	ขนาดกระแส (A)													
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						
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 1. อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43
 2. ในการที่มีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มจะรีโนร้อยสาย ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-8
 3. สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันระหว่าง ไม่เกิน 1.5 kV ได้

ภาคผนวก A ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

ตารางที่ 5-28 ขนาดกระแสขของสายไฟฟ้าแกนเดี่ยวตัวนำทางเด้งห้องล้วน XLPE
 ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C
 เดินบนจนวนหลักถ่ายในอาคาร

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 4	
รูปแบบการติดตั้ง		
		หรือ
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	สายตามมาตรฐาน IEC 60502-1	
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (A)	
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

หมายเหตุ อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43

ตารางที่ 5-29 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน XLPE มีเปลือกนอก
ขนาดแรงดัน (B_0/U) ไม่เกิน $0.6/1$ kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 30°C
ร้อยท่อผังติดหรือผังติดโดยตรง

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 5		กลุ่มที่ 6
จำนวนตัวนำกระ散	2	3	ไม่เกิน 3
ลักษณะตัวนำ	แกนเดี่ยว / หลายแกน	แกนเดี่ยว / หลายแกน	แกนเดี่ยว / หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง			
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	สายตามมาตรฐาน IEC 60502-1		
ขนาดสาย (ตร.ม.m.)	ขนาดกระแส (A)		
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

- หมายเหตุ**
- อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 30°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-44
 - กรณีเดี่ยมเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงร ให้ปรับค่าตามตาราง 5-45 หรือ 5-46
 - กรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงร ในท่อร้อยสาย ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-8
 - งานติดตั้งที่เป็นทรัพย์สินของการไฟฟ้าฯ ให้ใช้ขนาดกระแสตามแบบมาตรฐานของการไฟฟ้าฯ ก่อนไม่เกินหนึ่งวัน

ภาคผนวก A ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

ตารางที่ 5-30 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี ขนาดแรงดัน (U_0/U)
ไม่เกิน $0.6/1 \text{ kV}$ อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C ไม่มีฝ้าปิด วางบนรางเคเบิล
แบบระหว่างอากาศ หรือรองเคเบิลแบบบันได

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7						
	2		3				
จำนวนตัวนำกระแส	แกนเดี่ยว	หลายแกน	แกนเดี่ยว				หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC						AC
รหัสชนิดเคเบิล ที่ใช้งาน	60227 IEC 10, NYY, VCT, และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายรีสistoโลจেน, สายคันนิ่งหอย เป็นต้น						
ขนาดสาย (ตร.ม.m.)	ขนาดกระแส (A)						
1	-	15	-	-	-	-	13
1.5	-	19	-	-	-	-	16
2.5	-	26	-	-	-	-	22
4	-	35	-	-	-	-	30
6	-	44	-	-	-	-	37
10	-	61	-	-	-	-	52
16	-	82	-	-	-	-	70
25	114	104	99	96	127	113	88
35	141	129	124	119	157	141	110
50	171	157	151	145	191	171	133
70	218	202	196	188	244	221	171
95	264	245	239	230	297	271	207
120	306	285	279	268	345	315	240
150	353	330	324	310	397	365	278
185	403	378	371	356	453	418	317
240	475	447	441	422	535	495	374
300	547	516	511	488	617	573	432
400	656	-	599	571	741	692	-
500	755	-	686	652	854	800	-

- หมายเหตุ 1. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43
 2. กรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-40 และ 5-41 สำหรับ
 สายแกนเดี่ยวและสายหลายแกน ตามลำดับ
 3. สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันเริ่มต้นไม่เกิน 1.5 kV ได้

ตารางที่ 5-30(ก) ขนาดกระแสขของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC มีเปลือกนอกขนาดแรงดัน (B_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C
วงบันรงค์เบลิ่วไม่มีฝ้าปิด แบบด้านล่างที่บีบ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7			
	2		3	3 หรือ 4
จำนวนตัวนำกระแส	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง	[○○]	[○○]	[○○○] [○○○] [○○○]	[○○]
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC			AC
รหัสชนิดเบลิ่วที่ใช้งาน	60227 IEC 10, NY, VCT, และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ชาโลเจน, สายควันอ้อย เป็นต้น			
1	-	13	-	12
1.5	-	17	-	15
2.5	-	23	-	21
4	-	31	-	28
6	-	40	-	36
10	-	55	-	50
16	-	74	-	66
25	99	97	90	84
35	123	120	112	104
50	158	146	145	125
70	204	185	186	160
95	247	224	227	194
120	287	260	264	225
150	331	299	304	260
185	379	341	348	297
240	448	401	411	351
300	517	461	474	404
400	604	-	552	-
500	689	-	629	-

หมายเหตุ 1. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43

2. กรณีสายแกนเดียวมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร (นับจากเดิมของวงจรแต่ละกลุ่มวงจรที่อยู่ต่อไป) มากกว่า 2 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของตัวนำกระแสนั้น ไม่ต้องใช้ตัวคูณปรับรับค่า ตามตารางที่ 5-40 โดยต้องมีการจับยึดที่สามารถถัวงระยะห่างของสายได้ต่ำสุดเท่านั้น

3. กรณีสายหลายแกนจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามตารางที่ 5-41 แต่หากระยะห่างระหว่างกลุ่มวงจร (นับจากเดิมของวงจรแต่ละกลุ่มวงจรที่อยู่ต่อไป) มากกว่า 2 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของตัวนำกระแสนั้น ไม่ต้องใช้ตัวคูณปรับรับค่า ตามตารางที่ 5-41 โดยต้องมีการจับยึดที่สามารถถัวงระยะห่างของสายได้ต่ำสุดเท่านั้น

4. ตัวนำกระแสแต่ละกลุ่มวงจรสามารถวางห่างจากกันได้

5. สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันระดับไม่เกิน 1.5 kV ได้

ภาคผนวก A ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

ตารางที่ 5-31 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี ขนาดแรงดัน (U_0/U)
ไม่เกิน $0.6/1 \text{ kV}$ อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิล มีฝาปิด
แบบตัวเล่นล่างทึบ แบบรreyabyากาส และแบบบันได

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7			
	2		3	
จำนวนตัวนำกระแส	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง				
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC			AC
รหัสชนิดเคเบิล ที่ใช้งาน	60227 IEC 10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G สายตามมาตรฐาน IEC 60502-1 และ ^{สำหรับสายที่มีคุณสมบัติเชิงต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายเรือโลจิสติกส์, สายควันน้ำมัน เป็นต้น}			
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (A)			
1	-	11	-	10
1.5	-	14	-	13
2.5	-	20	-	17
4	-	26	-	23
6	-	33	-	30
10	-	45	-	40
16	-	60	-	54
25	88	78	77	70
35	109	97	96	86
50	131	116	117	103
70	167	146	149	130
95	202	175	180	156
120	234	202	208	179
150	261	224	228	196
185	279	256	258	222
240	348	299	301	258
300	398	343	343	295
400	475	-	406	-
500	545	-	464	-

ภาคผนวก A ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-31)

1. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่ำจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43
2. กรณีสายแกนเดี่ยวมีจำนวนตัวนับนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามตารางที่ 5-40 แต่หากระยะห่างระหว่างกลุ่มวงจร (นับจากผิวนอกของแต่ละกลุ่มวงจรที่อยู่ติดกัน) มากกว่า 2 เท่าของขนาดเล็บผ่านศูนย์กลางภายนอกของตัวนำกระแสนั้น ไม่ต้องใช้ตัวคูณปรับค่าตามตารางที่ 5-40 โดยต้องมีการจับคู่ที่สามารถรักษาระยะห่างของสายได้ตลอดแนว
3. กรณีสายหลายแกนมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามตารางที่ 5-41 แต่หากระยะห่างระหว่างกลุ่มวงจร (นับจากผิวนอกของแต่ละกลุ่มวงจรที่อยู่ติดกัน) มากกว่า 2 เท่าของขนาดเล็บผ่านศูนย์กลางภายนอกของตัวนำกระแสนั้น ไม่ต้องใช้ตัวคูณปรับค่าตามตารางที่ 5-41 โดยต้องมีการจับคู่ที่สามารถรักษาระยะห่างของสายได้ตลอดแนว
4. ตัวนำกระแสแต่ละกลุ่มวงจรสามารถวางซ้อนกันได้
5. สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันระดับไม่เกิน 1.5kV ได้

ตารางที่ 5-32 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทางเด้งหุ้มฉนวน XLPE ขนาดแรงดัน (U_0/U)
ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิล
ไม่มีฝ้าปิด แบบระบายน้ำอากาศ และแบบบันได

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7						
	2		3				
จำนวนตัวนำกระแส	แกนเดี่ยว	หลาỵแกน	แกนเดี่ยว			หลาỵแกน	
รูปแบบการติดตั้ง	[]	[]	[]	[]	[]	[]	
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC						
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น สายทนไฟ, สายเรือข้าวโลจิสติก, สายควบคุมอ้อย เป็นต้น						
ขนาดสาย (ตร.ม.m.)	ขนาดกระแส (A)						
1	-	19	-	-	-	-	16
1.5	-	24	-	-	-	-	21
2.5	-	33	-	-	-	-	29
4	-	45	-	-	-	-	38
6	-	57	-	-	-	-	49
10	-	78	-	-	-	-	68
16	-	105	-	-	-	-	91
25	147	136	128	123	166	147	116
35	182	168	160	154	206	183	144
50	220	205	197	188	250	224	175
70	282	263	254	244	321	289	224
95	343	320	311	298	391	354	271
120	398	374	364	349	455	413	315
150	459	430	422	404	525	480	363
185	523	493	485	464	602	551	415
240	618	583	577	552	711	654	490
300	713	674	670	640	821	758	564
400	855	-	790	749	987	917	-
500	986	-	908	861	1,140	1,064	-

หมายเหตุ 1. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43

2. กรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-40 และ 5-41 สำหรับ

สายแกนเดี่ยวและสายหลาỵแกน ตามลำดับ

3. สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันระหว่างไม่เกิน 1.5 kV ได้

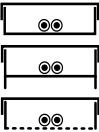
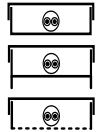
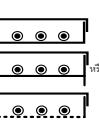
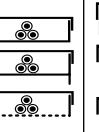
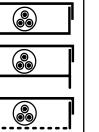
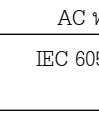
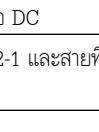
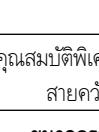
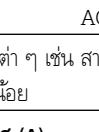
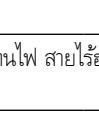
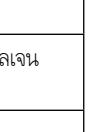
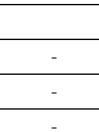
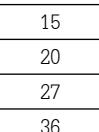
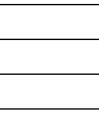
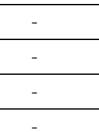
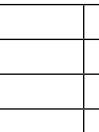
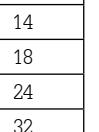
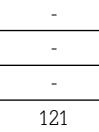
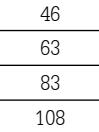
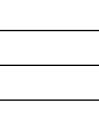
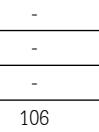
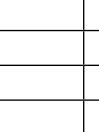
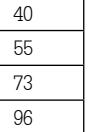
ภาคผนวก A ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

ตารางที่ 5-32(ก) ขนาดกระเสื่องสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้ม XLPE มีเปลือกนอกขนาดแรงดัน (P_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วงบันรงค์เคเบิลไม่มีฝาปิด แบบด้านล่างที่บีบ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7			
จำนวนตัวนำกระเสื่อง	2		3	
ลักษณะตัวนำ	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง				
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC			AC
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่า ๆ เช่น สายทนไฟ สายไร้ชาโลเจน สายควันหลอด			
1	-	17	-	15
1.5	-	22	-	20
2.5	-	30	-	27
4	-	41	-	36
6	-	53	-	47
10	-	73	-	65
16	-	97	-	87
25	130	126	118	108
35	160	156	147	134
50	207	190	190	163
70	267	245	244	208
95	323	298	297	253
120	376	348	345	293
150	433	401	397	338
185	496	460	455	386
240	586	545	537	455
300	676	630	620	524
400	790	-	722	-
500	901	-	823	-

- หมายเหตุ**
- อุณหภูมิโดยรอบที่แม็กต่างจาก 40°C ให้ใช้ค่าบวกขึ้นตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-43
 - กรณีสายแกนเดียว จำนวนตัวนำมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ให้ใช้ค่าบวกขึ้นตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-40 แต่หากระยะห่างระหว่างกลุ่มวงจร (ผ่านจุดเดียวของแต่ละกลุ่มวงจรที่อยู่ใกล้กันที่สุด) มากกว่า 2 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำเส้นนั้น ไม่ต้องใช้ตัวคูณปรับตามตารางที่ 5-40 โดยต้องมีการจับคู่ที่สามารถรักษาระยะห่างของสายได้ด้วยด้าย
 - กรณีสายหลายแกนเมื่อจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจรให้ใช้ค่าบวกขึ้นตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-41 แต่หากระยะห่างระหว่างกลุ่มวงจร (ผ่านจุดเดียวของแต่ละกลุ่มวงจรที่อยู่ใกล้กันที่สุด) มากกว่า 2 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของตัวนำเส้นนั้น ไม่ต้องใช้ตัวคูณปรับค่าตามตารางที่ 5-41 โดยต้องมีการจับคู่ที่สามารถรักษาระยะห่างของสายได้ด้วยด้าย
 - ตัวนำกระแสแต่ละกลุ่มวงจรไม่สามารถวง流ข้อนันได้
 - สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันระดับไม่เกิน 1.5kV ได้

ตารางที่ 5-33 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำท้องเดงห้มฉนวน XLPE มีเปลือก
ขนาดแรงดัน (B_0/U) ไม่เกิน $0.6/1 \text{ kV}$ อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C
วงบันรงค์เบลเมืองปิด แบบด้านล่างที่บีบ แบบระบายน้ำอากาศ และแบบบันได

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7			
	2		3	
จำนวนตัวนำกระแส	แกนเดี่ยว	หลายแกน	แกนเดี่ยว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง	     	     	     	     
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC			AC
รหัสชนิดเบลที่ใช้งาน	IEC 60502-1 และสายที่ต่อสูงสุดติดต่อต่ำๆ เช่น สายทนไฟ สายไร้ข้าวโลจิก สายควรแห้ง			
ขนาดสาย (ตร.ม.m.)	ขนาดกระแส (A)			
1		15	-	14
1.5	-	20	-	18
2.5	-	27	-	24
4	-	36	-	32
6	-	46	-	40
10	-	63	-	55
16	-	83	-	73
25	121	108	106	96
35	149	133	131	116
50	180	159	159	140
70	230	201	202	177
95	278	241	245	212
120	322	278	284	244
150	358	304	311	273
185	409	349	349	309
240	480	418	410	362
300	549	484	468	414
400	622	-	531	-
500	713	-	606	-

ภาคผนวก A ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-33)

1. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43
2. กรณีสายแกนเดี่ยวมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามตารางที่ 5-40 แต่หาก ระยะห่างระหว่างกลุ่มวงจร (นับจากผิวนอกของแต่ละกลุ่มวงจรที่อยู่ต่อไป) มากกว่า 2 เท่าของขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลางภายนอกของตัวนำกระแสนั้น ไม่ต้องใช้ตัวคูณปรับค่าตามตารางที่ 5-40 โดยต้องมีการจับคู่ด้วยค่าที่สามารถรักษาระยะห่างของสายได้ตลอดแนว
3. กรณีสายหลายแกนมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามตารางที่ 5-41 แต่หาก ระยะห่างระหว่างกลุ่มวงจร (นับจากผิวนอกของแต่ละกลุ่มวงจรที่อยู่ต่อไป) มากกว่า 2 เท่าของขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางภายนอกของตัวนำกระแสนั้น ไม่ต้องใช้ตัวคูณปรับค่าตามตารางที่ 5-41 โดยต้องมีการจับคู่ด้วยค่าที่สามารถรักษาระยะห่างของสายได้ตลอดแนว
4. โดยตัวนำกระแสแต่ละกลุ่มวงจรสามารถวางซ้อนกันได้
5. สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันระดับไม่เกิน 1.5kV ได้

ตารางที่ 5-34 ขนาดกระเสื่องสายเดบิลชนิดเร้ม/ไอ ตัวนำและเปลือก (sheath) ห้องเดง
หุ้ม/ไม่หุ้มพาวเวอร์ โดยเปลือกห้องแดงสามารถสัมผัสได้ อุณหภูมิเปลือก 70°C
อุณหภูมิโดยรอบ 40°C

ลักษณะการติดตั้ง		กลุ่มที่ 7					
ลักษณะการจัดวางสาย	เดินทางผ่านในอากาศ หรือวางบนราง เคเบิลแบบด้านล่างทับ ไม่มีฝาปิด	วางบนรางเคเบิล ไม่มีฝาปิด แบบระยะยาวยากาศ หรือแบบบันได					
จำนวนตัวนำกระแส	2	3	2	3			
ลักษณะตัวนำ	แกนเดี่ยว/ หลายแกน	แกนเดี่ยว/ หลายแกน	แกนเดี่ยว/ หลายแกน	แกนเดี่ยว/ หลายแกน	แกนเดี่ยว/ หลายแกน	แกนเดี่ยว/ หลายแกน	
รูปแบบการติดตั้ง							
รหัสชนิดเคเบิล	IEC 60702						
ขนาดแรงดัน	ขนาดสาย (ตร.ม.m.)	ขนาดกระเสื่อง (A)					
500 V (รุ่นใช้งาน เบา)	1	16	14	13	17	15	14
	1.5	20	18	16	21	20	18
	2.5	26	25	22	28	26	24
	4	34	32	30	37	35	31
750 V (รุ่นใช้งาน หนัก)	1	17	15	14	18	17	15
	1.5	21	20	18	22	22	19
	2.5	29	26	24	31	29	26
	4	38	35	31	40	38	34
	6	48	44	41	51	48	43
	10	65	60	55	70	65	59
	16	87	78	73	93	87	78
	25	113	102	95	121	112	102
	35	139	125	116	148	137	125
	50	172	154	144	183	168	155
	70	210	188	176	224	205	190
	95	252	224	212	269	246	227
	120	289	258	243	309	281	262
	150	330	294	278	354	320	299
	185	374	333	315	401	362	339
	240	437	388	369	469	422	396

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-34)

1. สำหรับเคเบิลแกนเดียว เป็นลักษณะเด้งแต่ละเส้นของวงจรเดียว กันต้องต่อประสานเข้าด้วยกันที่ปลายหัวสองด้านของวงจร
2. กรณีจะเปลี่ยนอุณหภูมิรีวิว ค่าขนาดกระแสตนด์ารท์ 5-34 ต้องคูณปรับค่าตัวร้อย 0.9
3. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43
4. กรณีมีจำนวนตัวนำกระแสตนด์ารท์ 1 กลุ่มวงจร ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-40

**ตารางที่ 5-35 ขนาดกระแสของสายเคเบิลชนิดเย็มไอล์ฟ ตัวนำและเปลือก (sheath) ห้องเดง
โดยเปลือกห้องเดงไม่สามารถให้บุคคลสัมผัสหรือไม่สามารถสัมผัสกับวัสดุติดไฟได้
อุณหภูมิเปลือก 105°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C**

ลักษณะการติดตั้ง		กลุ่มที่ 7					
ลักษณะการจัดวางสาย	เดินทางผ่านในอากาศ หรือวางบนราง เคเบิลแบบด้านล่างทึบ ไม่มีฝ่าปิด	วางบนรางเคเบิล ไม่มีฝ่าปิด แบบบรรยายอากาศ หรือแบบบันได					
จำนวนตัวนำกระแส	2	3	2	3	2	3	
ลักษณะตัวนำ	แกนเดี่ยว/ หลายแกน	แกนเดี่ยว/ หลายแกน	แกนเดี่ยว/ หลายแกน	แกนเดี่ยว/ หลายแกน	แกนเดี่ยว/ หลายแกน	แกนเดี่ยว/ หลายแกน	
รูปแบบการติดตั้ง	[]	[]	[]	[]	[]	[]	
รหัสชนิดเคเบิล	IEC 60702						
ขนาดแรงดัน (ตร.ม.m.)	ขนาดกระแส (A)						
500 V (รุ่นใช้งานเบา)	1	20	19	17	22	21	19
	1.5	26	25	22	29	27	24
	2.5	35	33	30	38	36	32
	4	47	43	40	50	47	42
750 V (รุ่นใช้งานหนัก)	1	22	22	18	24	23	20
	1.5	29	28	24	30	29	26
	2.5	39	38	32	41	40	35
	4	51	49	43	55	52	46
	6	64	62	54	70	65	59
	10	88	84	75	96	88	80
	16	117	109	98	126	117	106
	25	153	142	129	165	151	138
	35	187	172	157	202	184	169
	50	231	212	195	250	227	210
	70	282	258	239	306	276	257
	95	339	307	287	368	330	308
	120	390	352	330	423	378	354
	150	446	400	377	484	431	406
	185	506	453	428	548	488	460
	240	592	526	500	641	568	537

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-35)

1. สำหรับเคเบิลแกนเดียว ปลอกทองแดงแต่ละเส้นของวงจรเดียวทันต้องต่อประสานเข้าด้วยกันที่ปลาย หัว 2 ด้านของวงจร
2. อุปกรณ์ที่ต่ออับสายเคเบิลชนิดเย็บไอนี จะต้องตรวจสอบให้ครบถ้วนซึ่งดัดง่า ชั้วต่อสายเหมาะสมที่จะใช้ปั๊บตัวนำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียสด้วย
3. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43
4. กรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-40

ตารางที่ 5-36 ขนาดกระแลสของสายเคเบิล ตัวนำทางแดงแกนเดียวหุ้ม XLPE เปล็อกนอก PVC มีชีล์ด ขนาดแรงดัน (U_0/U) ตั้งแต่ 3.6/6 kV ถึง 18/30 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนร่างเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบระยะยาวยากาศ และแบบบันได

ลักษณะ การติดตั้ง	กลุ่มที่ 7									
จำนวน ตัวนำกระแลส	3									
รหัสชนิด เคเบิลที่ใช้	ตามมาตรฐาน IEC 60502-2									
ชนิดร่างเคเบิล	แบบระยะยาวยากาศ								แบบบันได	
รูปแบบการติดตั้ง
ขนาดสาย (ตร.ม.m.)	ขนาดกระแลส (A)									
50	217	217	255	อุ่นร่องห้องท่อจราจร	217	อุ่นร่องห้องท่อจราจร	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	

- หมายเหตุ 1. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43
 2. กรณีเดินเป็นกสุ่มมากกว่า 1 วงจร ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-40
 3. ตัวนำชีล์ดมีการต่อลงดินที่ปลายทั้ง 2 ด้าน และ/หรือต่อลงดินหลายตำแหน่ง

ตารางที่ 5-37 ขนาดกระแสขของสายเคเบิล ตัวนำทางแดงแกนเดียวหุ้ม XLPE เปลือกนอก PVC มีชีล์ด ขนาดแรงดัน (U_0/U) ตั้งแต่ 3.6/6 kV ถึง 18/30 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C (ร้อยในห้องในอาคารและร่างเคเบิลแบบมีฝาปิด) และ 30°C (ร้อยห่อผังดิน)

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 5
จำนวนตัวนำกระแส	ไม่เกิน 3	
ลักษณะตัวนำ	แกนเดียว	
รูปแบบการติดตั้ง		
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	ตามมาตรฐาน IEC 60502-2	
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (A)	
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

- หมายเหตุ**
- อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C (เดินร้อยในห้องในอาคาร) และ 30°C (ร้อยห่อผังดิน) ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43 และ 5-44 ตามลำดับ
 - งานติดตั้งที่ต้องการรองทรัพย์สินหรือเป็นทรัพย์สินของการไฟฟ้าฯ ให้พิจารณาจากขนาดกระแสตามมาตรฐานการไฟฟ้าฯ ยกเว้นไม่มีขอรับอนุญาตไว้
 - ในกรณีสายเคเบิลแกนเดียว วงบันrongเคเบิล เป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-40

**ตารางที่ 5-38 ขนาดกระ reassay เคเบิลตัวนำทองแดงแกนเดียวหุ้มฉนวน XLPE
อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 30°C ขนาดแรงดัน (U_0/U) 3.6/6 ถึง 18/30 kV
เดินใน duct bank ไม่เกิน 8 ท่อ**

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระ reassay 1 วังจร (A)							
	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

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-38)

การคำนวณอิงจากมาตรฐาน IEC 60287 ตามสภาพเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- สำหรับระบบแรงสูง ชีล์ด มีต่อการลงดินลักษณะต่อปะลายทั้งสองด้าน และ/หรือ ต่อลงดินหลายจุด
- มีเคเบิล (ตัวนำกระแส) 3 เส้นใน 1 ท่อ

ตารางที่ 5-39 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าเครื่องเชื่อม (ตัวนำทองแดง) ตาม มอก.448-2525

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (A)				
	วัสดุทำงานสูงสุด*, ร้อยละ				
	100	60	30	25	20
10	87	110	160	175	195
16	115	150	215	235	260
25	155	200	285	315	350
35	195	250	355	390	440
50	250	320	450	495	560
70	310	400	560	620	690
95	375	485	685	750	840
120	435	570	790	870	970
150	510	660	930	1,020	1,140
185	570	740	1,040	1,150	1,280
240	680	880	1,240	1,360	1,520

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-39)

*หมายถึง วัสดุทำงานร้อยละ 100 กำหนดจากเวลาที่จ่ายไฟฟ้าให้เครื่องเชื่อมในเวลา 1 ชั่วโมง ส่วนวัสดุทำงานอื่น ๆ กำหนดจากเวลาที่จ่ายไฟฟ้าให้เครื่องเชื่อมใน 5 นาที

**ตารางที่ 5-40 ตัวคุณปรับค่าขนาดกระระยะเส้นสำหรับสายเคเบิลแกนเดียวของบันไดร่องเคเบิล
เป็นกลุ่มตั้งแต่ 1 วงศ์ ขึ้นไป**

วิธีการติดตั้ง	จำนวน ร่อง เคเบิล	จำนวนกลุ่มวงจรต่อรองเคเบิล							ลักษณะการ จัดเรียงเคเบิล
		1	2	3	4	5-6	7-9		
ร่องเคเบิลมีฝาปิดแบบด้านล่างที่เป็นแบบบันไดและแบบระนาบอากาศ	1	ดูตารางที่ 5-40(ก) ช่องที่ 2							รูปแบบบางชิดกัน วางแบบสามเหลี่ยม และวางห่างเล็กน้อย
ร่องเคเบิลแบบระนาบอากาศ (หมายเหตุ 2 และ 5)	1 2 3	1.00 0.96 0.95	0.91 0.87 0.85	0.87 0.81 0.78	0.82 0.78 0.75	0.78 0.74 0.70	0.77 0.69 0.65	-	รูปแบบบางชิดกันในแนวโน้ม
ร่องเคเบิลแบบระนาบอากาศ วางแนบตั้ง (หมายเหตุ 3 และ 5)	1 2	1.00 0.95	0.86 0.84	0.80 0.77	0.75 0.72	0.71 0.67	0.70 0.66	-	รูปแบบบางชิดกันในแนวตั้ง
ร่องเคเบิลแบบบันได (หมายเหตุ 2 และ 5)	1 2 3	1.00 0.98 0.97	0.97 0.93 0.90	0.96 0.89 0.86	0.94 0.88 0.83	0.93 0.86 0.80	0.92 0.83 0.77	-	รูปแบบบางชิดกันในแนวโน้ม
ร่องเคเบิลแบบระนาบอากาศ (หมายเหตุ 2)	1 2 3	1.00 0.97 0.96	0.98 0.93 0.92	0.96 0.89 0.86	0.93 0.85 0.82	0.89 0.80 0.76	-	-	รูปแบบบางชิดกันแบบสามเหลี่ยมห่างกันไม่น้อยกว่า 2 เท่า ของเลี้นผ่าคูณยกสองเคเบิล
ร่องเคเบิลแบบระนาบอากาศ วางแนบตั้ง (หมายเหตุ 3)	1 2	1.00 1.00	0.91 0.90	0.89 0.86	0.88 0.85	0.87 0.83	-	-	เลี้นผ่าคูณยกสองเคเบิล
ร่องเคเบิลแบบบันได (หมายเหตุ 2)	1 2 3	1.00 0.97 0.96	1.00 0.95 0.94	1.00 0.93 0.90	1.00 0.92 0.89	1.00 0.91 0.86	-	-	เลี้นผ่าคูณยกสองเคเบิล

ภาคผนวก A ขนาดกระระยะของสายไฟฟ้า

ตารางที่ 5-40 (ต่อ)

วิธีการติดตั้ง	จำนวน ราก เคเบิล	จำนวนกลุ่มวงจรต่อร่างเคเบิล							ลักษณะการ จัดเรียงเคเบิล
		1	2	3	4	5-6	7-9		
ร่างเคเบิลแบบ ระบบอากาศ (หมายเหตุ 2)	1	1.00	0.93	0.90	0.87	0.83	-	รูปแบบ วางห่างกัน ไม่น้อยกว่า เส้นผ่าน ศูนย์กลาง เคเบิล	
	2	0.97	0.89	0.85	0.81	0.76	-		
	3	0.96	0.88	0.82	0.78	0.72	-		
ร่างเคเบิลแบบ ระบบอากาศ วางแนวตั้ง (หมายเหตุ 3)	1	1.00	0.91	0.89	0.88	0.87	-	วางห่างกัน ไม่น้อยกว่า เส้นผ่าน ศูนย์กลาง เคเบิล	
	2	0.94	0.90	0.86	0.85	0.83	-		
ร่างเคเบิลแบบ บันได (หมายเหตุ 2)	1	1.00	0.97	0.96	0.96	0.96	-	การจัดวาง ในแนวโน้ม	
	2	0.97	0.94	0.93	0.92	0.91	-		
	3	0.96	0.93	0.92	0.91	0.88	-		
ร่างเคเบิลแบบ ต้านทานไฟฟ้า	1	ดูตารางที่ 5-40(ก) ช่องที่ 3							

- หมายเหตุ**
- ตัวคุณปรับค่าขนาดกระแสส์ให้ใช้กับการวางแผนไฟฟ้าเป็นกลุ่มชั้นเดียว หรือวางชิดติดกันเป็น
สามเหลี่ยม เท่านั้น
 - ตัวคุณปรับค่าขนาดกระแสส์ให้ใช้กับการติดตั้งร่างเคเบิลในแนวโนนที่มีระยะห่างระหว่างร่างเคเบิล
ในแนวตั้ง ไม่น้อยกว่า 300 มม. และติดตั้งร่างเคเบิลห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 20 มม.เท่านั้น
 - ตัวคุณปรับค่าขนาดกระแสส์ให้ใช้กับการติดตั้งร่างเคเบิลในแนวติงที่มีระยะห่างระหว่างร่างเคเบิล
ในแนวราบ ไม่น้อยกว่า 225 มม.เท่านั้น
 - กรณีที่จำนวนร่างเคเบิลมากกว่า 1 ร่าง ตัวคุณปรับค่าให้คิดจากการเคเบิลที่มีคุณภาพมากที่สุด
 - จำนวนร่างเคเบิล 1 ร่าง และกลุ่มวงจรมากกว่า 9 ให้ใช้ตัวคุณปรับค่าชั้นเดียวทั้งหมด 9 วงจร

**ตารางที่ 5-40(ก) ตัวคุณปรับค่าขนาดกระแสสำหรับสายเคเบิลแกนเดียว วงบันรงค์เคเบิล
เป็นกลุ่ม มากกว่า 1 วงจร**

ช่องที่ 1 จำนวนกลุ่มวงจร	ช่องที่ 1 ตัวปรับค่าร่างเคเบิลเมื่อผ้าปิด ห้อง 3 แบบ	ช่องที่ 1 ตัวปรับค่าร่างเคเบิลไม่มีผ้าปิดแบบด้านล่างทึบ
1	1.0	1.0
2	0.8	0.85
3	0.7	0.79
4	0.65	0.75
5	0.60	0.73
6	0.57	0.72
7	0.54	0.72
8	0.52	0.71
9	0.50	0.70
10-12	0.45	0.70
13-16	0.41	0.70
17-20	0.38	0.70

ตารางที่ 5-41 ตัวอย่างรับค่าขนาดกระแสสำหรับสายเคเบิลสายแกน วางบนรางเคเบิล
แบบระยะยาวยา แบบด้านล่างนี้ หรือแบบนี้ได เมื่อวงเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร

วิธีการติดตั้ง	จำนวนราง เคเบิล	จำนวนเคเบิลต่อรางเคเบิล						
		1	2	3	4	5-6	7-9	
รางเคเบิลฝาปิด	1	ดูตารางที่ 5-40(ก) ช่องที่ 2						
รางเคเบิลแบบระยะ ยาวยา (หมายเหตุ 2 และ 5)	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	
รางเคเบิลแบบระยะ ยาวยา (หมายเหตุ 2)	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	-	
รางเคเบิลแบบระยะ ยาวยาแนวตั้ง (หมายเหตุ 3 และ 5)	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	
รางเคเบิลแบบระยะ ยาวยาแนวตั้ง (หมายเหตุ 3)	1	1.0	0.91	0.89	0.88	0.87	-	
	2	1.0	0.91	0.88	0.87	0.85	-	
รางเคเบิลแบบด้าน ล่างทึบ (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 และ 5)	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	
รางเคเบิลแบบบันได (หมายเหตุ 2)	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	-	

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-41)

- ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการว่างสายไฟฟ้าชนิดเดียวเท่านั้น
- ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิลในแนวโนนที่มีรีรยาห่างระหว่างรางเคเบิลในแนวตั้งไม่น้อยกว่า 300 มม. และติดตั้งรางเคเบิลท่องากันไม่น้อยกว่า 20 มม.เท่านั้น
- ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิลในแนวตั้งที่มีรีรยาห่างระหว่างรางเคเบิลในแนวราบไม่น้อยกว่า 225 มม.เท่านั้น
- กรณีที่จำนวนรางเคเบิลมากกว่า 1 ราง ตัวคูณปรับค่าให้คิดจากการว่างเคเบิลที่มีกลุ่มวงจรมากที่สุด
- การนับจำนวนรางเคเบิล 1 รางมีจำนวนวงจรมากกว่า 9 ให้ใช้ตัวปรับค่าซึ่งเดียวกับ 9 กลุ่มวงจร

ตารางที่ 5-42 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าอะลูминيومหุ้มฉนวนเพรซีตาม มอก.293-2541
ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 450/750 V อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C
เดินบนฉนวนลูกกลิ้วย์ในอากาศ

รูปแบบการติดตั้ง		
ขนาดสาย (ตร.ม.m.)	ขนาดกระแส (A)	
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 อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43

ภาคผนวก A ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

ตารางที่ 5-43 ตัวคุณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ใช้กับค่าขนาดกระแลsexของเคเบิล เมื่อเดินในอาคาร

อุณหภูมิโดยรอบ (°C)	ฉนวน				
	PVC		XLPE หรือ EPR	เอ็มทีอี	
	70°C	90°C	90°C	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	1.00	1.05	1.09	1.04
36-40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
41-45	0.91	1.00	0.96	0.91	0.96
46-50	0.82	1.00	0.90	0.79	0.91
51-55	0.70	0.96	0.84	0.67	0.87
56-60	0.57	0.83	0.78	0.53	0.82
61-65	-	0.67	0.71	-	0.76
66-70	-	0.47	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

ภาคผนวก A ขนาดกระแลsexของสายไฟฟ้า

**ตารางที่ 5-44 ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบแตกต่างจาก 30°C ใช้กับค่าขนาดกระแสของ
เคเบิล เมื่อเดินได้ดิน**

อุณหภูมิโดยรอบ (°C)	จำนวน	
	PVC	XLPE หรือ EPR
11-15	1.18	1.12
16-20	1.12	1.08
21-25	1.07	1.03
26-30	1.00	1.00
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 kV ผังดินโดยตรง เมื่อวงเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร วงเรียงกันแนวระดับ

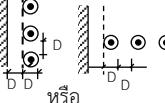
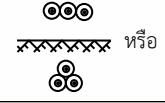
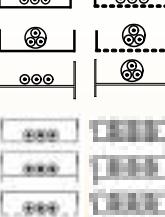
จำนวนวงจร	ระยะห่างระหว่างผิวด้านนอกเคเบิล แต่ละวงจร (มม.)				
	วงชิดกัน	เส้นผ่านศูนย์กลาง เคเบิล 1 เส้น	125	250	500
2	0.75	0.80	0.85	0.90	0.90
3	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
4	0.60	0.60	0.70	0.75	0.80
5	0.55	0.55	0.65	0.70	0.80
6	0.50	0.55	0.60	0.70	0.80

ตารางที่ 5-46 ตัวคูณปรับค่าสำหรับสายเคเบิลแกนเดียว หรือหลายแกน ขนาดแรงดัน (U_0/U)
ไม่เกิน 0.6/1 kV ร้อยห่อผังดินโดยตรง เมื่อวงเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร

วงเรียงกันแนวระดับ

จำนวนวงจร	ระยะห่างระหว่างผิวด้านนอกห่อ แต่ละวงจร (มม.)			
	วงชิดกัน	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/ไม่มีปลอกนอก เดินอย่างเดินสาย โลหะหรือโลหะ ภายใต้ไฟเด蟾ที่ เป็นคนความร้อน หรือผังกันไฟ		กลุ่มที่ 1	ผังเดา หรือผังกันไฟ ที่เป็นคนความร้อนคือวัสดุ ที่มีค่าการนำทางความร้อน (thermal conductance) อย่างน้อย $10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ *
สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีปลอกนอก เดินในช่องเดินสาย โลหะหรือโลหะเดินทางผ่านหรือ เพดาน หรือผังในผังคอนกรีตหรือ ที่คล้ายกัน		กลุ่มที่ 2	กรณีผังในผังคอนกรีตหรือ ที่คล้ายกันผังนี้จะต้องมี ค่าความต้านทานความร้อน (thermal resistivity) ไม่เกิน $2 \text{ K}\cdot\text{m/W}$
สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีปลอกนอก เดินทางผ่าน หรือ เพดาน ที่ไม่ลงปิดทุ่มที่คล้ายกัน		กลุ่มที่ 3	-
สายเคเบิลแกนเดียวหุ้มฉนวน มี/ไม่มี ปลอกนอก วางเรียบกันแบบมีระยะ ห่าง เดินบนคนงานลูกถากวายในอากาศ		กลุ่มที่ 4	ระยะห่างถึงผังและระหว่าง เคเบิลไม่น้อยกว่าเส้นผ่า ศูนย์กลางเคเบิล
สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีปลอกนอก เดินในท่อโลหะหรือ อโลหะดิน		กลุ่มที่ 5	-
สายแกนเดียว หรือหลายแกน หุ้มฉนวน มีปลอกนอก ผังดิน โดยตรง		กลุ่มที่ 6	-
สายเคเบิลแกนเดียวหุ้มฉนวน มีปลอกนอก วางบนราง เคเบิลแบบด้านล่างทึบ วางเคเบิล แบบระบบอากาศ หรือวางเคเบิล แบบบันได		กลุ่มที่ 7	วางเคเบิลแบบระบบอากาศ จะต้องมีพื้นที่รูระบายน้ำอากาศ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของ พื้นผิววางเคเบิลทั้งหมด

ตารางที่ 5-48 ข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี

ตาม มอก.11-2553 และ มอก. 11 เล่ม 101-2559

รหัสชนิด เคเบิล/ ชื่อเรียก	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ลักษณะตัวนำ	จำนวนแกน	อุณหภูมิ ตัวนำ	เปลือก นอก	แรงดัน ไฟฟ้า U _{0/U} (V)	การใช้งาน
60227 IEC 01	1.5-400	เดี่ยวแข็ง (solid) หรือตีเกลียว (stranded)	แกนเดี่ยว	70°C	ไม่มี	450/750	<ul style="list-style-type: none"> ● ใช้งานทั่วไป ● เดินในห้องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย ● ห้ามร้อนย่างผังดินหรือผังดินโดยตรง
60227 IEC 02	1.5-240	ฝอย (flexible)	แกนเดี่ยว	70°C	ไม่มี	450/750	<ul style="list-style-type: none"> ● ใช้งานทั่วไป ● เดินในห้องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย ● ห้ามร้อนย่างผังดินหรือผังดินโดยตรง
60227 IEC 05	0.5-1.0	เดี่ยวแข็ง (solid)	แกนเดี่ยว	70°C	ไม่มี	300/500	<ul style="list-style-type: none"> ● ใช้งานทั่วไป ● เดินในห้องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย ● ห้ามร้อนย่างผังดินหรือผังดินโดยตรง
60227 IEC 06	0.5-1.0	ฝอย (flexible)	แกนเดี่ยว	70°C	ไม่มี	300/500	<ul style="list-style-type: none"> ● ใช้งานทั่วไป ● เดินในห้องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย ● ห้ามร้อนย่างผังดินหรือผังดินโดยตรง
60227 IEC 07	0.5-2.5	เดี่ยวแข็ง (solid)	แกนเดี่ยว	90°C	ไม่มี	300/500	<ul style="list-style-type: none"> ● ใช้งานทั่วไป ● เดินในห้องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย ● ห้ามร้อนย่างผังดินหรือผังดินโดยตรง

ตารางที่ 5-48 (ต่อ)

รหัสชนิด เคเบิล/ ชื่อเรียก	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ลักษณะตัวนำ	จำนวนแกน	อุณหภูมิ ตัวนำ	เปลือก นอก	แรงดัน ไฟฟ้า U/U (V)	การใช้งาน
60227 IEC 08	0.5-2.5	ฝอย (flexible)	แกนเดียว	90°C	ไม่มี	300/500	<ul style="list-style-type: none"> ใช้งานหัวไป เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันไฟเข้าช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือผังดินโดยตรง
60227 IEC 10	1.5-35	ตีเกลี่ยว (stranded)	หลายแกน (มี/ไม่มี สายดิน)	70°C	มี	300/500	<ul style="list-style-type: none"> ใช้งานหัวไป เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันไฟเข้าช่องเดินสาย วางบนรางเคเบิล ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือผังดินโดยตรง
60227 IEC 41	0.8	ตีเกลี่ยว (stranded)	2 แกน	70°C	ไม่มี	300/300	<ul style="list-style-type: none"> ใช้งานภายใต้สภาวะอากาศที่ร้อนจัด
60227 IEC 43	0.5-0.75	ฝอย (flexible)	1 แกน	70°C	มี	300/300	<ul style="list-style-type: none"> ใช้ต่อไฟประดับตกแต่งภายในอาคาร
60227 IEC 52	0.5-0.75	ฝอย (flexible)	หลายแกน (มี/ไม่มี สายดิน)	70°C	มี	300/300	<ul style="list-style-type: none"> ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยอดยาได้ ใช้งานภายใต้สภาวะอากาศที่ร้อนจัด
60227 IEC 53	0.75-2.5	ฝอย (flexible)	หลายแกน (มี/ไม่มี สายดิน)	70°C	มี	300/500	<ul style="list-style-type: none"> ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยอดยาได้ (ใช้งานหนัก) ใช้ต่อเข้าดวงโคม
60227 IEC 56	0.5-0.75	ฝอย (flexible)	หลายแกน (มี/ไม่มี สายดิน)	90°C	มี	300/300	<ul style="list-style-type: none"> ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยอดยาได้ (ใช้งานหนัก)

ตารางที่ 5-48 (ต่อ)

รหัสชนิด เคเบิล/ ซิลิโคน	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ลักษณะตัวนำ	จำนวนแกน	อุณหภูมิ ตัวนำ	เปลือก นอก	แรงดัน ไฟฟ้า U/U (V)	การใช้งาน
60227 IEC 57	0.75-2.5	ฝอย (flexible)	หลายแกน (มี/ไม่มี สายดิน)	90°C	มี	300/500	<ul style="list-style-type: none"> ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิด หยอดได้ (เช่นหนัง) ใช้ในดวงโคมไฟฟ้าที่มี/ ไม่มีมีลลาร์ต์ ใช้ในป้ายโฆษณา/ป้ายไฟฟ้า
NYY	1-500	ตีเกลี่ยว (stranded)	แกนเดี่ยว	70°C	มี	450/750	<ul style="list-style-type: none"> ใช้งานทั่วไป วางบนรางเคเบิล ร้อยท่อผังดินหรือผังดิน โดยตรง
NYY-G	1-300		หลายแกน มีสายดิน				
VAF VAF-G	1-16	เดี่ยวแข็ง (solid) หรือตีเกลี่ยว	2 แกน 2 แกนมี สายดิน	70°C	มี	300/500	<ul style="list-style-type: none"> เดินทางผ่าน เดินในส่วนเดินสาย ห้ามร้อยท่อ ห้ามผังดิน
VCT VCT-G	1-35	ฝอย (flexible)	แกนเดี่ยว หลายแกน และหลาย แกนมี สายดิน	70°C	มี	450/750	<ul style="list-style-type: none"> ใช้งานทั่วไป ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้า วางบนรางเคเบิล ร้อยท่อผังดินหรือผังดิน โดยตรง

หมายเหตุ 1. การใช้งานต้องสอดคล้องกับวิธีการเดินสายด้วย

2. ตารางที่ 5-20 ถึง 5-48 เป็นตารางตามหนังสือมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า พ.ศ.2564 และ¹ใช้หมายเลขตารางเดียวกันเพื่อความสะดวกในการจัดจำและใช้งาน

ภาคผนวก B ขนาดสายไฟฟ้า

ตารางที่ B1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวน (และเปลือก) เป็น มม.
สายไฟฟ้า ตาม อก 11-2553

ขนาดสาย ไฟฟ้า (ตร.มม.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้ารวมฉนวน (และเปลือก) เป็น มม.								
	IEC 01	NYY 1-C	NYY 2-C	NYY 3-C	NYY 4-C	VCT 1-C	VCT 2-C	VCT 3-C	VCT 4-C
1.0	-	8.8	12.5	13	14	6.2	9.6	10.5	12
1.5	3.3	9.2	13	13.5	14.5	6.6	11	11.5	12.5
2.5	4.0	9.8	14	15	16	7.4	12.5	13	15
4	4.6	10.5	15.5	16.5	17.5	8.6	14.5	15.5	17.0
6	5.2	11.0	17	18	19	9.4	16.0	17.5	19.5
10	6.7	12.0	19.5	20.5	23	12.0	20.0	21.5	24.0
16	7.8	13.0	22.5	24.6	26.5	13.5	23.0	25.0	28.0
25	9.7	14.5	27	28.5	31	16.0	27.5	30.0	33.0
35	10.9	16.0	29.5	31.5	35	17.5	31.0	33.5	37.0
50	12.8	17.0	33.5	36.0	39.5	-	-	-	-
70	14.6	19.0	38.0	40.5	44.5	-	-	-	-
95	17.1	21.5	42.5	46.0	51.5	-	-	-	-
120	18.8	23.0	46.5	50.5	56.0	-	-	-	-
150	20.9	26.0	52.0	56.0	62.0	-	-	-	-
185	23.3	28.0	57.0	61.5	68.0	-	-	-	-
240	26.6	31.5	64.0	69.0	76.5	-	-	-	-
300	29.6	35.0	70.5	76.0	85.0	-	-	-	-
400	33.2	38.5	-	-	-	-	-	-	-
500	-	43.0	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ B2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวน (และเปลือก)
 สายไฟฟ้า ตาม มอก.11-2553 (ชนิดมีสายดิน)

ขนาดสาย ไฟฟ้า (ตร.มม.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้ารวมฉนวน (และเปลือก) เป็น มม.					
	สาย NYY-GRD			สาย VCT-GRD		
	2-C	3-C	4-C	2-C	3-C	4-C
1.0	13.5	14	15	10	11.5	13
1.5	14	15	16	12	12.5	14
2.5	15	16	17	13	14	15.5
4	16.5	18	19	15.5	17.0	18.5
6	18	19	20.5	17.5	19.5	21.5
10	21	22.5	25	21.5	24	26.5
16	23.5	26.5	28.5	25	28	30.5
25	28	30.5	34	28.5	33	36.5
35	30	33	39	31.5	37	41.5
50	34	38.5	43.5	-	-	-
70	38.5	42.5	49	-	-	-
95	43.5	48.5	56.5	-	-	-
120	47.5	53.5	61.5	-	-	-
150	53	59	68	-	-	-
185	57.5	64.5	75	-	-	-
240	64.5	72	84.5	-	-	-
300	71	79.5	93.5	-	-	-

**ตารางที่ B3 พื้นที่ภาคตัดขวางรวมฉนวน (และเปลือก)
สายไฟฟ้าตาม อก.11-2553**

ขนาดสาย (ตร.มม.)	พื้นที่ภาคตัดขวางรวมฉนวนและเปลือก (ตร.มม.)						
	ชนิดของสายไฟฟ้า						
	IEC 01	NYY 1-C	NYY 2-C	NYY 3-C	NYY 4-C	NYY 2-C/G	NYY 4-C/G
1	-	60.8	123	133	154	143	177
1.5	8.6	66.5	133	143	165	154	201
2.5	12.6	75.4	154	177	201	177	227
4	16.6	86.6	189	214	241	214	284
6	21.2	95	227	254	284	254	330
10	35.3	113	299	330	415	346	491
16	47.8	133	389	471	552	434	638
25	73.9	165	573	638	755	616	908
35	93	201	683	779	962	707	1195
50	129	227	881	1018	1225	908	1486
70	167	284	1134	1288	1555	1164	1886
95	230	363	1419	1662	2083	1486	2507
120	278	415	1698	2003	2463	1772	2971
150	343	531	2124	2463	3019	2206	3632
185	426	616	2552	2971	3632	2597	4418
240	556	779	3217	3739	4596	3267	5608
300	688	962	3904	4536	5675	3959	6866
400	866	1164	-	-	-	-	-
500	-	1452	-	-	-	-	-

ภาคผนวก B ขนาดสายไฟฟ้า

ตารางที่ B4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและพื้นที่ภาคตัดขวางรวมหน่วงและ
เปลือกของสายไฟฟ้าทุ่มฉนวน XLPE

ขนาดสาย (ตร.มม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)				พื้นที่ภาคตัดขวาง (ตร.มม.)			
	1-C	2-C	3-C	4-C	1-C	2-C	3-C	4-C
2.5	6.5	11.5	12.5	13.0	33.2	104	123	133
4	7.0	12.5	13.5	14.5	38.5	123	143	165
6	7.5	14.0	14.5	16.0	44.2	154	165	201
10	8.1	15.0	16.0	17.5	51.5	177	201	241
16	9.5	17.0	18.0	20	70.9	227	254	314
25	11.5	21	22	24	104	346	380	452
35	12.6	23	24	27	125	415	452	573
50	14.0	26	27	30	154	531	573	707
70	16.0	29	31	35	201	661	755	962
95	18.2	33	36	39	260	855	1018	1195
120	19.9	37	39	44	311	1075	1195	1521
150	22.1	41	44	49	384	1320	1521	1886
185	23	45	49	54	415	1590	1886	2290
240	27	51	55	61	572	2043	2376	2922
300	29	56	61	68	661	2463	2922	3632
400	32	63	68	76	804	3117	3632	4536
500	36	-	-	-	1018	-	-	-

ภาคผนวก B ขนาดสายไฟฟ้า

ภาคผนวก C จำนวนสายไฟฟ้าในห่อร้อยสาย

ตารางที่ C1 จำนวนสายไฟฟ้าขนาดเดียวกันในห่อร้อยสาย
สำหรับสายไฟฟ้าตาม มอก.11-2553 รหัสชนิด 60227 IEC 01

ขนาดสายไฟฟ้า (ตร.มม.)		จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกันในห่อร้อยสาย											
1.5	8	14	22	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	5	10	15	25		-	-	-	-	-	-	-	-
4	4	7	11	19	30	-	-	-	-	-	-	-	-
6	3	5	9	15	23	37	-	-	-	-	-	-	-
10	1	3	5	9	14	22		-	-	-	-	-	-
16	1	2	4	6	10	16	27	42	-	-	-	-	-
25	1	2	2	4	6	10	17	27	34	-	-	-	-
35	1	1	2	3	5	8	14	21	27	33			
50	-	1	1	1	3	6	10	15	19	24	38		
70	-	-	1	1	3	4	7	12	15	18	29	42	
95	-	-	1	1	1	3	5	8	11	13	21	30	
120	-	-	-	1	1	2	4	7	9	11	17	25	
150	-	-	-	1	1	1	3	5	7	9	14	20	
185	-	-	-	1	1	1	3	4	6	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	
ขนาดห่อ	มม.	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150
น้ำหนัก		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6

แหล่งที่มา: มาตรฐานการติดตั้งทั่วไปสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 ภาคผนวก ภู

**ตารางที่ C2 จำนวนสายไฟฟ้าขนาดเดียวกันในห้องร้อยสาย
สำหรับสายไฟฟ้าตาม อกก.11-2553 รหัสชนิด NYy (แกนเดียว)**

ขนาดสายไฟฟ้า (ตร.มม.)		จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกันในห้องร้อยสาย											
1.0	1	1	3	5	8	12	21	-	-	-	-	-	-
1.5	1	1	2	4	7	11	19	30	-	-	-	-	-
2.5	1	1	2	4	7	10	17	26	-	-	-	-	-
4	1	1	1	3	6	9	15	23	29	-	-	-	-
6	-	1	1	3	5	8	13	21	26	-	-	-	-
10	-	1	1	2	4	6	11	17	22	27	-	-	-
16	-	1	1	1	3	5	10	15	19	23	-	-	-
25	-	1	1	1	3	4	8	12	15	19	29	-	-
35	-	-	1	1	1	3	6	10	12	15	24	-	-
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	3	4	-
ขนาดท่อ นิ้ว	มม.	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150
	นิ้ว	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6

แหล่งที่มา: มาตรฐานการติดตั้งหางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 ภาคผนวก ภู

**ตารางที่ C3 จำนวนสายไฟฟ้าขนาดเดียวกันในห่อร้อยสาย
สำหรับสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน XLPE (แกนเดียว)**

ขนาดสายไฟฟ้า (ตร.มม.)		จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกันในห่อร้อยสาย											
1.5	2	3	5	9	15	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	1	3	5	8	13	20	-	-	-	-	-	-	-
4	1	2	4	7	11	17	30	-	-	-	-	-	-
6	1	2	3	6	10	15	26	-	-	-	-	-	-
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	-	-	-
50	-	-	1	2	3	5	8	13	16	20	31	-	-
70	-	-	1	1	2	4	7	10	13	16	25	-	-
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
ขนาดท่อ	มม.	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150
	นิ้ว	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6

ตารางที่ C4 ขนาดพื้นที่หน้าตัดภายในของท่อร้อยสาย

ขนาด		พื้นที่ภาคตัดขวางภายใน (ตร.มม.)		
มิลลิเมตร	นิ้ว	ท่อโลหะหนา	ท่อโลหะหนาปานกลาง	ท่อโลหะบาง
15	½	201	230	195
20	¾	355	390	343
25	1	572	637	555
32	1 ¼	986	1,091	967
40	1 ½	1,338	1,467	1,313
50	3	2,196	2,382	2,164
65	2 ½	3,137	3,367	3,776
80	3	4,837	5,175	5,706
90	3 ½	6,458	6,907	7,447
100	4	8,309	8,871	9,517
125	5	13,041	-	-
150	6	18,742	-	-

ภาคผนวก C จำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย

ตารางที่ C5 พื้นที่หน้าตัดของห่อร้อนสายคิดเป็นร้อนละ

ขนาดห่อ (มม.)	นิว	พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)	พื้นที่หน้าตัดเป็นร้อนละ (ตร.มม.)		
			53% (1 เส้น)	40% (3 เส้นขึ้นไป)	31% (2 เส้น)
15	$\frac{1}{2}$	177	94	71	55
20	$\frac{3}{4}$	314	167	126	97
25	1	491	260	196	152
32	$1\frac{1}{4}$	804	426	322	249
40	$1\frac{1}{2}$	1257	666	503	390
50	2	1964	1041	785	609
65	$2\frac{1}{2}$	3318	1759	1327	1029
80	3	5027	2664	2011	1558
90	$3\frac{1}{2}$	6362	3372	2545	1972
100	4	7854	4163	3142	2435
125	5	12272	6504	4909	3804
150	6	17672	9366	7069	5478

หมายเหตุ พื้นที่หน้าตัดของห่อคิดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระบุ ขนาดจริงอาจแตกต่างไปบ้างซึ่งทางได้จากการที่ C4 ทึ้งนี้เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

ภาคผนวก D ขนาดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและลิฟต์

1. เครื่องปรับอากาศทั่วไป

ตารางที่ D1 เครื่องปรับอากาศรุ่น Standard Inverter

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (kVA)
8,800	4.60	220V	1.01
12,200	6.00	220V	1.32
14,300	6.80	220V	1.50
17,700	8.50	220V	1.87
22,500	9.20	220V	2.02

หมายเหตุ อ้างอิง Mitsubishi

ตารางที่ D2 เครื่องปรับอากาศรุ่นฝังในฝ้า กระจายลม 4 ทิศทาง (Ceiling Cassette Type)

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (kVA)
18,000	7.80	220V	1.72
24,000	10.10	220V	2.22
30,000	13.80	220V	3.04
36,000	16.60	220V	3.65
42,000	20.40	220V	4.49
48,000	28.10	220V	6.18
36,000	6.20	380V	4.08
42,000	7.50	380V	4.94
48,000	10.40	380V	6.84

หมายเหตุ อ้างอิง Mitsubishi

ตารางที่ D3 เครื่องปรับอากาศรุ่นแขวนใต้ฝ้าเพดาน (Ceiling Suspended Type)

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (kVA)
18,000	7.50	220V	1.65
25,000	10.90	220V	2.40
30,000	13.90	220V	3.06
36,000	17.30	220V	3.81
42,000	21.60	220V	4.75
48,000	27.00	220V	5.94
36,000	6.50	380V	4.28
42,000	8.00	380V	5.27
48,000	10.00	380V	6.58

หมายเหตุ อ้างอิง Mitsubishi

**ตารางที่ D4 เครื่องปรับอากาศรุ่นซ่อนในฝ้าเพดานแบบต่อท่อ Duct
(Ceiling Concealed Type)**

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (kVA)
18,000	8.20	220V	1.80
24,000	10.40	220V	2.29
30,000	13.80	220V	3.04
36,000	17.70	220V	3.89
42,000	21.80	220V	4.80
48,000	27.30	220V	6.01
36,000	6.80	380V	4.48
42,000	8.30	380V	5.46
48,000	10.20	380V	6.71

หมายเหตุ อ้างอิง Mitsubishi

ตารางที่ D5 เครื่องปรับอากาศรุ่นตั้งพื้น (Floor Standing Type)

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (kVA)
42,000	19.00	220V	4.18
45,700	27.30	220V	6.01
42,000	7.10	380V	4.67
45,700	10.10	380V	6.65

หมายเหตุ อ้างอิง Mitsubishi

2. เครื่องปรับอากาศชนิด VRV และ VRF

เครื่องปรับอากาศชนิด VRV (Variable Refrigerant Flow) และเครื่องปรับอากาศชนิด VRF (Variable Refrigerant Volume) เป็นระบบเครื่องปรับอากาศที่มีลักษณะการทำงานที่สามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณสารทำความเย็นตามโหลด เป็นการทำงานแบบรวมศูนย์ที่ condensing unit ชุดเดียวสามารถเชื่อมต่อชุดภายในหรือ fan coil unit ได้หลายชุด

ตารางที่ D6 โหลดของเครื่องปรับอากาศชนิด VRV (Variable Refrigerant Volume)
Outdoor Unit

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (kVA)
54,600	5.30	380-415	3.67
76,400	7.40	380-415	5.13
95,500	10.40	380-415	7.21
114,000	13.00	380-415	9.01
136,000	15.20	380-415	10.53
154,000	18.70	380-415	12.96
172,000	17.80	380-415	12.33
191,000	20.40	380-415	14.13
213,000	22.60	380-415	15.66
232,000	25.60	380-415	17.74
251,000	28.20	380-415	19.54
273,000	30.40	380-415	21.06
290,000	33.90	380-415	23.49
307,000	37.70	380-415	26.12
324,000	36.40	380-415	25.22
345,000	39.00	380-415	27.02
362,000	42.90	380-415	29.72
382,000	44.70	380-415	30.97
406,000	46.90	380-415	32.49
423,000	50.40	380-415	34.92
444,000	52.90	380-415	36.65
461,000	56.40	380-415	39.07
478,000	60.20	380-415	41.71
495,000	63.70	380-415	44.13
512,000	67.50	380-415	46.76

ภาคผนวก D ขนาดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและลิฟต์

ตารางที่ D6 (ต่อ)

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (kVA)
532,000	71.10	380-415	49.26
553,000	74.70	380-415	51.75
573,000	78.30	380-415	54.25

หมายเหตุ อ้างอิง Daikin-VRV IV Standard Type

ตารางที่ D7 Fan Coil Unit (Air Handling Unit)

Cooling Capacity (Btu/h)	Fan Motor (kW)	Rated Load Amperes (A)	Power Supply (V)	Load (kVA)	MCCB (AT)
56,900-57,600	1.5	3.70	380-415	2.56	16
55,900-56,200	2.2	5.00	380-415	3.46	16
77,700-78,100	1.5	3.70	380-415	2.56	16
76,000-77,400	2.2	5.00	380-415	3.46	16
95,500-96,900	2.2	5.00	380-415	3.46	16
94,800	3	6.76	380-415	4.68	16
116,000	2.2	5.00	380-415	3.46	16
113,600-115,300	3	6.76	380-415	4.68	16
112,500	4	8.80	380-415	6.10	20
155,200	3	6.76	380-415	4.68	16
151,800-154,500	4	8.80	380-415	6.10	20
194,800-195,500	3	6.76	380-415	4.68	16
191,700-194,100	4	8.80	380-415	6.10	20
293,700	4	8.80	380-415	6.10	20
288,600-292,700	5.5	11.50	380-415	7.97	25
384,100-390,600	5.5	11.50	380-415	7.97	25
486,500-489,600	7.5	15.30	380-415	10.60	32

ตารางที่ D7 (ต่อ)

Cooling Capacity (Btu/h)	Fan Motor (kW)	Rated Load Amperes (A)	Power Supply (V)	Load (kVA)	MCCB (AT)
481,700-483,400	11	22.30	380-415	15.45	45
576,900-586,800	11	22.30	380-415	15.45	45

หมายเหตุ อ้างอิง Daikin-VRV IV

ตารางที่ D8 โหลดของเครื่องปรับอากาศชนิด VRF (Variable Refrigerant Flow)
1. Outdoor Unit

Cooling capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (kVA)	MCCB (AT)
95,900	10.66	380-415	7.39	32
114,700	13.36	380-415	9.26	32
133,800	16.36	380-415	11.33	32
152,900	18.03	380-415	12.49	32
172,000	19.52	380-415	13.52	50
191,100	23.05	380-415	15.97	50
201,600	24.02	380-415	16.64	63
229,400	26.72	380-415	18.51	63
248,500	29.73	380-415	20.60	63
267,600	31.04	380-415	21.50	63
286,700	32.88	380-415	22.78	80
305,800	36.41	380-415	25.22	80
324,900	39.41	380-415	27.30	80
344,000	41.08	380-415	28.46	80
363,100	42.56	380-415	29.49	100
382,200	46.09	380-415	31.93	100
401,700	46.54	380-415	32.24	100

ตารางที่ D8 (ต่อ)

Cooling capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (kVA)	MCCB (AT)
420,800	50.79	380-415	35.19	100
439,900	51.74	380-415	35.85	100
459,000	53.22	380-415	36.87	125
478,100	56.75	380-415	39.32	125
496,900	59.45	380-415	41.19	125
516,000	62.46	380-415	43.27	125
535,100	64.13	380-415	44.43	125
554,200	65.61	380-415	45.45	150
573,300	69.14	380-415	47.90	150
592,500	70.28	380-415	48.69	150
611,600	71.77	380-415	49.72	150
630,700	75.29	380-415	52.16	150
649,800	78.82	380-415	54.61	150
668,900	80.49	380-415	55.76	150
688,000	81.97	380-415	56.79	175
707,100	83.64	380-415	57.95	175
726,200	85.13	380-415	58.98	200
745,300	88.66	380-415	61.42	200
746,400	92.18	380-415	63.86	200

หมายเหตุ อ้างอิง LG Multi V IV VRV

ตารางที่ D9 Fan Coil Unit แบบ Cassette Type กระจายลม 1 ทิศทาง

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (VA)
7,500-12,300	0.26	220-240V	57.00
19,100-20,500	0.46	220-240V	101.00

หมายเหตุ อ้างอิง LG

ตารางที่ D10 Fan Coil Unit แบบ Cassette Type กระจายลม 2 ทิศทาง

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (VA)
9,600-20,500	0.46	220-240V	101.00

หมายเหตุ อ้างอิง LG

ตารางที่ D11 Fan Coil Unit แบบ Cassette Type กระจายลม 4 ทิศทาง

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (VA)
5,500-20,500	0.20	220-240V	44.00
24,200-30,700	0.22	220-240V	48.00
36,200-54,000	0.96	220-240V	211.00

หมายเหตุ อ้างอิง LG

ตารางที่ D12 Fan Coil Unit แบบ DUCT TYPE

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (VA)
7,500-28,000	1.00	220-240V	220.00
36,200-60,000	3.00	220-240V	660.00
76,400-95,000	5.30	220-240V	1166.00

หมายเหตุ อ้างอิง LG

ตารางที่ D13 Fan Coil Unit แบบ Wall Mounted

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (VA)
5,500-15,400	0.14	220-240V	31.00
19,100-24,200	0.26	220-240V	57.00

หมายเหตุ อ้างอิง LG

ตารางที่ D14 Fan Coil Unit แบบ Ceiling Suspended

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (VA)
19,100-24,200	0.42	220-240V	92.00
36,200	0.93	220-240V	205.00
48,100	1.26	220-240V	277.00

หมายเหตุ อ้างอิง LG

ตารางที่ D15 Fan Coil Unit แบบ Floor Standing with Case

Cooling Capacity (Btu/h)	Running Current (A)	Power Supply (V)	Load (VA)
7500-15,400	0.20	220-240V	44.00
24,200	0.53	220-240V	117.00

หมายเหตุ อ้างอิง LG

ตารางที่ D16 ขนาดการใช้ไฟฟ้าของลิฟต์

Loading Capacity		Speed (m/min)	Motor Capacity (kW)
kg	Persons		
450	6	60	4.5
550,(600)	8,(9)	60	5.5
700,(750)	10,(11)	60	7.5
900	13	60	9.5
1,000	15	60	9.5
550,(600)	8,(9)	90	9.5
700,(750)	10,(11)	90	9.5
1,150	17	60	11
550,(600)	8,(9)	105	11
700,(750)	10,(11)	105	11
900	13	90	13
1,000	15	90	13
1,150	17	90	13
750	11	120	13
900	13	105	15
1,000	15	105	15

ภาคผนวก D ขนาดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและลิฟต์

ตารางที่ D16 (ต่อ)

Loading Capacity		Speed (m/min)	Motor Capacity (kW)
kg	Persons		
1,150	17	105	15
1,350	20	90	15
900	13	120	15
1,000	15	120	15
750	11	150	15
1,600	24	90	18
1,350	20	105	18
1,150	17	120	18
900,(1,000)	13,(15)	150	18
1,350	20	120	20
1,150	17	150	20
1,600	24	105	22
1,600	24	120	22
1,350	20	150	24
1,600	24	150	27

ภาคผนวก D ขนาดการใช้ไฟข้างเครื่องปรับอากาศและลิฟต์

ภาคผนวก E ขนาดสายไฟฟ้าเดินร้อยท่อ ตามขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์

ข้อควรทราบเกี่ยวกับการใช้ตาราง

1. ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าได้จากการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ พ.ศ.2564 ของวสท. ดังนี้
 2. ขนาดสายไฟฟ้าที่ได้จากการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ พ.ศ.2556
 3. จำนวนสายไฟฟ้าที่เดินในท่อร้อยสายกำหนดตามตารางที่ 5-3 ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ พ.ศ.2556
 4. ตารางในภาคผนวกนี้ใช้ได้กับหัววงจรย่อยและสายป้อน
 5. ภาระแลบที่ใช้ในการคำนวณ คิดจากขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์
 6. แรงดันตกคิดภาระแยกจากขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ให้ลดใช้งานจริงอาจต่ำกว่า ดังนั้น ความยาวสายสูงสุดจะเพิ่มขึ้นจากที่กำหนดในตารางที่ E1 ถึง E12
 7. แรงดันตกที่มากกว่า 1% หาได้โดยคูณค่าในตารางด้วยเบอร์เซ็นต์แรงตกที่ต้องการ ตัวอย่าง จากตารางที่ E1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 50 A ใช้สายขนาด 10 ตร.มม. ที่แรงดันตก 1% ความยาวสายสูงสุดคือ 10.45 m . แต่ถ้ากำหนดค่าแรงดันตกเป็น 3% ความยาวสายสูงสุด จะเปลี่ยนเป็น $10.45 \times 3 = 31.35 \text{ m}$.
- หมายเหตุ** วงจร 3 เฟส 4 สาย สายนิวทรัลใช้เท่ากับสายเส้นเพลส กรณี half neutral ขนาดห่ออาจเล็กลงได้ (โดยการคำนวณใหม่)

1. สาย PVC เดินร้อยท่อในอาคาร (กลุ่มที่ 2)

ตารางที่ E1 วงศ์ 1 เฟส 2 สาย ใช้สาย PVC แกนเดียว เดินร้อยท่อในอาคาร



ขนาด CB (A)	ขนาดสายวงศ์ (ตร.มม.)	ขนาดสายเดิน (ตร.มม.)	ความยาวสาย สูงสุดที่ VD 1% (ม.)	ขนาดห่อร้อยสาย (มม.)	
				สาย IEC 01	สาย NYV แกนเดียว
16	2.5	2.5	7.99	15	32
20	2.5	2.5	6.39	15	32
25	4	4	8.36	15	32
32	6	4	9.85	15	32
40	10	4	13.07	20	40
50	10	6	10.45	20	40
63	16	6	13.04	25	40
80	25	10	15.88	32	40
100	35	10	17.29	32	50
125	50	16	18.40	40	50
160	70	16	20.25	40	65
200	95	16	20.54	50	65
250	150	25	22.44	65	65
320	240	25	23.96	65	80
400	400	25	23.00	80	100

ภาคผนวก E ขนาดสายไฟฟ้าเดินร้อยท่อตามขนาดเชอร์กิตเบรกเกอร์

ตารางที่ E2 วงจร 1 เฟส 2 สาย ใช้สาย PVC หลายแกน เดินร้อยท่อในอากาศ (กลุ่มที่ 2)



ขนาด CB (A)	ขนาดสายวงจร (ตร.มม.)	รหัสชนิดของสาย ไฟฟ้า	ความยาวสายสูงสุด ที่ VD 1% (ม.)	ขนาดห่อร้อยสาย (มม.)
16	2.5	NYY-G	7.99	20
20	2.5	NYY-G	6.39	20
25	4	NYY-G	8.36	25
32	6	NYY-G	9.85	32
40	10	NYY-G	13.07	32
50	16	NYY-G	16.43	40
63	25	NYY-G	20.86	40
80	35	NYY-G	23.0	50
100	50	NYY-G	24.73	50
125	70	NYY-G	28.31	65
160	95	NYY-G	29.34	65
200	120	NYY-G	28.05	80
250	185	NYY-G	31.72	80
320	300	NYY-G	34.23	100

หมายเหตุ

- ขนาดสายเดินจะเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตสายไฟฟ้า จึงไม่ได้กำหนดมาให้

ตารางที่ E3 วงจร 3 เฟส 4 สาย ใช้สาย PVC แกนเดียว เดินร้อยท่อในอาคาร (กลุ่มที่ 2)



ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดสายติดนิ (ตร.มม.)	ความยาวสายสูงสุด ที่ VD 1% (ม.)	ขนาดห่อร้อยสาย (มม.)	
				IEC 01	NYY แกนเดียว
16	2.5	2.5	16.67	15	40
20	4	2.5	21.05	20	40
25	6	4	25.00	20	40
32	10	4	32.89	25	50
40	10	4	26.32	25	50
50	16	6	33.33	32	50
63	25	6	41.77	32	65
80	35	10	44.25	40	65
100	50	10	47.06	50	65
125	70	16	52.46	50	65
160	95	16	52.08	65	80
200	120	16	50.00	65	80
250	185	25	51.61	80	100
320	300	25	52.08	100	125
400	400	25	45.45	125	125

ภาคผนวก E ขนาดสายไฟฟ้าเดินร้อยท่อตามขนาดเชอร์กิตเบรกเกอร์

ตารางที่ E4 วงจร 3 เฟส 4 สาย ใช้สาย PVC หลายแกน เดินร้อยท่อในอาคาร (กลุ่มที่ 2)



ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ความยาวสายสูงสุด ที่ VD 1% (ม.)	รหัสชนิดของ สายไฟฟ้า	ขนาดท่อร้อยสาย (มม.)
16	2.5	16.67	NYY-G	25
20	4	21.05	NYY-G	32
25	6	25.00	NYY-G	32
32	10	32.89	NYY-G	40
40	10	26.32	NYY-G	40
50	16	33.33	NYY-G	40
63	25	42.33	NYY-G	50
80	35	45.45	NYY-G	65
100	50	50.00	NYY-G	65
125	70	56.14	NYY-G	80
160	120	69.44	NYY-G	90
200	185	80.00	NYY-G	125
250	240	76.19	NYY-G	125

หมายเหตุ

- ขนาดสายเดินจะเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตสายไฟฟ้า จึงไม่ได้กำหนดมาให้

2. สาย XLPE เดินร้อยท่อในอาคาร (กลุ่มที่ 2)

ตารางที่ E5 วจช 1 เพส 2 สาย ใช้สาย XLPE แกนเดียว เดินร้อยท่อในอาคาร



ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดสายเดิน (ตร.มม.)	ความยาวสายสูงสุด ที่ VD 1% (ม.)	ขนาดหัวร้อยสาย (มม.)
16	2.5	2.5	7.57	20
20	2.5	2.5	6.05	20
25	2.5	2.5	4.84	20
32	4	4	5.99	25
40	6	4	7.28	25
50	10	6	9.79	25
63	10	6	7.77	25
80	16	10	9.91	32
100	25	10	12.43	32
125	35	16	13.43	40
160	50	16	13.82	40
200	70	16	15.33	50
250	95	25	15.86	50
320	120	25	14.67	50

ตารางที่ E6 วงจร 1 เฟส 2 สาย ใช้สาย XLPE หลายแกน เดินร้อยท่อในอากาศ (กลุ่มที่ 2)



ขนาด CB (A)	ขนาดสายวงจร (ตร.ม.m.)	ขนาดสายเดิน (ตร.ม.m.)	ความยาวสายสูงสุด ที่ VD 1% (ม.)	ขนาดห่อร้อยสาย (ม.m.)
16	2.5	2.5	7.57	25
20	2.5	2.5	6.05	25
25	2.5	2.5	4.84	25
32	4	4	5.99	32
40	6	4	7.28	32
50	10	6	9.79	32
63	10	6	7.77	32
80	16	10	9.91	40
100	25	10	12.43	50
125	35	16	13.63	50
160	70	16	21.14	65
200	70	16	16.91	65
250	120	25	21.90	80
320	185	25	23.96	90

หมายเหตุ สายวงจรใช้สาย XLPE ชนิด 2-core สายเดินใช้สาย XLPE แกนเดียวเดินรวมในห่อเดียวกัน

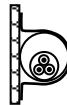
ตารางที่ E7 วงจร 3 เฟส 4 สาย ใช้สาย XLPE แกนเดียว เดินร้อยท่อในอากาศ (กลุ่มที่ 2)



ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดสายเดิน (ตร.มม.)	ความยาวสายสูงสุด ที่ VD 1% (ม.)	ขนาดห่อร้อยสาย (มม.)
16	2.5	2.5	15.63	25
20	2.5	2.5	12.50	25
25	2.5	2.5	10.00	25
32	4	4	12.50	32
40	6	4	14.71	32
50	10	6	20.00	32
63	16	6	25.40	40
80	16	10	20.00	40
100	25	10	25.00	40
125	35	16	27.35	50
160	70	16	38.46	65
200	70	16	30.77	65
250	120	25	0.38	80
320	185	25	39.06	80
400	240	25	37.04	100

ภาคผนวก E ขนาดสายไฟฟ้าเดินร้อยท่อตามขนาดเชอร์กิตเบรกเกอร์

ตารางที่ E8 วงจร 3 เฟส 4 สาย ใช้สาย XLPE หลายแกน เดินร้อยท่อในอาคาร (กลุ่มที่ 2)



ขนาด CB (A)	ขนาดสายวงจร (ตร.มม.)	ขนาดสายดิน (ตร.มม.)	ความยาวสายสูงสุด ที่ VD 1% (ม.)	ขนาดท่อร้อยสาย (มม.)
16	2.5	2.5	15.63	32
20	2.5	2.5	12.50	32
25	4	2.5	16.00	32
32	4	4	12.50	32
40	6	4	14.71	32
50	10	6	20.00	40
63	16	6	25.40	40
80	25	10	31.25	50
100	35	10	34.78	65
125	50	16	37.21	65
160	70	16	41.67	80
200	95	16	45.45	80
250	150	25	51.61	100
320	240	25	56.82	125
400	300	25	55.56	125

หมายเหตุ สายวงจรใช้สาย XLPE ชนิด 4-core สายดินใช้สาย XLPE แกนเดียวเดินรวมในท่อเดียวกัน

3. สาย NYY เดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5)

ตารางที่ E9 วงจร 1 เฟส 2 สาย ใช้สาย NYY แกนเดียว เดินร้อยท่อฝังดิน



ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดสายดิน (ตร.มม.)	ความยาวสายสูงสุด ที่ VD 1% (ม.)	ขนาดห่อร้อยสาย (มม.)
16	2.5	2.5	7.99	32
20	2.5	2.5	6.39	32
25	2.5	2.5	5.11	32
32	4	4	6.53	32
40	6	4	7.88	32
50	10	6	10.45	40
63	16	6	13.04	40
80	16	10	10.27	40
100	25	10	12.71	40
125	35	16	13.83	50
160	70	16	20.25	50
200	95	16	20.54	65
250	120	25	19.17	65
320	185	25	19.97	80
400	240	25	19.17	80

ภาคผนวก E ขนาดสายไฟฟ้าเดินร้อยท่อตามขนาดเชอร์กิตเบราเกอร์

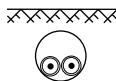
ตารางที่ E10 วงจร 3 เฟส 4 สาย ใช้สาย NY_Y แกนเดียว เดินร้อยท่อผังดิน (กลุ่มที่ 5)



ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดสายดิน (ตร.มม.)	ความยาวสายสูงสุด ที่ VD 1% (ม.)	ขนาดท่อร้อยสาย (มม.)
16	2.5	2.5	16.67	40
20	2.5	2.5	13.33	40
25	2.5	2.5	10.67	40
32	4	4	13.16	40
40	6	4	15.63	40
50	10	6	21.05	50
63	16	6	26.46	50
80	25	10	32.89	65
100	35	10	35.40	65
125	50	16	37.65	65
160	70	16	40.98	65
200	95	16	41.67	80
250	150	25	45.71	90
320	240	25	46.30	125
400	300	25	41.67	125

4. สาย XLPE เดินร้อยท่อผังดิน (กลุ่มที่ 5)

ตารางที่ E11 วงจร 1 เฟส 2 สาย ใช้สาย XLPE แกนเดียว เดินร้อยท่อผังดิน



ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดสายดิน (ตร.มม.)	ความยาวสายสูงสุด ที่ VD 1% (ม.)	ขนาดห่อร้อยสาย (มม.)
16	2.5	2.5	7.57	20
20	2.5	2.5	6.05	20
25	2.5	2.5	4.84	20
32	2.5	2.5	3.78	20
40	4	4	4.79	25
50	6	6	5.82	25
63	10	6	7.77	25
80	16	10	9.91	32
100	25	10	12.43	32
125	35	16	13.43	40
160	50	16	13.82	40
200	70	16	15.33	40
250	95	25	15.86	50
320	150	25	17.11	65
400	185	25	15.54	65

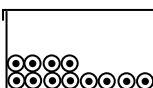
ตารางที่ E12 วงจร 3 เฟส 4 สาย ใช้สาย XLPE แกนเดียว เดินร้อยท่อผังดิน (กลุ่มที่ 5)



ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดสายดิน (ตร.มม.)	ความยาวสายสูงสุด ที่ VD 1% (ม.)	ขนาดห่อร้อยสาย (มม.)
16	2.5	2.5	15.63	25
20	2.5	2.5	12.50	25
25	2.5	2.5	10.00	25
32	4	4	12.50	32
40	6	4	14.71	32
50	10	6	20.00	32
63	10	6	15.87	32
80	16	10	20.00	40
100	25	10	25.00	40
125	35	16	27.35	50
160	70	16	38.46	65
200	95	16	40.00	65
250	120	25	38.10	80
320	185	25	39.06	80
400	240	25	37.04	100

5. สาย PVC หรือ XLPE เดินในรางเดินสาย (wireways)

ตารางที่ E13 วงจร 1 เฟส 2 สาย และ 3 เฟส 4 สาย
ใช้สาย PVC หรือ XLPE แกนเดียว เดินในรางเดินสาย



ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)		ขนาดสายดิน (ตร.มม.)
	สาย PVC	สาย XLPE	
16	2.5	2.5	2.5
20	4	2.5	2.5
25	6	2.5	4
32	10	4	4
40	10	6	4
50	16	10	6
63	25	16	6
80	35	16	10
100	50	25	10
125	70	35	16
160	95	70	16
200	120	70	16
250	185	120	25
320	300	185	25
400	400	240	25

หมายเหตุ

- ขนาดกระแสขของสายแกนเดียวในรางเดินสาย (wireways) คิดจากตารางที่ 5-20 (ภาคผนวก A) สำหรับสาย PVC และ 5-27 สำหรับสาย XLPE (กลุ่มที่ 2) ซึ่งตัวนำกระแส 3 เส้น สายแกนเดียว และไม่ต้องใช้ตัวคูณลดกระแส ถ้าจำนวนตัวนำที่มีกระแสไฟรวมกันไม่เกิน 30 เส้น
- สายแกนเดียวของวงจรเดียวกันรวมทั้งสายดิน ต้องวงเป็นกลุ่มเดียวกันและมัดเข้าด้วยกัน
- สาย PVC กับสาย XLPE ห้ามเดินรวมในรางเดินสายเดียวกัน

ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

1. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ กำหนดให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ด้านแรงต่ำของหม้อแปลง มีขนาดไม่เกิน 1.0 เท่าของกระแสหม้อแปลง
2. ขนาดหรือพิกัดปรับตั้งของเซอร์กิตเบรกเกอร์อาจเลือกแตกต่างจากที่กำหนดในตารางได้ แต่ต้องสอดคล้องกับข้อ 1
3. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ กำหนดให้สายนิวทรัลของสายเมนเรงต่ำต้องสามารถนำกระแสสูงสุดที่อาจไหลในสายนิวทรัลได้ และไม่เล็กกว่าสายต่อหลัก Jin และไม่เล็กกว่า 12.5% ของสายเมนลั่นเฟส แต่เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ในตารางจึงกำหนดเป็นแบบ half neutral ซึ่งสามารถใช้งานได้เป็นส่วนใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามถ้าความมีโหลด 1 เฟส จำนวนมาก หรือโหลดมี harmonics สูง อาจต้องหาขนาดสายนิวทรัลใหม่ (ดูรายละเอียดในบทที่ 5)
4. การวางแผนแรงเคเบิล กรณีที่สายนิวทรัลเป็น full neutral ขนาดแรงเคเบิลจะยังคงสามารถใช้ได้เพียงได้เพื่อไว้แล้ว ขนาดแรงเพื่อไว้แล้ว 20%
5. การวางแผนแบบเป็นกลุ่มแต่ละกลุ่มต้องวางห่างกันไม่น้อยกว่า 2 เท่าของขนาดลั่นผ่านศูนย์กลางสายลั่นไฟฟ้าอยู่ใกล้กัน
6. ขนาดสายไฟฟ้าตามตารางได้ทำการปรับค่าตามจำนวนกลุ่มวงจรแล้ว
7. ขนาดสายไฟฟ้าที่กำหนดในตาราง เช่น $2(3 \times 185, 1 \times 95)$ หมายถึง สายจำนวน 2 ชุด (เดินควบเพลสละ 2 เส้น) สายลั่นไฟสายขนาด 185 ตร.มม. สายนิวทรัลขนาด 95 ตร.มม. และการเดินสายร้อยท่อจะแยกเดินท่อละวงจร
8. การใช้งาน 2 ชั้น แต่ละชั้นควรมีจำนวนวงจรเท่ากันหรือต่างกันไม่เกิน 1 วงจร

สรุป ตารางขนาดสายไฟฟ้า ห่อ และรังเครเบิล สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละขนาด

1. สายไฟฟ้าเดินร้อยท่อในอากาศ (กลุ่มที่ 2)	
ตารางที่ F1	สาย PVC ชนิด IEC 01 เดินร้อยท่อในอากาศ
ตารางที่ F2	สาย XLPE แกนเดียวนำร้อยท่อในอากาศ
2. สายไฟฟ้าเดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5)	
ตารางที่ F3	สาย NYY แกนเดียวเดินร้อยท่อฝังดิน ห่อวงซิตติดกัน
ตารางที่ F4	สาย XLPE แกนเดียวเดินร้อยท่อฝังดิน ห่อวงซิตติดกัน
3. สาย PVC วางบนรางเคเบิลแบบบันได (กลุ่มที่ 7)	
ตารางที่ F5	สาย NYY แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบบันได สายวางซิตติดกัน
ตารางที่ F6	สาย NYY แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบบันได สายวางเป็นกลุ่ม
4. สาย PVC วางบนรางเคเบิลแบบระนาวยากาศ (กลุ่มที่ 7)	
ตารางที่ F7	สาย NYY แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบระนาวยากาศ สายวางซิตติดกัน
ตารางที่ F8	สาย NYY แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบระนาวยากาศ สายวางแบบเป็นกลุ่ม
5. สาย XLPE วางบนรางเคเบิลแบบบันได (กลุ่มที่ 7)	
ตารางที่ F9	สาย XLPE แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบบันได สายวางซิตติดกัน
ตารางที่ F10	สาย XLPE แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบบันได สายวางแบบเป็นกลุ่ม
6. สาย XLPE วางบนรางเคเบิลแบบระนาวยากาศ (กลุ่มที่ 7)	
ตารางที่ F11	สาย XLPE แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบระนาวยากาศ สายวางซิตติดกัน
ตารางที่ F12	สาย XLPE แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบระนาวยากาศ สายวางแบบเป็นกลุ่ม
7. สาย NYY & XLPE วางบนรางเคเบิลมีฝาปิด (รังทั้ง 3 แบบ) (กลุ่มที่ 7)	
ตารางที่ F13	สาย NYY แกนเดียววางบนมีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ แบบระนาวยากาศ และ แบบบันได
ตารางที่ F14	สาย XLPE แกนเดียววางบนมีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ แบบระนาวยากาศ และ แบบบันได

ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

1. สายไฟฟ้าเดินร้อยท่อในอาคาร

ตารางที่ F1 สาย PVC ชนิด IEC 01
เดินร้อยท่อในอาคาร (กลุ่มที่ 2)



ขนาดหม้อแปลง (kVA)	ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	จำนวนท่อ	ขนาดห่อร้อยสาย (มม.)	
				Half neutral	Full neutral
250	320	1(3 × 300, 1 × 150)	1	90	100
	350	2(3 × 95, 1 × 50)	2	65	65
315	400	2(3 × 120, 1 × 70)	2	65	65
	450	2(3 × 150, 1 × 95)	2	65	80
400	500	2(3 × 185, 1 × 95)	2	80	80
		3(3 × 95, 1 × 50)	3	65	65
	550	2(3 × 240, 1 × 120)	2	80	90
500	630	2(3 × 300, 1 × 150)	2	90	100
		3(3 × 150, 1 × 95)	3	65	80
	700,	3(3 × 185, 1 × 95)	3	80	80
		4(3 × 95, 1 × 50)	4	65	65
630	800	3(3 × 240, 1 × 120)	3	80	90
		4(3 × 120, 1 × 70)	4	65	65
	900	3(3 × 240, 1 × 120)	3	80	90
		4(3 × 185, 1 × 95)	4	80	80
800	1000	3(3 × 300, 1 × 150)	3	90	100
		4(3 × 185, 1 × 95)	4	80	80
	1100	4(3 × 240, 1 × 120)	4	80	90
		5(3 × 150, 1 × 95)	5	65	80

ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าลำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

ตารางที่ F1 (ต่อ)

ขนาดหัวเม็ดเปล่ง (kVA)	ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	จำนวนท่อ	ขนาดท่อ (มม.)	
				Half neutral	Full neutral
1000	1000	3(3 × 300, 1 × 150)	3	90	100
		4(3 × 185, 1 × 95)	4	80	80
	1250	4(3 × 300, 1 × 150)	4	90	100
		5(3 × 185, 1 × 95)	5	80	80
	1400	5(3 × 240, 1 × 120)	5	80	90
		6(3 × 185, 1 × 95)	6	80	80
1250	1500	5(3 × 240, 1 × 120)	5	80	90
		6(3 × 185, 1 × 95)	6	80	80
	1600	5(3 × 300, 1 × 150)	5	90	100
		6(3 × 240, 1 × 120)	6	80	90
	1800	6(3 × 240, 1 × 120)	6	80	90
		7(3 × 185, 1 × 95)	7	80	80
1600	1800	6(3 × 240, 1 × 120)	6	80	90
		7(3 × 185, 1 × 95)	7	80	80
	2000,	6(3 × 300, 1 × 150)	6	90	100
		7(3 × 240, 1 × 120)	7	80	90
	2250	7(3 × 300, 1 × 150)	7	90	100
		8(3 × 240, 1 × 120)	8	80	90
2000	2500	7(3 × 400, 1 × 240)	7	125	125
		8(3 × 300, 1 × 150)	8	90	100
	2800	9(3 × 300, 1 × 150)	9	90	100
		10(3 × 240, 1 × 120)	10	80	90

ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับหัวเม็ดเปล่งไฟฟ้า

**ตารางที่ F2 สาย XLPE แกนเดียว
เดินร้อยท่อในอากาศ (กลุ่มที่ 2)**



ขนาดหม้อแปลง (kVA)	ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	จำนวนหก	ขนาดห่อร้อยสาย (มม.)	
				Half neutral	Full neutral
250	320	1(3 × 185, 1 × 95)	1	80	80
	350	1(3 × 240, 1 × 120)	1	80	90
315	400	1(3 × 240, 1 × 120)	1	80	90
		2(3 × 70, 1 × 35)	2	50	65
	450	2(3 × 95, 1 × 50)	2	65	65
400	500	2(3 × 120, 1 × 70)	2	65	65
		3(3 × 70, 1 × 35)	3	50	65
	550	2(3 × 120, 1 × 70)	2	65	65
		3(3 × 70, 1 × 35)	3	50	65
500	630	2(3 × 185, 1 × 95)	2	80	80
		3(3 × 95, 1 × 50)	3	65	65
	700	2(3 × 240, 1 × 120)	2	80	90
		3(3 × 95, 1 × 50)	3	65	65
630	800	2(3 × 240, 1 × 120)	2	80	90
		3(3 × 120, 1 × 70)	3	65	65
	900	2(3 × 300, 1 × 150)	2	90	100
		3(3 × 150, 1 × 95)	3	80	80
		4(3 × 95, 1 × 50)	4	65	65
		3(3 × 185, 1 × 95)	3	80	80
800	1000	4(3 × 120, 1 × 70)	4	65	65
		3(3 × 240, 1 × 120)	3	80	90
	1100	4(3 × 120, 1 × 70)	4	65	65

ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าลำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

ตารางที่ F2 (ต่อ)

ขนาดหม้อแปลง (kVA)	ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	จำนวนท่อ	ขนาดท่อ (มม.)	
				Half neutral	Full neutral
1000	1000	3(3 × 185, 1 × 95)	3	80	80
		4(3 × 120, 1 × 70)	4	65	65
	1250	3(3 × 300, 1 × 150)	3	90	100
		4(3 × 185, 1 × 95)	4	80	80
	1400	3(3 × 240, 1 × 120)	3	80	90
		5(3 × 120, 1 × 70)	5	65	65
1250	1500	4(3 × 240, 1 × 120)	4	80	90
		5(3 × 150, 1 × 95)	5	80	80
	1600	4(3 × 240, 1 × 120)	4	80	90
		5(3 × 185, 1 × 95)	5	80	80
	1800	4(3 × 300, 1 × 150)	4	90	100
		5(3 × 240, 1 × 120)	5	80	90
1600	1800	4(3 × 300, 1 × 150)	4	90	100
		5(3 × 240, 1 × 120)	5	80	90
	2000	5(3 × 240, 1 × 120)	5	80	90
		6(3 × 185, 1 × 95)	6	80	80
	2250	5(3 × 300, 1 × 150)	5	90	100
		6(3 × 240, 1 × 120)	6	80	90
2000	2250	5(3 × 300, 1 × 150)	5	90	100
		6(3 × 240, 1 × 120)	6	80	90
	2500	6(3 × 300, 1 × 150)	6	90	100
		7(3 × 240, 1 × 120)	7	80	90
	2800	7(3 × 240, 1 × 150)	7	80	90
		9(3 × 185, 1 × 95)	9	80	80

ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

2. សាយ ផ្លូវការណែនាំរដ្ឋាមេរិចទិន្នន័យ

ตารางទี่ F3 សាយ NYY កៅនតើរឿង
ជីវិតរដ្ឋាមេរិចទិន្នន័យ (ក្រឡុងទី 5) ទៀតវាយិតិតិកកាន់

~~~~~



| ខ្នាតអំពេល<br>(kVA) | ខ្នាត CB (A) | ខ្នាតសាយ (ទរ.ម.ម.)  | ចំនួនអំពេល | ខ្នាតទៀតវាយិតិតិកកាន់ (ម.ម.) |              |
|---------------------|--------------|---------------------|------------|------------------------------|--------------|
|                     |              |                     |            | Half neutral                 | Full neutral |
| 250                 | 320          | 1(3 × 240, 1 × 120) | 1          | 100                          | 100          |
|                     | 350          | 1(3 × 240, 1 × 120) | 1          | 100                          | 100          |
| 315                 | 400          | 1(3 × 300, 1 × 150) | 1          | 125                          | 125          |
|                     |              | 2(3 × 150, 1 × 95)  | 2          | 80                           | 90           |
|                     | 450          | 2(3 × 150, 1 × 95)  | 2          | 80                           | 90           |
| 400                 | 500          | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 2          | 90                           | 90           |
|                     | 550          | 2(3 × 240, 1 × 120) | 2          | 100                          | 100          |
| 500                 | 630          | 2(3 × 300, 1 × 150) | 2          | 125                          | 125          |
|                     | 700          | 3(3 × 240, 1 × 120) | 3          | 100                          | 100          |
|                     |              | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 4          | 80                           | 90           |
| 630                 | 800          | 3(3 × 240, 1 × 120) | 3          | 100                          | 100          |
|                     |              | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 4          | 90                           | 90           |
|                     | 900          | 3(3 × 300, 1 × 150) | 3          | 125                          | 125          |
|                     |              | 4(3 × 240, 1 × 120) | 4          | 100                          | 100          |
| 800                 | 1000         | 4(3 × 240, 1 × 120) | 4          | 100                          | 100          |
|                     |              | 6(3 × 185, 1 × 95)  | 6          | 90                           | 90           |
|                     | 1100         | 4(3 × 300, 1 × 150) | 4          | 125                          | 125          |
|                     |              | 5(3 × 240, 1 × 150) | 5          | 100                          | 100          |
| 1000                | 1250         | 5(3 × 300, 1 × 150) | 5          | 125                          | 125          |
|                     |              | 6(3 × 240, 1 × 120) | 6          | 100                          | 100          |
|                     | 1400         | 5(3 × 400, 1 × 240) | 5          | 125                          | 125          |
|                     |              | 6(3 × 300, 1 × 150) | 6          | 125                          | 125          |
| 1250                | 1600         | 6(3 × 400, 1 × 240) | 6          | 125                          | 125          |

អ្នករៀបចំ: សារុប្បៈអំពេលទីនាទិញ ហើយការណែនាំរដ្ឋាមេរិចទិន្នន័យ

រាជរដ្ឋាភិបាល ក្រសួងការងារ ក្រសួងការពាណិជ្ជកម្ម ក្រសួងការពាណិជ្ជកម្ម ក្រសួងការពាណិជ្ជកម្ម

ตารางที่ F4 สาย XLPE แกนเดียว  
เดินร้อยท่อผังดิน (กลุ่มที่ 5) ท่อวางชิดติดกัน



| ขนาดหัวมือแปลง<br>(kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.ม.m.)   | จำนวนท่อ | ขนาดท่อร้อยสาย (มม.) |              |
|-------------------------|-------------|---------------------|----------|----------------------|--------------|
|                         |             |                     |          | Half neutral         | Full neutral |
| 250                     | 320         | 1(3 × 185, 1 × 95)  | 1        | 80                   | 80           |
|                         | 350         | 1(3 × 185, 1 × 95)  | 1        | 80                   | 80           |
| 315                     | 400         | 1(3 × 240, 1 × 120) | 1        | 80                   | 90           |
|                         |             | 2(3 × 95, 1 × 50)   | 2        | 65                   | 65           |
|                         | 450         | 2(3 × 120, 1 × 70)  | 2        | 65                   | 65           |
| 400                     | 500         | 2(3 × 150, 1 × 95)  | 2        | 80                   | 80           |
|                         | 550         | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 2        | 80                   | 80           |
| 500                     | 630         | 2(3 × 240, 1 × 120) | 2        | 80                   | 90           |
|                         | 700         | 2(3 × 240, 1 × 120) | 2        | 80                   | 90           |
|                         |             | 3(3 × 150, 1 × 95)  | 3        | 80                   | 80           |
| 630                     | 800         | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 3        | 80                   | 80           |
|                         |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 4        | 80                   | 80           |
|                         | 900         | 3(3 × 240, 1 × 120) | 3        | 80                   | 90           |
|                         |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 4        | 80                   | 80           |
| 800                     | 1000        | 3(3 × 300, 1 × 150) | 3        | 90                   | 100          |
|                         |             | 4(3 × 240, 1 × 120) | 4        | 80                   | 90           |
|                         | 1100        | 4(3 × 240, 1 × 120) | 4        | 80                   | 90           |
|                         |             | 5(3 × 185, 1 × 95)  | 5        | 80                   | 80           |
| 1000                    | 1250        | 4(3 × 300, 1 × 150) | 4        | 90                   | 100          |
|                         |             | 5(3 × 240, 1 × 120) | 5        | 80                   | 90           |
|                         | 1400        | 5(3 × 300, 1 × 150) | 5        | 90                   | 100          |
|                         |             | 6(3 × 240, 1 × 120) | 6        | 80                   | 90           |
| 1250                    | 1500        | 6(3 × 240, 1 × 120) | 6        | 80                   | 90           |
|                         | 1600        | 6(3 × 300, 1 × 150) | 6        | 90                   | 100          |
|                         | 1800        | 6(3 × 400, 1 × 240) | 6        | 100                  | 125          |

**หมายเหตุ:** สำหรับหม้อแปลงที่ขนาดใหญ่กว่านี้แนะนำให้เดินในร่างเคเบิล



### 3. สาย PVC วางบนรางเคเบิลแบบบันได

ตารางที่ F5 สาย NYX แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบบันได  
สายวางชิดติดกัน (กลุ่มที่ 7)



| ขนาดหน่วยแضل์ (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.ม.m.)   | ขนาดรางเคเบิล (ม.m.) |
|---------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 250                 | 320         | 1(3 × 150, 1 × 95)  | 150                  |
|                     | 350         | 1(3 × 185, 1 × 95)  | 150                  |
| 315                 | 400         | 1(3 × 240, 1 × 120) | 200                  |
|                     | 450         | 1(3 × 300, 1 × 150) | 200                  |
|                     |             | 2(3 × 95, 1 × 50)   | 200                  |
| 400                 | 500         | 1(3 × 300, 1 × 150) | 200                  |
|                     |             | 2(3 × 120, 1 × 70)  | 300                  |
|                     | 550         | 2(3 × 150, 1 × 95)  | 300                  |
| 500                 | 630         | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 300                  |
|                     |             | 3(3 × 95, 1 × 50)   | 400                  |
|                     | 700         | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 300                  |
|                     |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 400                  |
|                     |             | 2(3 × 240, 1 × 120) | 400                  |
| 630                 | 800         | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 400                  |
|                     |             | 2(3 × 300, 1 × 150) | 400                  |
|                     | 900         | 3(3 × 150, 1 × 95)  | 400                  |
|                     |             | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 500                  |
|                     |             | 4(3 × 120, 1 × 70)  | 500                  |
| 800                 | 1000        | 3(3 × 240, 1 × 120) | 500                  |
|                     |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                  |
|                     | 1100        | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 500                  |
|                     |             | 4(3 × 120, 1 × 70)  | 500                  |
|                     |             | 3(3 × 240, 1 × 120) | 500                  |
| 1000                | 1250        | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 600                  |
|                     |             | 3(3 × 240, 1 × 120) | 500                  |
|                     | 1400        | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 700                  |
|                     |             | 4(3 × 240, 1 × 120) | 700                  |
|                     |             | 5(3 × 150, 1 × 95)  | 700                  |

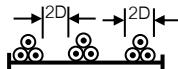
ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับหน่วยแضل์ไฟฟ้า

## ตารางที่ F5 (ต่อ)

| ขนาดหม้อแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.ม.m.)    | ขนาดรางเคเบิล (มม.) |
|--------------------|-------------|----------------------|---------------------|
| 1250               | 1500        | 4(3 × 240, 1 × 120)  | 700                 |
|                    |             | 5(3 × 150, 1 × 95)   | 700                 |
|                    | 1600        | 4(3 × 240, 1 × 120)  | 700                 |
|                    |             | 5(3 × 185, 1 × 95)   | 700                 |
|                    | 1800        | 4(3 × 300, 1 × 150)  | 700                 |
|                    |             | 5(3 × 240, 1 × 120)  | 800                 |
| 1600               | 1800        | 4(3 × 300, 1 × 150)  | 700                 |
|                    |             | 5(3 × 240, 1 × 120)  | 800                 |
|                    | 2000        | 5(3 × 240, 1 × 120)  | 800                 |
|                    |             | 6(3 × 185, 1 × 95)   | 900                 |
|                    | 2250        | 5(3 × 300, 1 × 150)  | 900                 |
|                    |             | 6(3 × 240, 1 × 120)  | 1,000               |
| 2000               | 2250        | 5(3 × 300, 1 × 150)  | 900                 |
|                    |             | 6(3 × 240, 1 × 120)  | 1,000               |
|                    | 2500        | 6(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 600*            |
|                    |             | 7(3 × 240, 1 × 120)  | 2 × 700             |
|                    | 2800        | 7(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 700             |
|                    |             | 8(3 × 240, 1 × 120)  | 2 × 700             |
| 2500               | 3200        | 8(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 700             |
|                    |             | 9(3 × 240, 1 × 120)  | 2 × 800             |
|                    | 3500        | 8(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 700             |
|                    |             | 10(3 × 240, 1 × 120) | 2 × 800             |

หมายเหตุ \* ขนาดรางเคเบิลคูณด้วย 2 หากถึงชี้ 2 ร่างวาง 2 ชั้น เช่น 2 × 600 หมายถึงเลือกใช้รังขนาด 600 มม. จำนวน 2 ร่างวางซ้อนกัน และจำนวนวงจรในแต่ละร่างต้องต่างกันไม่เกิน 1 วงจร

**ตารางที่ F6 สาย NYY แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบบันได<sup>†</sup>  
สายวางเป็นกลุ่ม (กลุ่มที่ 7)**



| ขนาดหน่วยแมลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.ม.m.)   | ขนาดรางเคเบิล (ม.m.) |
|---------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 250                 | 320         | 1(3 × 185, 1 × 95)  | 150                  |
|                     | 350         | 1(3 × 185, 1 × 95)  | 150                  |
| 315                 | 400         | 1(3 × 240, 1 × 120) | 150                  |
|                     | 450         | 1(3 × 300, 1 × 150) | 200                  |
|                     |             | 2(3 × 95, 1 × 50)   | 200                  |
| 400                 | 500         | 2(3 × 120, 1 × 70)  | 300                  |
|                     |             | 3(3 × 70, 1 × 35)   | 300                  |
|                     | 550         | 2(3 × 150, 1 × 95)  | 300                  |
| 500                 | 630         | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 300                  |
|                     |             | 3(3 × 95, 1 × 50)   | 400                  |
|                     | 700         | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 300                  |
|                     |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 400                  |
| 630                 | 800         | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                  |
|                     |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 400                  |
|                     | 900         | 2(3 × 300, 1 × 150) | 400                  |
|                     |             | 3(3 × 150, 1 × 95)  | 400                  |
| 800                 | 1000        | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 500                  |
|                     |             | 4(3 × 120, 1 × 70)  | 500                  |
|                     | 1100        | 3(3 × 240, 1 × 120) | 500                  |
|                     |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                  |
| 1000                | 1000        | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 500                  |
|                     |             | 4(3 × 120, 1 × 70)  | 500                  |
|                     | 1250        | 3(3 × 240, 1 × 120) | 500                  |
|                     |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 600                  |
|                     | 1400        | 3(3 × 300, 1 × 150) | 600                  |
|                     |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 600                  |

**តារាងទី F6 (ពីរ)**

| ឈ្មោះម៉ោង (kVA) | ឈ្មោះ CB (A) | ឈ្មោះសាយ (តរ.មម.)    | ឈ្មោះរងគេបិន (មម.) |
|-----------------|--------------|----------------------|--------------------|
| 1250            | 1500         | 4(3 × 240, 1 × 120)  | 700                |
|                 |              | 5(3 × 150, 1 × 95)   | 700                |
|                 | 1600         | 4(3 × 240, 1 × 120)  | 700                |
|                 |              | 5(3 × 185, 1 × 95)   | 700                |
|                 | 1800         | 4(3 × 300, 1 × 150)  | 700                |
|                 |              | 5(3 × 240, 1 × 120)  | 800                |
| 1600            | 2000         | 5(3 × 240, 1 × 120)  | 800                |
|                 |              | 6(3 × 185, 1 × 95)   | 900                |
|                 | 2250         | 5(3 × 300, 1 × 150)  | 900                |
|                 |              | 6(3 × 240, 1 × 120)  | 1,000              |
|                 |              | 6(3 × 240, 1 × 120)  | 1,000              |
| 2000            | 2500         | 5(3 × 400, 1 × 240)  | 1,000              |
|                 |              | 6(3 × 240, 1 × 120)  | 1,000              |
|                 | 2800         | 7(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 700*           |
|                 |              | 8(3 × 240, 1 × 120)  | 2 × 700            |
| 2500            | 3200         | 8(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 700            |
|                 |              | 9(3 × 240, 1 × 120)  | 2 × 800            |
|                 | 3500         | 8(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 700            |
|                 |              | 10(3 × 240, 1 × 120) | 2 × 800            |

អមាយកែតែ \* ឈ្មោះរងគេបិនគុណតាម 2 អមាយកែតែ 2 រងវាយ 2 ខ្អែន ឡើង 2 × 700 អមាយកែតែឡើកឱ្យរងធនាគត 700 មម. ចាប់ពី 2 រងវាយទីនៅកន្លែង និងចាប់ពី 1 រងវាយទីនៅកន្លែង ដែលត្រូវបានគិតឡើង 1 រងវាយ

## 4. สาย PVC วางบนรางเคเบิลแบบระนาຍอากาศ

ตารางที่ F7 สาย NYY แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบระนาຍอากาศ

สายวางชิดติดกัน (กลุ่มที่ 7)



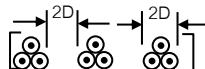
| ขนาดหน้มอแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.มม.)    | ขนาดรางเคเบิล (มม.) |
|---------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| 250                 | 320         | 1(3 × 150, 1 × 95)  | 150                 |
|                     | 350         | 1(3 × 185, 1 × 95)  | 150                 |
| 315                 | 400         | 1(3 × 240, 1 × 120) | 200                 |
|                     | 450         | 1(3 × 300, 1 × 150) | 200                 |
|                     |             | 2(3 × 120, 1 × 70)  | 300                 |
| 400                 | 500         | 1(3 × 300, 1 × 150) | 200                 |
|                     |             | 2(3 × 120, 1 × 70)  | 300                 |
|                     | 550         | 2(3 × 150, 1 × 95)  | 300                 |
|                     |             | 3(3 × 95, 1 × 50)   | 400                 |
|                     |             | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 300                 |
| 500                 | 630         | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 400                 |
|                     |             | 2(3 × 240, 1 × 120) | 400                 |
|                     | 700         | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 400                 |
|                     |             | 2(3 × 240, 1 × 120) | 400                 |
|                     |             | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 500                 |
| 630                 | 800         | 2(3 × 240, 1 × 120) | 400                 |
|                     |             | 3(3 × 150, 1 × 95)  | 400                 |
|                     | 900         | 2(3 × 300, 1 × 150) | 400                 |
|                     |             | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 500                 |
|                     |             | 3(3 × 240, 1 × 120) | 500                 |
| 800                 | 1000        | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                 |
|                     |             | 3(3 × 240, 1 × 120) | 500                 |
|                     | 1100        | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 600                 |
|                     |             | 3(3 × 240, 1 × 120) | 500                 |
|                     |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 600                 |

**ตารางที่ F7 (ต่อ)**

| ขนาดหม้อแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.มม.)     | ขนาดรางเคเบิล (มม.) |
|--------------------|-------------|----------------------|---------------------|
| 1000               | 1250        | 3(3 × 300, 1 × 150)  | 600                 |
|                    |             | 4(3 × 240, 1 × 120)  | 700                 |
|                    | 1250        | 3(3 × 300, 1 × 150)  | 600                 |
|                    |             | 4(3 × 240, 1 × 120)  | 700                 |
|                    | 1400        | 4(3 × 240, 1 × 120)  | 700                 |
|                    |             | 5(3 × 185, 1 × 95)   | 700                 |
| 1250               | 1500        | 4(3 × 300, 1 × 150)  | 700                 |
|                    |             | 5(3 × 240, 1 × 120)  | 800                 |
|                    | 1600        | 4(3 × 300, 1 × 150)  | 700                 |
|                    |             | 5(3 × 240, 1 × 120)  | 800                 |
|                    | 1800        | 5(3 × 300, 1 × 150)  | 900                 |
|                    |             | 6(3 × 240, 1 × 120)  | 1,000               |
| 1600               | 2000        | 6(3 × 240, 1 × 120)  | 1,000               |
|                    |             | 7(3 × 185, 1 × 95)   | 2 × 600*            |
|                    | 2250        | 5(3 × 400, 1 × 240)  | 2 × 600             |
|                    |             | 6(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 600             |
| 2000               | 2500        | 7(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 700             |
|                    |             | 8(3 × 240, 1 × 120)  | 2 × 700             |
|                    | 2800        | 8(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 700             |
|                    |             | 9(3 × 240, 1 × 120)  | 2 × 800             |
| 2500               | 3200        | 9(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 900             |
|                    |             | 11(3 × 240, 1 × 120) | 2 × 1,000           |
|                    | 3500        | 10(3 × 300, 1 × 150) | 2 × 900             |
|                    |             | 11(3 × 240, 1 × 120) | 2 × 1,000           |

หมายเหตุ \* ขนาดรางเคเบิลคุณด้วย 2 หมายถึงใช้ 2 รางวาง 2 ชั้น เช่น 2 × 600 หมายถึงเลือกใช้รังขนาด 600 มม. จำนวน 2 รางวางชั้นกัน และจำนวนจริงไม่เต็ลลงต้องตั้งต่างกันไม่เกิน 1 วงศ์

**ตารางที่ F8 สาย NYY แกนเดียวยาวบนรางเคเบิลแบบระบายน้ำอากาศ  
สายวางแบบเป็นกลุ่ม (กลุ่มที่ 7)**



| ขนาดหน้าแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.มม.)    | ขนาดรางเคเบิล (มม.) |
|--------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| 250                | 320         | 1(3 × 185, 1 × 95)  | 150                 |
|                    | 350         | 1(3 × 185, 1 × 95)  | 150                 |
| 315                | 400         | 1(3 × 240, 1 × 120) | 150                 |
|                    | 450         | 1(3 × 300, 1 × 150) | 200                 |
|                    |             | 2(3 × 95, 1 × 50)   | 200                 |
| 400                | 500         | 1(3 × 400, 1 × 240) | 200                 |
|                    |             | 2(3 × 120, 1 × 70)  | 300                 |
|                    | 550         | 2(3 × 150, 1 × 95)  | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 95, 1 × 50)   | 300                 |
| 500                | 630         | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 95, 1 × 50)   | 400                 |
|                    | 700         | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 400                 |
| 630                | 800         | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 150, 1 × 95)  | 400                 |
|                    | 900         | 2(3 × 300, 1 × 150) | 400                 |
|                    |             | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 400                 |
| 800                | 1000        | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 400                 |
|                    |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                 |
|                    | 1100        | 3(3 × 240, 1 × 120) | 500                 |
|                    |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                 |
| 1000               | 1000        | 2(3 × 400, 1 × 240) | 400                 |
|                    |             | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 500                 |
|                    | 1250        | 3(3 × 300, 1 × 150) | 600                 |
|                    |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 600                 |
|                    | 1400        | 3(3 × 300, 1 × 150) | 600                 |
|                    |             | 4(3 × 240, 1 × 120) | 700                 |

**ตารางที่ F8 (ต่อ)**

| ขนาดหม้อแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.ม.m.)    | ขนาดรางเคเบิล (มม.) |
|--------------------|-------------|----------------------|---------------------|
| 1250               | 1500        | 3(3 × 400, 1 × 240)  | 600                 |
|                    |             | 4(3 × 240, 1 × 120)  | 700                 |
|                    | 1600        | 3(3 × 400, 1 × 240)  | 600                 |
|                    |             | 4(3 × 300, 1 × 150)  | 700                 |
|                    | 1800        | 4(3 × 300, 1 × 150)  | 700                 |
|                    |             | 5(3 × 240, 1 × 120)  | 800                 |
| 1600               | 1800        | 4(3 × 300, 1 × 150)  | 700                 |
|                    |             | 5(3 × 240, 1 × 120)  | 800                 |
|                    | 2000        | 6(3 × 240, 1 × 120)  | 1,000               |
|                    |             | 7(3 × 185, 1 × 95)   | 2 × 600*            |
|                    | 2250        | 6(3 × 240, 1 × 120)  | 1,000               |
|                    |             | 8(3 × 185, 1 × 95)   | 2 × 600             |
| 2000               | 2250        | 6(3 × 240, 1 × 120)  | 1,000               |
|                    |             | 8(3 × 185, 1 × 95)   | 2 × 600             |
|                    | 2500        | 6(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 600             |
|                    |             | 7(3 × 240, 1 × 120)  | 2 × 700             |
|                    | 2800        | 7(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 700             |
|                    |             | 8(3 × 240, 1 × 120)  | 2 × 700             |
| 2500               | 3200        | 8(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 700             |
|                    |             | 10(3 × 240, 1 × 120) | 2 × 800             |
|                    | 3500        | 9(3 × 300, 1 × 150)  | 2 × 900             |
|                    |             | 11(3 × 240, 1 × 120) | 2 × 1,000           |

**หมายเหตุ \*** ขนาดรางเคเบิลคูณด้วย 2 หากถึงชั้น 2 ร่างวาง 2 ชั้น เช่น 2 × 600 หมายถึงเลือกใช้รังขนาด 600 มม. จำนวน 2 ร่างวางซ้อนกัน และจำนวนวงจรในแต่ละร่างต้องต่างกันไม่เกิน 1 วงจร

## 5. สาย XLPE วางบนรางเคเบิลแบบบันได

ตารางที่ F9 สาย XLPE แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบบันได  
สายวางชิดติดกัน (กลุ่มที่ 7)



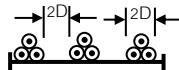
| ขนาดหนักแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.มม.)    | ขนาดรางเคเบิล (มม.) |
|--------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| 250                | 320         | 1(3 × 120, 1 × 70)  | 150                 |
|                    | 350         | 1(3 × 120, 1 × 70)  | 150                 |
| 315                | 400         | 1(3 × 150, 1 × 95)  | 150                 |
|                    | 450         | 1(3 × 185, 1 × 95)  | 150                 |
| 400                | 500         | 1(3 × 240, 1 × 120) | 150                 |
|                    |             | 2(3 × 95, 1 × 50)   | 200                 |
|                    | 550         | 1(3 × 240, 1 × 120) | 150                 |
|                    |             | 2(3 × 95, 1 × 50)   | 200                 |
| 500                | 630         | 1(3 × 300, 1 × 150) | 200                 |
|                    |             | 2(3 × 120, 1 × 70)  | 200                 |
|                    | 700         | 2(3 × 120, 1 × 70)  | 200                 |
|                    |             | 3(3 × 70, 1 × 35)   | 300                 |
| 630                | 800         | 2(3 × 150, 1 × 95)  | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 95, 1 × 50)   | 300                 |
|                    | 900         | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 300                 |
| 800                | 1000        | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 300                 |
|                    | 1100        | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 150, 1 × 95)  | 400                 |

**ตารางที่ F9 (ต่อ)**

| ขนาดหม้อแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.มม.)    | ขนาดรางเคเบิล (มม.) |
|--------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| 1000               | 1000        | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 300                 |
|                    | 1250        | 2(3 × 300, 1 × 150) | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 400                 |
|                    | 1400        | 3(3 × 240, 1 × 120) | 400                 |
|                    |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                 |
| 1250               | 1500        | 3(3 × 240, 1 × 120) | 400                 |
|                    |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                 |
|                    | 1600        | 3(3 × 240, 1 × 120) | 400                 |
|                    |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 500                 |
|                    | 1800        | 3(3 × 300, 1 × 150) | 500                 |
|                    |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 500                 |
| 1600               | 1800        | 3(3 × 300, 1 × 150) | 500                 |
|                    |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 500                 |
|                    | 2000        | 4(3 × 240, 1 × 120) | 600                 |
|                    |             | 5(3 × 185, 1 × 95)  | 600                 |
|                    | 2250        | 4(3 × 300, 1 × 150) | 600                 |
|                    |             | 5(3 × 185, 1 × 95)  | 600                 |
| 2000               | 2250        | 4(3 × 300, 1 × 150) | 600                 |
|                    |             | 5(3 × 185, 1 × 95)  | 600                 |
|                    | 2500        | 4(3 × 300, 1 × 150) | 600                 |
|                    |             | 5(3 × 240, 1 × 120) | 700                 |
|                    | 2800        | 5(3 × 300, 1 × 150) | 700                 |
|                    |             | 6(3 × 240, 1 × 120) | 800                 |
| 2500               | 3200        | 6(3 × 240, 1 × 120) | 800                 |
|                    |             | 8(3 × 185, 1 × 95)  | 900                 |
|                    | 3500        | 6(3 × 300, 1 × 150) | 900                 |
|                    |             | 7(3 × 240, 1 × 120) | 900                 |

ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

**ตารางที่ F10 สาย XLPE แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบบันได  
สายวางแบบเป็นเกลุ่ม (กลุ่มที่ 7)**



| ขนาดหม้อแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.มม.)    | ขนาดรางเคเบิล (มม.) |
|--------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| 250                | 320         | 1(3 × 120, 1 × 70)  | 150                 |
|                    | 350         | 1(3 × 150, 1 × 95)  | 150                 |
| 315                | 400         | 1(3 × 150, 1 × 95)  | 150                 |
|                    | 450         | 1(3 × 185, 1 × 95)  | 150                 |
| 400                | 500         | 1(3 × 240, 1 × 120) | 150                 |
|                    |             | 2(3 × 95, 1 × 50)   | 200                 |
|                    | 550         | 1(3 × 240, 1 × 120) | 150                 |
|                    |             | 2(3 × 95, 1 × 50)   | 200                 |
| 500                | 630         | 1(3 × 300, 1 × 150) | 150                 |
|                    |             | 2(3 × 120, 1 × 70)  | 200                 |
|                    | 700         | 2(3 × 150, 1 × 95)  | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 70, 1 × 35)   | 300                 |
| 630                | 800         | 2(3 × 150, 1 × 95)  | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 95, 1 × 50)   | 300                 |
|                    | 900         | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 300                 |
| 800                | 1000        | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 300                 |
|                    | 1100        | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 150, 1 × 95)  | 400                 |
| 1000               | 1000        | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 300                 |
|                    | 1250        | 2(3 × 300, 1 × 150) | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 400                 |
|                    | 1400        | 3(3 × 240, 1 × 120) | 450                 |
|                    |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                 |

### ตารางที่ F10 (ต่อ)

| ขนาดหม้อแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.ม.m.)   | ขนาดรางเคเบิล (ม.m.) |
|--------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1250               | 1500        | 3(3 × 240, 1 × 120) | 400                  |
|                    |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                  |
|                    | 1600        | 3(3 × 240, 1 × 120) | 400                  |
|                    |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                  |
|                    | 1800        | 3(3 × 300, 1 × 150) | 500                  |
|                    |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 500                  |
| 1600               | 1800        | 3(3 × 300, 1 × 150) | 500                  |
|                    |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 500                  |
|                    | 2000        | 4(3 × 240, 1 × 120) | 600                  |
|                    |             | 5(3 × 150, 1 × 95)  | 600                  |
|                    | 2250        | 4(3 × 300, 1 × 150) | 600                  |
|                    |             | 5(3 × 185, 1 × 95)  | 600                  |
| 2000               | 2250        | 4(3 × 300, 1 × 150) | 600                  |
|                    |             | 5(3 × 185, 1 × 95)  | 600                  |
|                    | 2500        | 4(3 × 300, 1 × 150) | 600                  |
|                    |             | 5(3 × 240, 1 × 120) | 700                  |
|                    | 2800        | 5(3 × 300, 1 × 150) | 700                  |
|                    |             | 6(3 × 240, 1 × 120) | 800                  |
| 2500               | 3200        | 5(3 × 300, 1 × 150) | 700                  |
|                    |             | 6(3 × 240, 1 × 120) | 800                  |
|                    | 3500        | 6(3 × 300, 1 × 150) | 900                  |
|                    |             | 7(3 × 240, 1 × 120) | 2 × 600*             |
|                    |             | 9(3 × 185, 1 × 95)  | 2 × 600              |

หมายเหตุ \* ขนาดรางเคเบิลคูณด้วย 2 หมายถึงใช้ 2 รางวาง 2 ชั้น เช่น  $2 \times 600$  หมายถึงเลือกใช้รางขนาด 600 มม. จำนวน 2 รางวางซ้อนกัน และจำนวนวงจรในแต่ละรางต้องตั้งกันไม่เกิน 1 วงจร

ภาควิชาภาษาไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

## 6. សាយ XLPE វាយបន្ទាន់រងគេបើលប្រព័ន្ធយាយអាកាស

ตารางទี่ F11 សាយ XLPE កៅណែឱ្យវាយបន្ទាន់រងគេបើលប្រព័ន្ធយាយអាកាស

សាយវាយខ្លួនគិតការណ៍ (ភ្នំពេញទី 7)



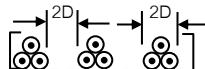
| ខ្នាតអំពេល (kVA) | ខ្នាត CB (A) | ខ្នាតសាយ (តរ.មម.)   | ខ្នាតរងគេបើល (មម.) |
|------------------|--------------|---------------------|--------------------|
| 250              | 320          | 1(3 × 120, 1 × 70)  | 150                |
|                  | 350          | 1(3 × 120, 1 × 70)  | 150                |
| 315              | 400          | 1(3 × 150, 1 × 95)  | 150                |
|                  | 450          | 1(3 × 185, 1 × 95)  | 150                |
| 400              | 500          | 1(3 × 240, 1 × 120) | 150                |
|                  |              | 2(3 × 95, 1 × 50)   | 200                |
|                  | 550          | 1(3 × 240, 1 × 120) | 150                |
|                  |              | 2(3 × 95, 1 × 50)   | 200                |
| 500              | 630          | 1(3 × 300, 1 × 150) | 150                |
|                  |              | 2(3 × 120, 1 × 70)  | 200                |
|                  | 700          | 2(3 × 150, 1 × 95)  | 300                |
|                  |              | 3(3 × 95, 1 × 50)   | 300                |
| 630              | 800          | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 300                |
|                  |              | 3(3 × 95, 1 × 50)   | 300                |
|                  | 900          | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                |
|                  |              | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 300                |
| 800              | 1000         | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                |
|                  |              | 3(3 × 150, 1 × 95)  | 400                |
|                  | 1100         | 2(3 × 300, 1 × 150) | 300                |
|                  |              | 3(3 × 150, 1 × 95)  | 400                |

**តារាងទី F11 (ពែ)**

| ឈ្មោះទឹកអំពេល (kVA) | ឈ្មោះ CB (A) | ឈ្មោះសាយ (ទរ.ម.ម.)  | ឈ្មោះរងគេបិត (ម.ម.) |
|---------------------|--------------|---------------------|---------------------|
| 1000                | 1000         | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                 |
|                     |              | 3(3 × 150, 1 × 95)  | 400                 |
|                     | 1250         | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 400                 |
|                     |              | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                 |
|                     | 1400         | 3(3 × 240, 1 × 120) | 400                 |
|                     |              | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 500                 |
|                     | 1500         | 3(3 × 240, 1 × 120) | 400                 |
|                     |              | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 500                 |
| 1250                | 1600         | 3(3 × 300, 1 × 150) | 500                 |
|                     |              | 4(3 × 240, 1 × 120) | 600                 |
|                     | 1800         | 4(3 × 240, 1 × 120) | 600                 |
|                     |              | 5(3 × 185, 1 × 95)  | 600                 |
|                     | 1800         | 4(3 × 240, 1 × 120) | 600                 |
|                     |              | 5(3 × 185, 1 × 95)  | 600                 |
|                     | 2000         | 4(3 × 300, 1 × 150) | 600                 |
|                     |              | 5(3 × 240, 1 × 120) | 700                 |
| 1600                | 2250         | 5(3 × 240, 1 × 120) | 700                 |
|                     |              | 6(3 × 185, 1 × 95)  | 700                 |
|                     | 2250         | 5(3 × 240, 1 × 120) | 600                 |
|                     |              | 6(3 × 185, 1 × 95)  | 600                 |
|                     | 2500         | 5(3 × 300, 1 × 150) | 700                 |
|                     |              | 6(3 × 240, 1 × 120) | 800                 |
|                     | 2800         | 6(3 × 300, 1 × 150) | 900                 |
|                     |              | 7(3 × 240, 1 × 120) | 900                 |
| 2500                | 3200         | 7(3 × 300, 1 × 150) | 2 × 600*            |
|                     |              | 8(3 × 240, 1 × 95)  | 2 × 600             |
|                     | 3500         | 7(3 × 300, 1 × 150) | 2 × 600             |
|                     |              | 8(3 × 240, 1 × 120) | 2 × 600             |

**អ្នកយក** \* ឈ្មោះរងគេបិតគុណតាម 2 អ្នកយក ដើម្បី 2 រាងវាយ 2 ឆ្នាំ ឡើង 2 × 600 អ្នកយក ត្រូវបានរាយ ឈ្មោះ 600 ម.ម. ចាប់ពី 2 រាងវាយខ្លួនការណ៍ និងចាប់ពី 2 រាងវាយទៅរងគេបិត ដែលត្រូវបានរាយ ជាដំឡើង 1 រាងវាយ

**ตารางที่ F12 สาย XLPE แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบบรรยายอากาศ  
สายวางแบบเป็นกลุ่ม (กลุ่มที่ 7)**



| ขนาดหนักแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.มม.)    | ขนาดรางเคเบิล (มม.) |
|--------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| 250                | 320         | 1(3 × 120, 1 × 70)  | 150                 |
|                    | 350         | 1(3 × 150, 1 × 95)  | 150                 |
| 315                | 400         | 1(3 × 150, 1 × 95)  | 150                 |
|                    | 450         | 1(3 × 185, 1 × 95)  | 150                 |
| 400                | 500         | 1(3 × 240, 1 × 120) | 150                 |
|                    |             | 2(3 × 95, 1 × 50)   | 200                 |
|                    | 550         | 1(3 × 240, 1 × 120) | 150                 |
|                    |             | 2(3 × 95, 1 × 50)   | 200                 |
| 500                | 630         | 1(3 × 300, 1 × 150) | 150                 |
|                    |             | 2(3 × 120, 1 × 70)  | 200                 |
|                    | 700         | 2(3 × 150, 1 × 95)  | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 70, 1 × 35)   | 300                 |
| 630                | 800         | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 95, 1 × 50)   | 300                 |
|                    | 900         | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 300                 |
| 800                | 1000        | 2(3 × 185, 1 × 95)  | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 300                 |
|                    | 1100        | 2(3 × 300, 1 × 150) | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 150, 1 × 95)  | 400                 |
| 1000               | 1000        | 2(3 × 240, 1 × 120) | 300                 |
|                    |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  | 300                 |
|                    | 1250        | 3(3 × 185, 1 × 95)  | 400                 |
|                    |             | 4(3 × 120, 1 × 70)  | 400                 |
|                    | 1400        | 3(3 × 240, 1 × 120) | 400                 |
|                    |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                 |

**ตารางที่ F12 (ต่อ)**

| ขนาดหม้อแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.มม.)    | ขนาดรางเคเบิล (มม.) |
|--------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| 1250               | 1500        | 3(3 × 240, 1 × 120) | 400                 |
|                    |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  | 500                 |
|                    | 1600        | 3(3 × 300, 1 × 150) | 500                 |
|                    |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  | 500                 |
|                    | 1800        | 3(3 × 300, 1 × 150) | 500                 |
|                    |             | 4(3 × 240, 1 × 120) | 600                 |
| 1600               | 1800        | 3(3 × 300, 1 × 150) | 500                 |
|                    |             | 4(3 × 240, 1 × 120) | 600                 |
|                    | 2000        | 4(3 × 240, 1 × 120) | 600                 |
|                    |             | 6(3 × 150, 1 × 95)  | 700                 |
|                    | 2250        | 4(3 × 300, 1 × 150) | 600                 |
|                    |             | 5(3 × 240, 1 × 120) | 700                 |
| 2000               | 2250        | 4(3 × 300, 1 × 150) | 600                 |
|                    |             | 5(3 × 240, 1 × 120) | 700                 |
|                    | 2500        | 5(3 × 300, 1 × 150) | 700                 |
|                    |             | 6(3 × 240, 1 × 120) | 800                 |
|                    | 2800        | 5(3 × 300, 1 × 150) | 700                 |
|                    |             | 6(3 × 240, 1 × 120) | 800                 |
| 2500               | 3200        | 6(3 × 300, 1 × 150) | 900                 |
|                    |             | 7(3 × 240, 1 × 120) | 2 × 600*            |
|                    | 3500        | 7(3 × 300, 1 × 150) | 2 × 600             |
|                    |             | 8(8 × 240, 1 × 120) | 2 × 600             |

**หมายเหตุ \*** ขนาดรางเคเบิลคูณด้วย 2 หากถึงชี้ 2 รังวง 2 ชั้น เช่น 2 × 600 หมายถึงเลือกใช้รังขนาด 600 มม. จำนวน 2 รังวงซ้อนกัน และจำนวนวงจรในแต่ละรังต้องต่างกันไม่เกิน 1 วงจร

## 7. สาย NYY & XLPE วางบนรางเคเบิลแม่ไฟปิด (ร่างทั้ง 3 แบบ)

ตารางที่ F13 สาย NYY แกนเดียววางบนแม่ไฟปิด แบบด้านล่างทึบ แบบระบายน้ำอากาศ และแบบบันได (กลุ่มที่ 7)



| ขนาดหน่วยแพรล (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.มม.)    |
|---------------------|-------------|---------------------|
| 250                 | 320         | 1(3 × 300, 1 × 150) |
|                     | 350         | 2(3 × 150, 1 × 95)  |
| 315                 | 400         | 2(3 × 185, 1 × 95)  |
|                     | 450         | 2(3 × 240, 1 × 120) |
| 400                 | 500         | 2(3 × 300, 1 × 150) |
|                     |             | 3(3 × 185, 1 × 95)  |
|                     | 550         | 2(3 × 400, 1 × 240) |
|                     |             | 3(3 × 240, 1 × 120) |
| 500                 | 630         | 3(3 × 240, 1 × 120) |
|                     |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  |
|                     | 700         | 3(3 × 300, 1 × 150) |
|                     |             | 4(3 × 240, 1 × 120) |
| 630                 | 800         | 4(3 × 300, 1 × 150) |
|                     |             | 5(3 × 240, 1 × 120) |
|                     | 900         | 4(3 × 400, 1 × 240) |
|                     |             | 5(3 × 240, 1 × 120) |
| 800                 | 1000        | 5(3 × 300, 1 × 150) |
|                     |             | 6(3 × 240, 1 × 120) |
|                     | 1100        | 6(3 × 300, 1 × 150) |
|                     |             | 7(3 × 240, 1 × 120) |

**ตารางที่ F13 (ต่อ)**

| ขนาดหม้อแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.มม.)         |
|--------------------|-------------|--------------------------|
| 1000               | 1000        | 5(3 × 300, 1 × 150)      |
|                    |             | 6(3 × 240, 1 × 120)      |
|                    | 1250        | 7(3 × 300, 1 × 150)      |
|                    |             | 8(3 × 240, 1 × 120)      |
|                    | 1400        | 8(3 × 300, 1 × 150)      |
|                    |             | 11(3 × 240, 1 × 120)     |
| 1250               | 1500        | 9(3 × 300, 1 × 150)      |
|                    |             | 12(3 × 240, 1 × 120)     |
|                    | 1600        | 11(3 × 300, 1 × 150)     |
|                    |             | 12(3 × 240, 1 × 120)     |
|                    | 1800        | 12(3 × 300, 1 × 150)     |
|                    |             | 15(3 × 240, 1 × 120)     |
| 1600               | 1800        | 12(3 × 300, 1 × 150)     |
|                    |             | 15(3 × 240, 1 × 120)     |
|                    | 2000        | 15(3 × 300, 1 × 150)     |
|                    |             | 18(3 × 240, 1 × 120)     |
|                    | 2250        | 16(3 × 300, 1 × 150)     |
|                    |             | 20(3 × 240, 1 × 120)     |
| 2000               | 2250        | 16(3 × 300, 1 × 150)     |
|                    |             | 20(3 × 240, 1 × 120)     |
|                    | 2500        | 16(3 × 400, 1 × 240)     |
|                    |             | 20(3 × 300, 1 × 150)     |
|                    | 2800        | 16(3 × 300, 1 × 150) ×2* |
|                    |             | 19(3 × 240, 1 × 120) ×2* |
| 2500               | 3200        | 21(3 × 300, 1 × 150) ×2* |
|                    |             | 24(3 × 240, 1 × 120) ×2* |
|                    | 3500        | 23(8 × 300, 1 × 150) ×2* |
|                    |             | 29(8 × 240, 1 × 120) ×2* |

ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

- หมายเหตุ**
1. \* คุณเด็วย 2 หมายถึงใช้ 2 รังวง 2 ชั้น เช่น  $16(3 \times 300, 1 \times 150) \times 2$  คือเลือกใช้สายขนาด 300 ตร.มม. เพลสละ 16 เส้น(ชุด) แบ่งวง 2 วงๆละ 8 ชุด โดยจำนวนวงจรในแต่ละวงต้องต่างกันไม่เกิน 1 วงจร
  2. การวางแผนสามารถวางแผนได้ทั้งแบบเรียงชิดติดกับแบบเป็นกลุ่ม และแบบเลี้นแนวเส้นการวางทั้ง 3 แบบ จะได้ขนาดสายไฟฟ้าเท่ากัน
  3. ขนาดรางเคลื่อนเปลี่ยนแปลงตามแต่ละวิธีการวางแผน

**ตารางที่ F14 สาย XLPE แกนเดียววางบนมีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ แบบระยะห่างอากาศ และแบบบันได (กลุ่มที่ 7)**



| ขนาดหม้อแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.มม.)    |
|--------------------|-------------|---------------------|
| 250                | 320         | 1(3 × 185, 1 × 95)  |
|                    | 350         | 1(3 × 240, 1 × 120) |
| 315                | 400         | 1(3 × 240, 1 × 120) |
|                    | 450         | 1(3 × 300, 1 × 150) |
| 400                | 500         | 1(3 × 400, 1 × 240) |
|                    |             | 2(3 × 185, 1 × 95)  |
|                    | 550         | 2(3 × 185, 1 × 95)  |
|                    |             | 3(3 × 120, 1 × 70)  |
| 500                | 630         | 2(3 × 240, 1 × 120) |
|                    |             | 3(3 × 150, 1 × 95)  |
|                    | 700         | 2(3 × 300, 1 × 150) |
|                    |             | 3(3 × 185, 1 × 95)  |
| 630                | 800         | 3(3 × 240, 1 × 120) |
|                    |             | 4(3 × 150, 1 × 95)  |
|                    | 900         | 3(3 × 300, 1 × 150) |
|                    |             | 4(3 × 185, 1 × 95)  |
| 800                | 1000        | 4(3 × 240, 1 × 120) |
|                    |             | 5(3 × 150, 1 × 95)  |
|                    | 1100        | 4(3 × 300, 1 × 150) |
|                    |             | 5(3 × 240, 1 × 120) |

ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

**ตารางที่ F14 (ต่อ)**

| ขนาดหม้อแปลง (kVA) | ขนาด CB (A) | ขนาดสาย (ตร.ม.m.)    |
|--------------------|-------------|----------------------|
| 1000               | 1000        | 4(3 × 240, 1 × 120)  |
|                    |             | 5(3 × 150, 1 × 95)   |
| 1250               | 1250        | 5(3 × 300, 1 × 150)  |
|                    |             | 6(3 × 240, 1 × 120)  |
| 1400               | 1400        | 6(3 × 240, 1 × 120)  |
|                    |             | 8(3 × 150, 1 × 95)   |
| 1250               | 1500        | 6(3 × 300, 1 × 150)  |
|                    |             | 7(3 × 240, 1 × 120)  |
| 1600               | 1600        | 6(3 × 300, 1 × 150)  |
|                    |             | 8(3 × 240, 1 × 120)  |
| 1800               | 1800        | 8(3 × 300, 1 × 150)  |
|                    |             | 9(3 × 240, 1 × 120)  |
| 1600               | 1800        | 8(3 × 300, 1 × 150)  |
|                    |             | 9(3 × 240, 1 × 120)  |
| 2000               | 2000        | 8(3 × 300, 1 × 150)  |
|                    |             | 11(3 × 240, 1 × 120) |
| 2250               | 2250        | 11(3 × 300, 1 × 150) |
|                    |             | 14(3 × 240, 1 × 120) |
| 2000               | 2250        | 11(3 × 300, 1 × 150) |
|                    |             | 14(3 × 240, 1 × 120) |
| 2500               | 2500        | 12(3 × 300, 1 × 150) |
|                    |             | 15(3 × 240, 1 × 120) |
| 2800               | 2800        | 16(3 × 300, 1 × 150) |
|                    |             | 18(3 × 240, 1 × 120) |
| 2500               | 3200        | 15(3 × 400, 1 × 240) |
|                    |             | 18(3 × 300, 1 × 150) |
|                    | 3500        | 18(3 × 400, 1 × 240) |
|                    |             | 20(8 × 300, 1 × 150) |

**หมายเหตุ** การวางแผนสายตามตารางได้ทั้งแบบเรียงชิดติดกัน แบบเป็นกลุ่ม และแบบเลี้นแนวเส้น การวางแผนทั้ง 3 แบบ จะได้ขนาดสายไฟฟ้าเท่ากัน และ ขนาดรางเคเบิลจะเปลี่ยนแปลงตามแต่ละวิธีการวางแผน

ภาคผนวก F ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

## ภาคผนวก G ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า

### ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า  $\geq 1.25 \times$  กระแสไฟหลดเต็มที่ของมอเตอร์

ขนาดสายไฟฟ้าเล็กสุดคือ 1.5 ตร.มม.

### ขนาดสายดินของมอเตอร์

กำหนดจากขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง (overload relay) ของมอเตอร์ ตามตารางที่ 4-2 ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ ซึ่งปกติเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังจะตั้งไว้ที่ประมาณ 1.0 เท่าของกระแสไฟหลดเต็มที่ของมอเตอร์

### พิกัดเซอร์กิตเบรกเกอร์

เซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องมีพิกัดไม่เกิน 250% ของกระแสไฟหลดเต็มที่ของมอเตอร์ เมื่อคำนวณแล้วไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานการผลิตให้เลือกขนาดสูงถัดขึ้นไปได้

### หมายเหตุ

1. กระแสไฟหลดเต็มที่ของมอเตอร์อาจแตกต่างกันตามแต่ละผู้ผลิต และประสิทธิภาพของมอเตอร์
2. กระแสไฟหลดเต็มที่ในตารางเป็นของมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพปานกลาง สำหรับมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่กำหนดในตารางสามารถใช้ได้ กรณีที่ต้องการลดขนาดสายลงจะต้องคำนวณใหม่
3. มอเตอร์ขนาดใหญ่อาจมีวิธี start ที่ทำให้กระแสเริ่มเดินลอดลง เช่น star-delta หรือ soft start กรณีจะสามารถลดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ลงได้

**ตารางที่ G1 ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่แนะนำให้ใช้  
สำหรับ induction motor 1 เฟส 230 V**

| แรงม้า | kW   | กระแส, $I_n$ (A) | $2.5 \times I_n$ (A) | ขนาด CB (A)  |
|--------|------|------------------|----------------------|--------------|
| 1/2    | 0.37 | 5.1              | 12.75                | 16           |
| 3/4    | 0.55 | 7.2              | 18                   | 16           |
| 1      | 0.75 | 8.4              | 21                   | 16           |
| 1.5    | 1.1  | 10.5             | 26.25                | 20 หรือ 25   |
| 2      | 1.5  | 12.5             | 31.25                | 25 หรือ 32   |
| 3      | 2.2  | 17.8             | 44.5                 | 40           |
| 5      | 4    | 29.3             | 73.25                | 63           |
| 7.5    | 5.5  | 41.8             | 104.5                | 80 หรือ 100  |
| 10     | 7.5  | 52.3             | 130.75               | 100 หรือ 125 |

หมายเหตุ : เลือกขนาดลงชี้僭ได้ถ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรเนื่องจาก starting current

**ตารางที่ G2 ขนาดสายและท่อสำหรับมอเตอร์ 1 เฟส 230 V  
สาย PVC (IEC 01 หรือ NYV แกนเดียว) เดินร้อยท่อในอากาศ (กลุ่มที่ 2)**

| แรงม้า | kW   | $I_n$ (A) | $1.25 \times I_n$ (A) | ขนาดสายไฟฟ้า (ตร.มม.) |        | ขนาดท่อ (มม.) |     |
|--------|------|-----------|-----------------------|-----------------------|--------|---------------|-----|
|        |      |           |                       | สายวจช                | สายติด | IEC 01        | NYV |
| 1/2    | 0.37 | 5.1       | 6.4                   | 1.5                   | 1.5    | 15            | 32  |
| 3/4    | 0.55 | 7.2       | 9.0                   | 1.5                   | 1.5    | 15            | 32  |
| 1      | 0.75 | 8.4       | 10.5                  | 1.5                   | 1.5    | 15            | 32  |
| 1.5    | 1.1  | 10.5      | 13.1                  | 1.5                   | 1.5    | 15            | 32  |
| 2      | 1.5  | 12.5      | 15.6                  | 2.5                   | 2.5    | 15            | 32  |
| 3      | 2.2  | 17.8      | 22.3                  | 4                     | 4      | 15            | 32  |
| 5      | 4    | 29.3      | 36.6                  | 10                    | 4      | 20            | 40  |
| 7.5    | 5.5  | 41.8      | 52.3                  | 16                    | 6      | 25            | 40  |
| 10     | 7.5  | 52.3      | 65.4                  | 16                    | 6      | 25            | 40  |

หมายเหตุ มอเตอร์แต่ละยี่ห้อผู้ผลิตอาจมีกระแสโหลดเต็มที่ไม่เท่ากัน มอเตอร์ที่มีกระแสโหลดเต็มที่ต่างจากที่กำหนดในตาราง อาจต้องกำหนดขนาดสายไฟฟ้าใหม่

ภาคผนวก G ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า

ตารางที่ G3 ขนาดเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่แนะนำให้ใช้สำหรับ induction motor 3 เฟส 400 V, 4-Pole, 1,500 rpm, DOL

| แรงดัน | kW   | กระแส, I <sub>n</sub> (A) | 2.5×I <sub>n</sub> (A) | ขนาด CB (A)  |
|--------|------|---------------------------|------------------------|--------------|
| 1/2    | 0.37 | 1.2                       | 3                      | 16           |
| 3/4    | 0.55 | 1.7                       | 4.25                   | 16           |
| 1      | 0.75 | 2.2                       | 5.5                    | 16           |
| 1 1/2  | 1.1  | 3.1                       | 7.75                   | 16           |
| 2      | 1.5  | 4.1                       | 10.25                  | 16           |
| 3      | 2.2  | 5.8                       | 14.5                   | 16           |
| 5      | 3.7  | 9.2                       | 23                     | 20           |
| 7 1/2  | 5.5  | 13.0                      | 32.5                   | 32           |
| 10     | 7.5  | 17.0                      | 42.5                   | 32           |
| 15     | 11   | 25.0                      | 62.5                   | 50           |
| 20     | 15   | 33.0                      | 82.5                   | 80           |
| 25     | 18.5 | 41.0                      | 102.5                  | 80 หรือ 100  |
| 30     | 22   | 49.0                      | 122.5                  | 100          |
| 40     | 30   | 63.0                      | 157.5                  | 125          |
| 50     | 37   | 79.0                      | 197.5                  | 160          |
| 60     | 45   | 93.0                      | 232.5                  | 175          |
| 75     | 55   | 116.0                     | 290                    | 200 หรือ 250 |
| 100    | 75   | 150.0                     | 375                    | 300          |
| 125    | 90   | 189.0                     | 472.5                  | 350          |
| 150    | 110  | 218.0                     | 545                    | 400          |
| 200    | 150  | 291.0                     | 727.5                  | 500          |

**หมายเหตุ :** เลือกขนาดสูงขึ้นได้ถ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรนี้อยู่จาก starting current

ภาคผนวก  $G$  ขนาดถ่ายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า

ตารางที่ G4 ขนาดสายไฟฟ้าและห่อ สำหรับ induction motor ระบบ 3 เฟส 400 V  
สาย PVC (IEC 01 หรือ NYY แกนเดี่ยว) เดินร้อยห่อในอาคาร (กลุ่มที่ 2)

| แรงดัน | kW   | I <sub>n</sub> (A) | 1.25×I <sub>n</sub><br>(A) | ขนาดสายไฟฟ้า (ตร.มม.) |        | ขนาดห่อ (มม.) |     |
|--------|------|--------------------|----------------------------|-----------------------|--------|---------------|-----|
|        |      |                    |                            | สายwang               | สายดิน | IEC 01        | NEY |
| 1/2    | 0.37 | 1.2                | 1.6                        | 1.5                   | 1.5    | 15            | 32  |
| 3/4    | 0.55 | 1.7                | 2.2                        | 1.5                   | 1.5    | 15            | 32  |
| 1      | 0.75 | 2.2                | 2.9                        | 1.5                   | 1.5    | 15            | 32  |
| 1 1/2  | 1.1  | 3.1                | 4.0                        | 1.5                   | 1.5    | 15            | 32  |
| 2      | 1.5  | 4.1                | 5.3                        | 1.5                   | 1.5    | 15            | 32  |
| 3      | 2.2  | 5.8                | 7.5                        | 1.5                   | 1.5    | 15            | 32  |
| 5      | 3.7  | 9.2                | 12.0                       | 1.5                   | 1.5    | 15            | 32  |
| 7 1/2  | 5.5  | 13.0               | 16.9                       | 2.5                   | 2.5    | 15            | 32  |
| 10     | 7.5  | 17.0               | 22.1                       | 4                     | 4      | 20            | 40  |
| 15     | 11   | 25.0               | 32.5                       | 10                    | 4      | 25            | 40  |
| 20     | 15   | 33.0               | 42.9                       | 10                    | 4      | 25            | 40  |
| 25     | 18.5 | 41.0               | 53.3                       | 16                    | 6      | 25            | 50  |
| 30     | 22   | 49.0               | 63.7                       | 25                    | 6      | 32            | 50  |
| 40     | 30   | 63.0               | 81.9                       | 35                    | 10     | 40            | 50  |
| 50     | 37   | 79.0               | 102.7                      | 50                    | 10     | 40            | 65  |
| 60     | 45   | 93.0               | 120.9                      | 50                    | 16     | 40            | 65  |
| 75     | 55   | 116.0              | 150.8                      | 70                    | 16     | 50            | 65  |
| 100    | 75   | 150.0              | 195.0                      | 120                   | 16     | 65            | 80  |
| 125    | 90   | 189.0              | 245.7                      | 185                   | 25     | 80            | 90  |
| 150    | 110  | 218.0              | 283.4                      | 240                   | 25     | 80            | 100 |
| 200    | 150  | 291.0              | 378.3                      | 400                   | 25     | 100           | 125 |

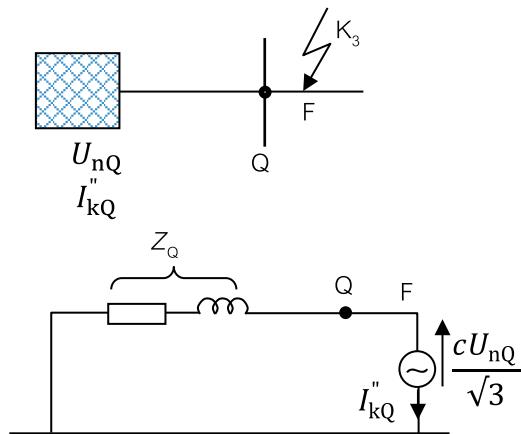
หมายเหตุ มอเตอร์รั่วท่อพู๊ฟลิตร้าวมีร้าวแลกลดเต็มที่ไม่ได้กัน มอเตอร์ที่มีร้าวแลกลดเต็มที่ต่างจากที่กำหนดในตาราง อาจต้องทำการดูดอากาศเพิ่มทิ้งไว้

រាជធានីភ្នំពេញ និង ខណ្ឌស្រុកបឹងកេងកង និង ខណ្ឌស្រុកសៀមរាប និង ខណ្ឌស្រុកសៀលាបូណ្ឌ និង ខណ្ឌស្រុកសៀលាបូណ្ឌ

## ภาคผนวก H กระแสเลี้ยวจร

### กระแสเลี้ยวจร 3 เฟส สมดุล

วงจรของกระแสเลี้ยวจรในระบบไฟฟ้า 3 เฟส เป็นดังนี้



เขียนเป็นสมการคำนวณกระแสเลี้ยวจร 3 เฟส ได้ดังนี้

$$I_k'' = \frac{cU_n}{\sqrt{3} \times Z_k} \quad A$$

กำหนดให้

$I_k''$  = กระแสเลี้ยวจรสมมตาม 3-เฟส (A)

$U_n$  = no load voltage, secondary ของหม้อแปลง (V)

$Z_k$  = อิมพีเดนซ์รวมของวงจรที่ลัดวงจร ( $m\Omega$ )

$c$  = ค่าคงที่ กำหนดให้เท่ากับ 1.0

อิมพีเดนซ์แต่ละส่วนของวงจรไฟฟ้า ทำได้ดังนี้

- ระบบจ่ายไฟฟ้า ค่าอิมพีเดนซ์ซึ่งแปลงให้อยู่ท่าทางด้านแรงตัวของหม้อแปลง เป็น  
ดังนี้

ระบบแรงดัน 230/400V

$$Z_{at} = 0.352, X_a = 0.35, R_a = 0.035 \text{ m}\Omega$$

ระบบแรงดัน 240/416V

$$Z_{at} = 0.381, X_a = 0.379, R_a = 0.038 \text{ m}\Omega$$

- หม้อแปลงไฟฟ้า อิมพีเดนซ์ของหม้อแปลงไฟฟ้าหาได้จากบริษัทผู้ผลิต กรณีไม่มี  
ข้อมูลจะหาได้จากตารางที่ H1 จะได้ค่าความต้านทานเป็น  $R_T$  และค่ารีเซกเคนซ์เป็น  $X_T$

### 3. สายไฟฟ้าและบัสเวียร์

- สายไฟฟ้าใช้ค่าความต้านทานที่ 20°C และรีเซกเคนซ์จะเปลี่ยนไปตามวิธี  
การวางแผนสายไฟฟ้า สำหรับการวางแผนแบบสามเหลี่ยมจะมีค่าอิมพีเดนซ์ต่ำสุดซึ่งเมื่อกำหนดรากจะแล  
ลัดวงจรจะได้ค่าสูงสุดกรณีไม่มีข้อมูลอาจใช้ค่าตามตารางที่ H2

- บัสเวียร์หรือบัสดัก ใช้ค่าจากบริษัทผู้ผลิต  
หากอิมพีเดนซ์รวมได้ดังนี้

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2}$$

**ตารางที่ H1 ค่าอิมพีเดนซ์ของหมวดแปลงไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐาน IEC  
(แรงดันไฟฟ้าด้านแรงต่ำ 230/400 V. และ 240/416 V.)**

| ขนาด<br>(kVA) | % $U_k$ | R(mΩ)     |           | X <sub>L</sub> (mΩ) |           | Z(mΩ)     |           |
|---------------|---------|-----------|-----------|---------------------|-----------|-----------|-----------|
|               |         | 230/400 V | 240/416 V | 230/400 V           | 240/416 V | 230/400 V | 240/416 V |
| 315           | 4       | 7.11      | 7.69      | 19.03               | 20.88     | 20.32     | 21.98     |
| 400           | 4       | 4.60      | 4.98      | 15.32               | 16.57     | 16.00     | 17.30     |
| 500           | 4       | 3.26      | 3.53      | 12.38               | 13.32     | 12.80     | 13.84     |
| 630           | 4       | 2.62      | 2.83      | 9.82                | 10.60     | 10.16     | 10.99     |
| 800           | 6       | 2.76      | 2.99      | 11.68               | 12.63     | 12.00     | 12.98     |
| 1,000         | 6       | 2.16      | 2.34      | 9.35                | 10.11     | 9.60      | 10.38     |
| 1,250         | 6       | 1.67      | 1.81      | 7.50                | 8.10      | 7.68      | 8.31      |
| 1,600         | 6       | 1.24      | 1.34      | 5.87                | 6.35      | 6.00      | 6.49      |
| 2,000         | 6       | 0.96      | 1.04      | 4.70                | 5.09      | 4.80      | 5.19      |
| 2,500         | 6       | 0.68      | 0.74      | 3.78                | 4.08      | 3.84      | 4.15      |

**หมายเหตุ** ค่าอิมพีเดนซ์ของหมวดแปลงอาจแตกต่างกันไปบ้างตามค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่แตกต่างกันของแต่ละผู้ผลิต

**ตารางที่ H2 อิมพีเดนซ์ของสายไฟฟ้า มอก.11-2553 ( $\text{m}\Omega/\text{ม}$ )**

| ขนาดสาย<br>(ตร.มม.) | R<br>(ที่ $20^\circ\text{C}$ ) | X <sub>L</sub><br>ในท่อหรือเป็นเคเบิล | X <sub>L</sub><br>บนลูกกা�วย์ในอากาศ<br>(วางท่า 20 ซม.) |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 2.5                 | 7.4074                         | 0.1377                                | 0.355921                                                |
| 4                   | 4.6296                         | 0.1336                                | 0.341201                                                |
| 6                   | 3.0864                         | 0.1284                                | 0.325133                                                |
| 10                  | 1.8519                         | 0.1249                                | 0.308743                                                |
| 16                  | 1.1574                         | 0.1189                                | 0.294258                                                |
| 25                  | 0.7407                         | 0.1183                                | 0.279795                                                |
| 35                  | 0.5291                         | 0.1083                                | 0.266095                                                |
| 50                  | 0.3704                         | 0.1090                                | 0.256586                                                |
| 70                  | 0.2646                         | 0.1054                                | 0.245012                                                |
| 95                  | 0.1949                         | 0.1043                                | 0.234743                                                |
| 120                 | 0.1543                         | 0.1000                                | 0.226281                                                |
| 150                 | 0.1235                         | 0.0996                                | 0.219816                                                |
| 185                 | 0.1001                         | 0.0993                                | 0.212696                                                |
| 240                 | 0.0772                         | 0.0973                                | 0.203700                                                |
| 300                 | 0.0617                         | 0.0967                                | 0.196579                                                |
| 400                 | 0.0463                         | 0.0957                                | 0.188848                                                |

**ตารางที่ H3 ค่ากระแสลัดวงจร 3 เฟส สำหรับสายไฟฟ้าแต่ละขนาด ที่ความยาวสายต่างๆ  
(แรงดันด้านในแรงต่ำของหม้อแปลง 400 V)**

| หน่วยแปลง<br>(kVA) | สายไฟฟ้า |                | กระแสลัดวงจร (kA) |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|----------|----------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                    | ตร.ม.m.  | เส้นต่อ<br>เฟส | ความยาวสาย (เมตร) |       |       |       |       |       |       |       |
|                    |          |                | 0                 | 5     | 10    | 15    | 20    | 30    | 40    | 50    |
| 315                | 150      | 2              | 11.18             | 11.00 | 10.82 | 10.65 | 10.48 | 10.16 | 9.85  | 9.56  |
|                    | 185      | 2              | 11.18             | 11.01 | 10.84 | 10.68 | 10.53 | 10.22 | 9.94  | 9.66  |
|                    | 240      | 1              | 11.18             | 10.87 | 10.57 | 10.29 | 10.03 | 9.53  | 9.08  | 8.67  |
|                    | 240      | 2              | 11.18             | 11.02 | 10.87 | 10.72 | 10.57 | 10.29 | 10.03 | 9.78  |
| 400                | 150      | 3              | 14.13             | 13.95 | 13.76 | 13.59 | 13.41 | 13.07 | 12.74 | 12.43 |
|                    | 185      | 3              | 14.13             | 13.96 | 13.79 | 13.62 | 13.46 | 13.14 | 12.84 | 12.55 |
|                    | 240      | 2              | 14.13             | 13.89 | 13.65 | 13.42 | 13.20 | 12.77 | 12.37 | 11.99 |
|                    | 300      | 2              | 14.13             | 13.90 | 13.67 | 13.45 | 13.24 | 12.83 | 12.45 | 12.08 |
| 500                | 185      | 3              | 17.56             | 17.30 | 17.04 | 16.78 | 16.54 | 16.06 | 15.61 | 15.18 |
|                    | 240      | 3              | 17.56             | 17.31 | 17.07 | 16.83 | 16.60 | 16.16 | 15.73 | 15.33 |
|                    | 300      | 2              | 17.56             | 17.21 | 16.86 | 16.53 | 16.21 | 15.61 | 15.05 | 14.52 |
|                    | 300      | 3              | 17.56             | 17.32 | 17.09 | 16.86 | 16.64 | 16.21 | 15.81 | 15.42 |
| 630                | 185      | 3              | 21.97             | 21.56 | 21.15 | 20.76 | 20.38 | 19.66 | 18.98 | 18.34 |
|                    | 240      | 3              | 21.97             | 21.58 | 21.21 | 20.84 | 20.49 | 19.81 | 19.17 | 18.57 |
|                    | 300      | 3              | 21.97             | 21.60 | 21.24 | 20.88 | 20.54 | 19.90 | 19.28 | 18.71 |
|                    | 400      | 3              | 21.97             | 21.61 | 21.27 | 20.93 | 20.61 | 19.99 | 19.40 | 18.85 |
| 800                | 240      | 4              | 18.70             | 18.49 | 18.28 | 18.08 | 17.88 | 17.50 | 17.13 | 16.77 |
|                    | 300      | 3              | 18.70             | 18.43 | 18.17 | 17.91 | 17.66 | 17.19 | 16.73 | 16.30 |
|                    | 300      | 4              | 18.70             | 18.50 | 18.30 | 18.10 | 17.91 | 17.54 | 17.19 | 16.84 |
|                    | 400      | 3              | 18.70             | 18.44 | 18.19 | 17.95 | 17.71 | 17.25 | 16.81 | 16.40 |
| 1000               | 240      | 5              | 23.22             | 22.96 | 22.71 | 22.46 | 22.22 | 21.74 | 21.29 | 20.85 |
|                    | 300      | 4              | 23.22             | 22.91 | 22.61 | 22.31 | 22.02 | 21.47 | 20.93 | 20.43 |
|                    | 300      | 5              | 23.22             | 22.97 | 22.73 | 22.49 | 22.25 | 21.80 | 21.36 | 20.93 |
|                    | 400      | 4              | 23.22             | 22.92 | 22.63 | 22.35 | 22.07 | 21.54 | 21.03 | 20.54 |

**ตารางที่ H3 (ต่อ)**

| หน่วยเปล่ง<br>(kVA) | สายไฟฟ้า |                | กระแสสัลดูงจร (kA) |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|----------|----------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | ตร.ม.m.  | เล่นต่อ<br>เฟส | ความยาวสาย (เมตร)  |       |       |       |       |       |       |       |
|                     |          |                | 0                  | 5     | 10    | 15    | 20    | 30    | 40    | 50    |
| 1250                | 240      | 6              | 28.75              | 28.42 | 28.10 | 27.78 | 27.47 | 26.87 | 26.29 | 25.74 |
|                     | 300      | 5              | 28.75              | 28.37 | 28.00 | 27.64 | 27.28 | 26.60 | 25.95 | 25.33 |
|                     | 300      | 6              | 28.75              | 28.43 | 28.12 | 27.82 | 27.52 | 26.94 | 26.38 | 25.84 |
|                     | 400      | 5              | 28.75              | 28.38 | 28.03 | 27.68 | 27.34 | 26.68 | 26.06 | 25.46 |
|                     | 400      | 6              | 28.75              | 28.44 | 28.15 | 27.85 | 27.57 | 27.01 | 26.47 | 25.96 |
| 1600                | 300      | 6              | 36.37              | 35.87 | 35.38 | 34.90 | 34.43 | 33.53 | 32.67 | 31.85 |
|                     | 300      | 7              | 36.37              | 35.94 | 35.52 | 35.10 | 34.69 | 33.91 | 33.16 | 32.43 |
|                     | 400      | 5              | 36.37              | 35.79 | 35.23 | 34.68 | 34.15 | 33.14 | 32.18 | 31.27 |
|                     | 400      | 6              | 36.37              | 35.89 | 35.41 | 34.95 | 34.50 | 33.64 | 32.81 | 32.02 |
|                     | 400      | 7              | 36.37              | 35.96 | 35.55 | 35.15 | 34.76 | 34.00 | 33.28 | 32.58 |
| 2000                | 300      | 8              | 44.87              | 44.29 | 43.73 | 43.18 | 42.65 | 41.61 | 40.62 | 39.68 |
|                     | 300      | 9              | 44.87              | 44.36 | 43.86 | 43.37 | 42.88 | 41.95 | 41.06 | 40.20 |
|                     | 400      | 7              | 44.87              | 44.24 | 43.62 | 43.02 | 42.44 | 41.32 | 40.26 | 39.24 |
|                     | 400      | 8              | 44.87              | 44.32 | 43.77 | 43.25 | 42.73 | 41.73 | 40.78 | 39.87 |
|                     | 400      | 9              | 44.87              | 44.38 | 43.89 | 43.42 | 42.96 | 42.06 | 41.20 | 40.37 |

ภาคผนวก H กระแสสัลดูงจร

**ตารางที่ H4 ค่ากระแสลัดวงจร 3 เฟส สำหรับสายไฟฟ้าแต่ละขนาด ที่ความยาวสายต่าง ๆ  
(แรงดันด้านในแรงต่ำของหม้อแปลง 416 V)**

| หม้อแปลง<br>(kVA) | สายไฟฟ้า |                | กระแสลัดวงจร (kA) |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|----------|----------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | ตร.มม.   | เส้นต่อ<br>เฟส | ความยาวสาย (เมตร) |       |       |       |       |       |       |       |
|                   |          |                | 0                 | 5     | 10    | 15    | 20    | 30    | 40    | 50    |
| 315               | 150      | 2              | 10.62             | 10.46 | 10.31 | 10.16 | 10.01 | 9.73  | 9.46  | 9.20  |
|                   | 185      | 2              | 10.62             | 10.47 | 10.33 | 10.19 | 10.05 | 9.78  | 9.53  | 9.29  |
|                   | 240      | 1              | 10.62             | 10.35 | 10.09 | 9.85  | 9.61  | 9.17  | 8.77  | 8.40  |
|                   | 240      | 2              | 10.62             | 10.48 | 10.35 | 10.22 | 10.09 | 9.85  | 9.61  | 9.39  |
| 400               | 150      | 3              | 13.59             | 13.42 | 13.26 | 13.10 | 12.94 | 12.64 | 12.35 | 12.06 |
|                   | 185      | 3              | 13.59             | 13.43 | 13.28 | 13.13 | 12.99 | 12.70 | 12.43 | 12.17 |
|                   | 240      | 2              | 13.59             | 13.37 | 13.16 | 12.95 | 12.75 | 12.37 | 12.01 | 11.66 |
|                   | 300      | 2              | 13.59             | 13.38 | 13.18 | 12.98 | 12.79 | 12.42 | 12.07 | 11.75 |
| 500               | 185      | 3              | 16.97             | 16.73 | 16.49 | 16.26 | 16.04 | 15.61 | 15.20 | 14.81 |
|                   | 240      | 3              | 16.97             | 16.74 | 16.52 | 16.31 | 16.10 | 15.70 | 15.31 | 14.94 |
|                   | 300      | 2              | 16.97             | 16.65 | 16.34 | 16.04 | 15.75 | 15.20 | 14.69 | 14.21 |
|                   | 300      | 3              | 16.97             | 16.75 | 16.54 | 16.34 | 16.14 | 15.75 | 15.38 | 15.02 |
| 630               | 185      | 3              | 21.17             | 20.79 | 20.43 | 20.08 | 19.74 | 19.09 | 18.47 | 17.89 |
|                   | 240      | 3              | 21.17             | 20.82 | 20.48 | 20.15 | 19.83 | 19.22 | 18.65 | 18.10 |
|                   | 300      | 3              | 21.17             | 20.83 | 20.51 | 20.19 | 19.89 | 19.30 | 18.75 | 18.22 |
|                   | 400      | 3              | 21.17             | 20.85 | 20.54 | 20.24 | 19.94 | 19.38 | 18.85 | 18.35 |
| 800               | 240      | 4              | 17.98             | 17.80 | 17.61 | 17.43 | 17.25 | 16.91 | 16.58 | 16.26 |
|                   | 300      | 3              | 17.98             | 17.74 | 17.51 | 17.28 | 17.06 | 16.63 | 16.22 | 15.83 |
|                   | 300      | 4              | 17.98             | 17.80 | 17.62 | 17.45 | 17.28 | 16.95 | 16.63 | 16.32 |
|                   | 400      | 3              | 17.98             | 17.75 | 17.53 | 17.31 | 17.10 | 16.68 | 16.29 | 15.92 |
| 1000              | 240      | 5              | 22.31             | 22.08 | 21.86 | 21.63 | 21.42 | 20.99 | 20.58 | 20.19 |
|                   | 300      | 4              | 22.31             | 22.04 | 21.77 | 21.50 | 21.24 | 20.74 | 20.27 | 19.81 |
|                   | 300      | 5              | 22.31             | 22.09 | 21.87 | 21.66 | 21.45 | 21.04 | 20.65 | 20.27 |
|                   | 400      | 4              | 22.31             | 22.05 | 21.79 | 21.53 | 21.29 | 20.81 | 20.35 | 19.91 |

**ตารางที่ H4 (ต่อ)**

| หน่วยเปล่ง<br>(kVA) | สายไฟฟ้า |                | กระแสสัลดูงจร (kA) |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|----------|----------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | ตร.ม.m.  | เส้นต่อ<br>เฟส | ความยาวสาย (เมตร)  |       |       |       |       |       |       |       |
|                     |          |                | 0                  | 5     | 10    | 15    | 20    | 30    | 40    | 50    |
| 1250                | 240      | 6              | 27.68              | 27.38 | 27.10 | 26.81 | 26.53 | 25.99 | 25.47 | 24.97 |
|                     | 300      | 5              | 27.68              | 27.34 | 27.01 | 26.68 | 26.36 | 25.75 | 25.16 | 24.60 |
|                     | 300      | 6              | 27.68              | 27.39 | 27.12 | 26.84 | 26.58 | 26.05 | 25.55 | 25.07 |
|                     | 400      | 5              | 27.68              | 27.35 | 27.03 | 26.72 | 26.42 | 25.83 | 25.26 | 24.72 |
|                     | 400      | 6              | 27.68              | 27.41 | 27.14 | 26.88 | 26.62 | 26.12 | 25.64 | 25.17 |
| 1600                | 300      | 6              | 34.97              | 34.52 | 34.08 | 33.65 | 33.23 | 32.43 | 31.65 | 30.92 |
|                     | 300      | 7              | 34.97              | 34.58 | 34.20 | 33.83 | 33.47 | 32.77 | 32.09 | 31.44 |
|                     | 400      | 5              | 34.97              | 34.45 | 33.95 | 33.46 | 32.98 | 32.07 | 31.21 | 30.39 |
|                     | 400      | 6              | 34.97              | 34.54 | 34.11 | 33.70 | 33.30 | 32.52 | 31.78 | 31.07 |
|                     | 400      | 7              | 34.97              | 34.60 | 34.23 | 33.88 | 33.53 | 32.85 | 32.20 | 31.57 |
| 2000                | 300      | 8              | 43.09              | 42.58 | 42.08 | 41.59 | 41.11 | 40.19 | 39.30 | 38.45 |
|                     | 300      | 9              | 43.09              | 42.63 | 42.19 | 41.75 | 41.32 | 40.49 | 39.69 | 38.91 |
|                     | 400      | 7              | 43.09              | 42.53 | 41.98 | 41.45 | 40.93 | 39.92 | 38.97 | 38.05 |
|                     | 400      | 8              | 43.09              | 42.60 | 42.12 | 41.65 | 41.19 | 40.29 | 39.44 | 38.62 |
|                     | 400      | 9              | 43.09              | 42.65 | 42.22 | 41.80 | 41.39 | 40.59 | 39.81 | 39.07 |

ภาคผนวก H กระแสสัลดูงจร

## ภาคผนวก I ความปลอดภัยในการติดตั้งระบบไฟฟ้า

อันตรายจากไฟฟ้าอาจก่อให้เกิดความสูญเสียได้ทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ทั้งจากการใช้ไฟฟ้าและการทำงานกับไฟฟ้า ผู้ที่ทำการติดตั้งระบบไฟฟ้าจะต้องใช้ไฟฟ้าในการทำงานด้วย จึงต้องมีความระมัดระวังและมีความรู้ที่จะป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น การป้องกันอันตรายจะต้องทราบลักษณะของการเกิดอันตรายและแนวทางการป้องกัน จึงจะสามารถป้องกันได้อย่างเหมาะสม

### 1. อันตรายจากไฟฟ้าและแนวทางการป้องกัน

ลักษณะของอันตรายจากไฟฟ้า แบ่งได้ดังนี้

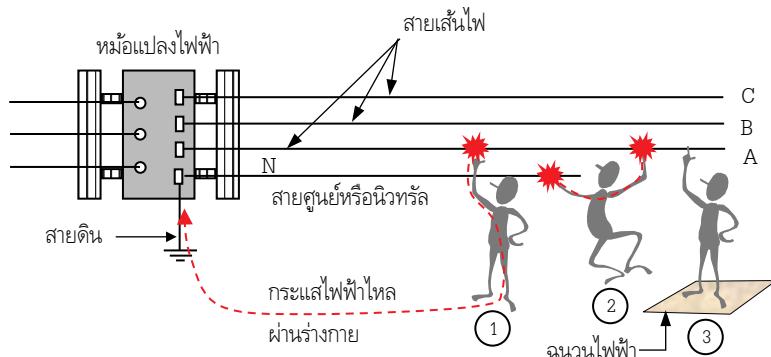
- ไฟฟ้าดูด (electric shock)
- ประกายไฟจากอาร์ก (arc flash)
- การระเบิดจากอาร์ก (arc blast)

#### 1.1 ไฟฟ้าดูด (Electric Shock)

ไฟฟ้าดูด คือการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย ซึ่งเป็นอันตราย กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านร่างกายได้จะต้องเป็นการไฟไหม้ครองวงจร นั่นคือกระแสไฟฟ้าจะไฟไหม้เข้าร่างกายและไฟไหม้กลับไปยังแหล่งกำเนิดได้ 例外จากไฟฟ้าจะมีลักษณะไฟฟ้า เชลล์ตาย และรักษาไฟหายใจได้ยาก

ผู้ที่ถูกไฟดูดจะมีอาการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง คือหัวใจเต้นผิดปกติจนถึงหยุดเต้น ระบบประสาทและกล้ามเนื้อทำงานผิดปกติ เช่น เกิดการกระตุก หรือ สับดอย่างแรง อาการที่เรียกว่าไฟฟ้าดูดนี้มาจากการที่ระบบประสาทไม่สามารถส่งงานให้กล้ามเนื้อทำงานได้ เช่น ไม่สามารถลิ้งให้มืออปอล์ยหรือคลายออกจากการจับต้องส่วนที่มีกระแสไฟฟ้า หรือไม่สามารถส่งให้ก้าวเท้าหนีจากพื้นบริเวณที่มีกระแสไฟฟ้าไว้ให้ เป็นต้น อาการเหล่านี้เป็นอาการที่คล้ายกับถูกไฟฟ้าดูดให้อยู่กับที่เราจึงเรียกจากอาการนี้ว่า “ไฟฟ้าดูด หรือไฟดูด” ความรุนแรงหรืออันตรายจะขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้า ระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย

## ไฟฟ้าดูดได้อย่างไร



รูปที่ I.1 การเกิดไฟฟ้าดูด

คนที่ 1 ถูกไฟฟ้าดูดเนื่องจากล้มผัสสายเล่นหรือไฟ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายลงดินไปครบรวงจรที่หม้อแปลงไฟฟ้า

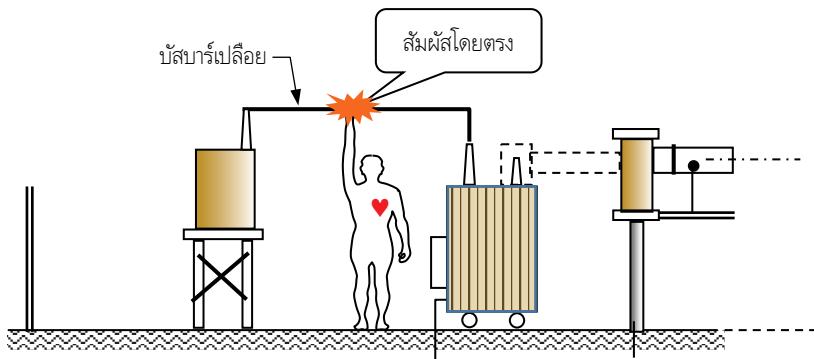
คนที่ 2 ถูกไฟฟ้าดูดเนื่องจากล้มผัสสายเล่นหรือไฟ 2 เล่นในเวลาเดียวกัน กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านร่างกายจากเล่นหนึ่งไปครบรวงจรที่อีกเล่นหนึ่ง

คนที่ 3 ไม่ถูกไฟฟ้าดูดเนื่องจากยืนบนหัวนอนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านหัวนอนไฟฟ้าได้

## หลักการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูด

ไฟฟ้าดูดเกิดจากการล้มผัสส่วนที่มีไฟฟ้า แบ่งการล้มผัสได้เป็น 2 แบบ

ก. การล้มผัสโดยตรง (direct contact) คือการที่ร่างกายล้มผสกนกับล่วนที่ในสภาพปกติมีแรงดันไฟฟ้าอยู่แล้ว เช่น ล้มผสกนกบล๊บาร์ที่เปิดโล่ง สายไฟฟ้าเปลือยหรือหัววนชำรุด อันตรายสาซชณะนี้มักเกิดจากการทำงานกับไฟฟ้า หรือทำงานใกล้กับส่วนที่มีไฟฟ้า



รูปที่ I.2 ตัวอย่างการสัมผัสโดยตรง

การป้องกันจึงเป็นการป้องกันไม่ให้มีสัมผัสถกับส่วนที่มีไฟฟ้า เป็นการป้องกันพื้นฐาน (basic protection) อาจจะเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีประกอบกันก็ได้ตามความเหมาะสม ดังนี้

- หุ้มฉนวนส่วนที่มีไฟ เช่น การหุ้มฉนวนสายไฟฟ้า
- ป้องกันโดยมีสิ่งกั้นหรือตู้ เช่น ตู้หรือແ Pang สวิตซ์
- ป้องกันโดยมีสิ่งที่กีดขวาง เหมาะสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ เช่น ลานหม้อแปลง
- ป้องกันด้วยระยะห่าง เช่น ยกให้สูงในระยะที่อิ่อมไม่ถึง ติดตั้งสายบนเสาไฟฟ้า เป็นต้น
- ใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล (personnel protective equipment, PPE) เมื่อต้องทำงานกับไฟฟ้าขณะที่มีไฟ เช่น อุปกรณ์หุ้มฉนวนยางรวมทั้ง ถุงมือที่ใช้ร่วมกับหนัง แขนเลือดยาง ผ้าทึบยาง ที่หุ้มและเครื่องมือหุ้มฉนวน เป็นต้น
- ใช้ครื่องตัดไฟรั่ว เป็นการป้องกันลาร์ม
- ใช้เครื่องใช้ที่มีแรงดันต่ำที่ไม่เกิน 50 V. โดยต่อผ่านหม้อแปลงชนิดแยกขาดหรือแยกโดด (isolation transformer)

๗. การล้มผัสโดยอ้อม (indirect contact) คือการล้มผัสส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ปกติจะไม่มีไฟฟ้าและสามารถล้มผัสได้โดยไม่มีอันตราย แต่อาจมีไฟได้เมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าร้าวหรือชำรุด เช่น ส่วนโครงโลหะส่วนไฟฟ้า หม้อหุงข้าวไฟฟ้า และตู้เย็น เป็นต้น เมื่อล้มผัสมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายลงดินครบร่างไฟฟ้า อันตรายลักษณะนี้มักเกิดจากการล้มผัสกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ปกติล้มผัสเป็นประจำ เช่น ส่วนไฟฟ้า เป็นต้น ผู้ล้มผัสมีความระมัดระวังจึงมีอันตรายสูง



รูปที่ I.3 ตัวอย่างการล้มผัสด้วยอ้อม

การป้องกันอันตรายจึงเป็นการป้องกันไว้ก่อนที่จะล้มเหลว เป็นการป้องกันกรณีที่เกิดความผิดพลาด (fault protection) ตัวอย่างการป้องกัน มีดังนี้

- มีการต่อลงดินเปลือกหัวมีที่เป็นตัวนำและมีเครื่องปลดวงจรอัตโนมัติ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเรื่องการต่อลงดิน)
- ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้านิดเดียว 2 ชั้น หรือประเภท II (double insulation)
- ใช้ระบบไฟฟ้าที่แยกจากกัน (electrical separation) หรือระบบไม่ต่อลงดิน
- ใช้เครื่องตัดไฟฟ้า เบ็นการป้องกันเสริม
- ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าแรงดันต่ำที่ไม่เกิน 50 V.
- มีการประสานคักกัน

## 1.2 ประกายไฟจากอาร์ก (Arc Flash)

อาร์กมีพลังงานสูงพอที่จะทำอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ เช่นกัน อาร์กมีความอันสูงมากจนละลายวัตถุได้ ความร้อน ไอของโลหะที่หลอมละลาย และแสงจำเป็นอันตรายต่อบุคคลและทรัพย์สิน อาจเกิดจากฟ้าผ่า จากการลับ-ปลดสวิตช์ และจากการชำรุดของอุปกรณ์เนื่องจากการใช้งานไม่ถูกต้อง เป็นต้น

## 1.3 การระเบิดจากอาร์ก (Arc Blast)

การเกิดระเบิดมีสาเหตุหลักจากการเกิดอาร์กไฟฟ้านิ่งปริมาตรที่จำกัด เมื่ออากาศได้รับความร้อนจากอาร์กจะขยายตัวอย่างรวดเร็ว การเกิดระเบิดจากอาร์กมีอุณหภูมิสูงมาก และแรงจากการระเบิดดีกรีสูงมากจนเป็นอันตรายต่อบุคคลและทรัพย์สินได้

สำหรับผู้ที่ปฏิบัติงานกับไฟฟ้าหนึ่น ส่วนใหญ่เป็นอันตรายที่เกิดจากการทำงานกับไฟฟ้าหรือไกล์ส่วนที่มีไฟฟ้า โดยปกติผู้ปฏิบัติงานต้องพยายามหลีกเลี่ยงการทำงานในขณะที่มีไฟฟ้าแต่ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ การป้องกันอันตรายจากอาร์กและการระเบิดที่เกิดกับบุคคลที่ทำงานกับไฟฟ้า จะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยที่เหมาะสม และมีมาตรฐานการความปลอดภัยที่ดีด้วย

## 2. การป้องกันอันตรายในงานติดตั้งทางไฟฟ้า

การป้องกันอันตรายตามที่กล่าวข้างต้น เป็นหลักการที่ใช้สำหรับงานทั่วไป ในงานติดตั้งทางไฟฟ้ามักเกี่ยวข้องกับไฟฟ้าแรงดันต่ำและการเดินสายไฟฟ้าชั่วคราว อาจสรุปเป็นแนวทางใน การป้องกันให้ล้วนลงได้ ดังนี้

### 1. การแต่งกายและอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล เป็นต้นนี้

- หมวกแข็ง ใช้ป้องกันได้ทั้งไฟฟ้าและภูมิของแข็งหล่นใส่
- வெந்தா เมื่อต้องทำงานในที่มีประกายไฟ เช่น การตัด ต่อสายไฟฟ้าขณะที่มีไฟ เป็นต้น
- การป้องกันประกายไฟ เลือผ้าที่สามารถดูดซึมน้ำได้ ควรเป็นชุดต้านเปลวเพลิง ใช้เมื่อต้องทำงาน ในที่ซึ่งอาจเกิดประกายไฟได้
- อุปกรณ์คุณวน อย่างน้อยครัวใช้ถุงมือยางหรือถุงมือหนังที่ทนแรงดันไฟฟ้าได้ เมื่อต้องทำงานกับวงจรไฟฟ้าที่ขั้นตอนที่มีไฟ
- เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้า กรณีไม่แน่ใจว่ามีไฟหรือไม่ควรวัดด้วยเครื่องมือวัด แรงดันก่อน

2. เลือกใช้อุปกรณ์และเครื่องมือคุณวนที่เหมาะสมมากับแรงดันไฟฟ้า เมื่อต้องทำงานกับ วงจรไฟฟ้าที่มีไฟ หรือเมื่อใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า

3. ตรวจสอบเครื่องมือ อุปกรณ์ และ PPE ก่อนการใช้งาน ว่าอยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งาน ความมีการตรวจสอบด้วยสายตาในเบื้องต้น เพื่อตรวจหาข้อชำรุด บกพร่อง และความเสียหาย ภายนอก ก่อนจะนำไปใช้งาน ถ้าพบการชำรุดหรือข้อบกพร่องของชิ้นส่วนใด ๆ ซึ่งอาจทำให้ใช้งาน ได้รับบาดเจ็บจะต้องทำการซ่อมทันที และห้ามใช้งานจนกว่าจะผ่านการซ่อมแซม และทดสอบจน สามารถนำไปใช้งานได้อย่างปลอดภัยแล้วเท่านั้น

สายต่อพ่วงและสายอ่อน และสายเต้าเลี้ยง ก่อนนำไปใช้งานต้องตรวจสอบ ด้วยสายตา เพื่อหากความบกพร่องภายนอกเช่น ส่วนหลุดหลวม บิดเบี้ยว ผิดรูป ฉนวนชำรุด เป็นต้น และ คันหาร่องรอยที่บ่อบอกว่าอาจมีการชำรุดเสียหายภายในเช่น ภายนอกของปลอกมีร่องรอยการ ถูกบีบ หรือหักอ

ภาคผนวก I ความปลอดภัยในการติดตั้งระบบไฟฟ้า

สายต่อพ่วงและเครื่องใช้ไฟฟ้านิดหยิบยกได้ ความมีการตรวจวัดค่าความเป็นฉนวนตาม  
คาดเวลาที่เหมาะสม ถ้าพบว่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานต้องแก้ไข

4. ตรวจสอบสถานที่ทำงานเป็นประจำเพื่อตรวจสอบสภาพที่มีความเลี้ยงและทำการป้องกันโดยปกติการใช้ไฟฟ้าในการติดตั้งทางไฟฟ้ามักใช้เป็นไฟฟ้าชั่วคราว การเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้ามักไม่ได้เท่ากับไฟฟ้าถาวร รวมทั้งสายไฟฟ้าก็อาจมีการรื้อイヤย์ไปใช้งานในหลายสถานที่จึงมักมีส่วนที่ล่อนหนของสายจากปลอกและ/หรือชุดจากการใช้งาน จึงควรมีการตรวจสอบเป็นประจำเพื่อหาจุดเสียหายและทำการป้องกัน

5. ตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันและการติดตั้งเครื่องตัดไฟรัว วงจรไฟฟ้าชั่วคราวเพื่อใช้ในงานติดตั้งทางไฟฟ้าควรต่อผ่านเครื่องตัดไฟรัวด้วย

อุปกรณ์ไฟฟ้านิดหยิบยกได้ที่ใช้งานในสถานที่ทำงานซึ่งมีสภาพนำไฟฟ้าสูง (เช่น บริเวณน้ำท่วม หรือ เจิงของด้วยของเหลวนำไฟฟ้าอื่น) หรือในสถานที่ทำงานซึ่งพนักงานมีโอกาสสัมผัสกับน้ำ หรือของเหลวที่นำไฟฟ้า จะต้องเป็นชนิดที่ผ่านการรับรองให้สามารถนำมาใช้กับสถานที่เหล่านั้นได้ และในสถานที่ทำงานซึ่งพนักงานมีแนวโน้มจะสัมผัส หรือเปี่ยกชื้นด้วยน้ำ หรือ ของเหลวที่นำไฟฟ้า จะต้องติดตั้งเครื่องตัดไฟรัวสำหรับป้องกันบุคคลด้วย

6. กรณีทำงานในที่สูง จะต้องมีอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูง



## ภาคผนวก J วิธีการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายสายไฟฟ้าที่บรรจุในล้อไม้

| ✖ | คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                                                                                | ✓ |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|   | <p><b>ห้าม</b> ร้อยลิง/โซ่ ร้อยผ่านรูแกน<br/>ล้อโดยตรง เพราะอาจทำให้ล้อไม้<br/>เลี้ยวหายได้</p> <p>สามารถใช้ hoisted ยกได้โดย<br/>ต้องใส่แกนเหล็กสอดที่แกนล้อไม้<br/>เพื่อบังกันความเลี้ยวหาย</p>                                                                       |   |
|   | <p><b>ห้าม</b> วางล้อไม้ซ้อนกัน และไม่ควร<br/>วางล้อไม้ในแนวโน้น เพราะอาจ<br/>เกิดความเลี้ยวหายได้จากน้ำหนัก<br/>และการยกได้</p> <p>วางล้อไม้ในแนวตั้ง และหัววัสดุที่<br/>แข็งแรงมาทำการหันล้อไม้เพื่อ<br/>ป้องกันการกลับ</p>                                           |   |
|   | <p><b>ห้าม</b> ยกโดยล้มผ้าสายไฟโดยตรง<br/>หรือยกล้อข้างๆ ได้ช้าหนึ่ง<br/> เพราะอาจทำให้เกิดความเลี้ยวหาย<br/>ต่อล้อไม้และสายไฟฟ้า</p> <p>ยกโดยให้ปีกล้อไม้หันสองข้าง<br/>ล้มผ้ากับขาของ Fork Lift เท่ากัน<br/>ทั้ง 2 ด้าน โดยมีความมั่นคงใน<br/>การยกและเคลื่อนย้าย</p> |   |

| ✗ | คำอธิบาย                                                                                                                                                                                   | ✓ |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|   | <b>ห้าม</b> กลึงล้อไม้เล็กจากการยกน้ำหนัก<br>โดยตรง เพราะอาจทำให้ล้อไม้<br>และสายไฟฟ้าได้รับความเสียหาย<br>ทำการยกอ้อมบารุงสายไฟฟ้าลง<br>โดยการใช้ Fork Lift, Hoist<br>หรือ Hydraulic gate |   |
|   | <b>ห้าม</b> กลึงล้อไม้ย้อนทิศทางของ<br>ลูกครึ่ง เพราะอาจทำให้สายไฟฟ้า<br>ในล้อเกิดการคลายตัว<br>ให้กลึงล้อไม้ตามทิศทางของลูกครึ่ง                                                          |   |

## ภาคผนวก K รหัสสีและสีสัญลักษณ์ที่ใช้ในการติดตั้งงานระบบ

(เหลลงที่มา:- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 วสท.)

ปัจจุบันรหัสสีและสีสัญลักษณ์ที่ใช้ในการติดตั้งงานระบบไฟฟ้า อาจแตกต่างกันไปตาม การออกแบบและติดตั้งของแต่ละงาน ดังนี้เพื่อให้การใช้รหัสสีและสีสัญลักษณ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบและบำรุงรักษา มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 จึงกำหนดไว้เป็นข้อแนะนำในภาคผนวก ด. ตามตาราง ดังนี้

ตารางที่ K1 รหัสสีและสีสัญลักษณ์ที่ใช้ในการติดตั้งงานระบบ

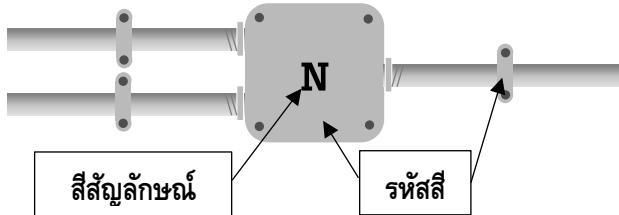
| ลำดับที่ | รายละเอียด                                    | ตัวอักษร | รหัสสี <sup>1)</sup> | สีสัญลักษณ์ <sup>2)</sup> |
|----------|-----------------------------------------------|----------|----------------------|---------------------------|
| 1        | ช่องเดินสาย สายไฟฟ้ากำลังปกติ                 | N        | -                    | ดำ                        |
| 2        | ช่องเดินสาย สายไฟฟ้าງ่าวนไฟฟ้าช่วยชีวิต       | LS       | แดง                  | ดำ                        |
| 3        | ช่องเดินสาย สายไฟฟ้าฉุกเฉิน                   | E        | เหลือง               | ดำ                        |
| 4        | ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบลัญญาณเตือนเพลิงไหม้ | FA       | ส้ม                  | ดำ                        |
| 5        | ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบเสียงและประกาศเรียก  | PA       | ขาว                  | ดำ                        |
| 6        | ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบโทรศัพท์คันร่วม      | MATV     | ขาว                  | ดำ                        |
| 7        | ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบ BAS                 | BAS      | ฟ้า                  | ดำ                        |
| 8        | ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบโทรศัพท์คันร่วมปิด   | CCTV     | น้ำเงิน              | ขาว                       |
| 9        | ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบควบคุมประตูเข้า-ออก  | ACC      | น้ำเงิน              | ขาว                       |
| 10       | ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบเรียกพยาบาล          | NC       | น้ำเงิน              | ขาว                       |

| ลำดับที่ | รายละเอียด                                         | ตัวอักษร | รหัสสี <sup>1)</sup> | สีสัญลักษณ์ <sup>2)</sup> |
|----------|----------------------------------------------------|----------|----------------------|---------------------------|
| 11       | ช่องเดินสาย สายลัญญาณระบบนาฬิการวม                 | CL       | นำ้ตาล               | ขาว                       |
| 12       | ช่องเดินสาย สายลัญญาณระบบโสตทัคชูปกรณ์             | AV       | นำ้ตาล               | ขาว                       |
| 13       | ช่องเดินสาย สายลัญญาณระบบ ICT                      | ICT      | ดำ                   | ขาว                       |
| 14       | อุปกรณ์ยึดหรือแขวนช่องเดินสายไฟฟ้าและ<br>สายลัญญาณ | -        | เทาเข้ม              | -                         |

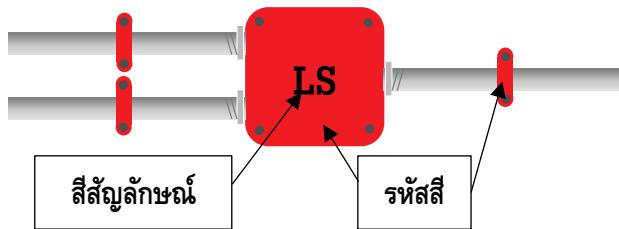
#### หมายเหตุ:

- 1) รหัสสี หมายถึง แบบสีที่ใช้ทำเครื่องหมายที่ช่องเดินสาย และฝากล่องไฟฟ้าหรือฝากล่องดึงสาย เพื่อให้ทราบว่าเป็นช่องเดินสายของระบบใด
- 2) สีสัญลักษณ์ หมายถึง สีของตัวอักษรที่อยู่บนฝากล่องไฟฟ้า ฝากล่องดึงสาย เพื่อให้ทราบว่าเป็นฝากล่องไฟฟ้าหรือฝากล่องดึงสายของระบบใด
- 3) ลำดับที่ 1, 2 และ 3 ตัวอักษรตามสีสัญลักษณ์ วงจรแสงสว่างใช้ "LTG" วงจรเต็มรูปใช้ "RCT"
- 4) การแสดงรหัสสีของช่องเดินสาย ให้แสดงรหัสสีที่ตัวจับปีดของห่อร้อยสาย สำหรับฝากล่องไฟฟ้า และฝากล่องดึงสายต้องมีตัวอักษรตามสีสัญลักษณ์ด้วย (ในกรณีที่กล่องดึงสายมีงานหลายระบบ ดึงผ่านอนุญาตให้มีต้องทำรหัสสีและสีสัญลักษณ์ที่ฝากล่องดึงสายได้) ส่วนรังเดินสายให้แสดงรหัสสีทุกรายละเอียบไม่เกิน 3 ม. และห่างจากกล่องดึงสายหรืออุปกรณ์ไม่เกิน 0.90 ม. โดยรหัสสีกว้างไม่น้อยกว่า 30 มม. และตัวอักษรตามสีสัญลักษณ์สูงไม่น้อยกว่า 20 มม.

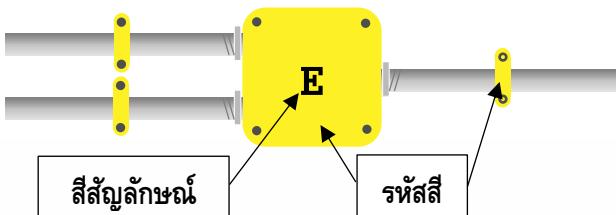
รูปตัวอย่างการแสดงรหัสสีและลีสัญลักษณ์ เป็นดังนี้



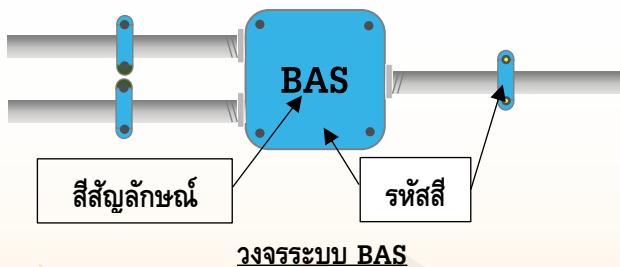
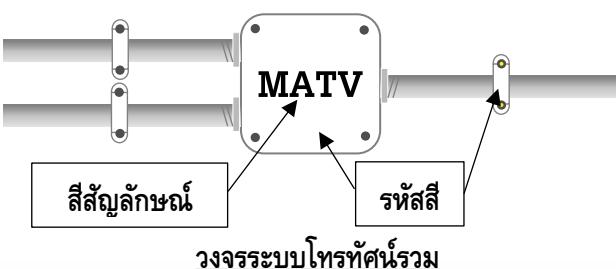
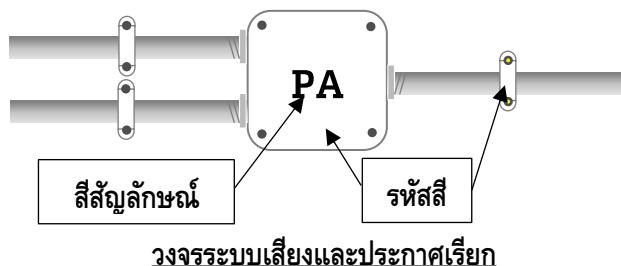
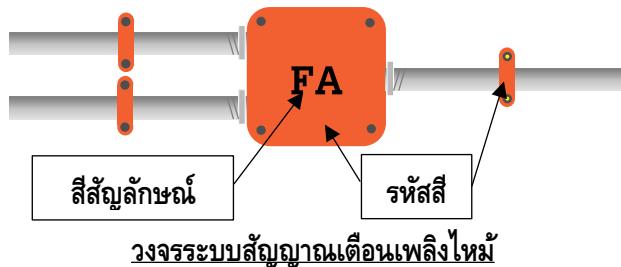
วงจรไฟฟ้ากำลังปกติ



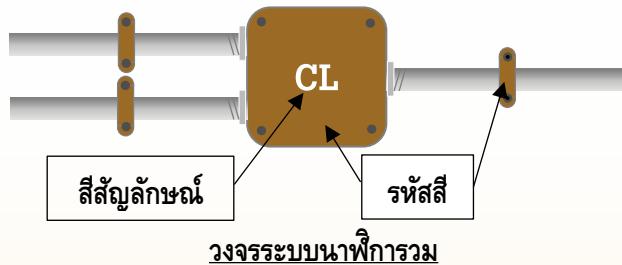
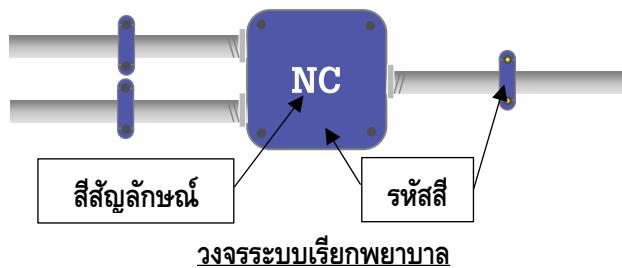
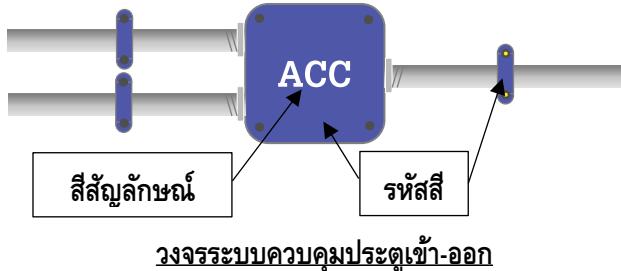
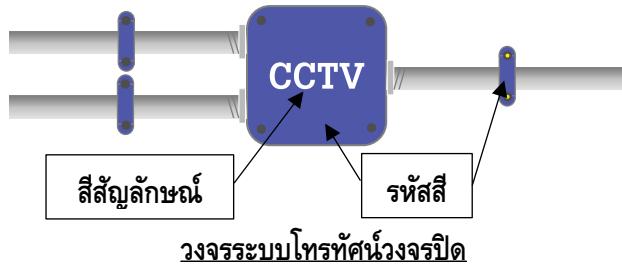
วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต



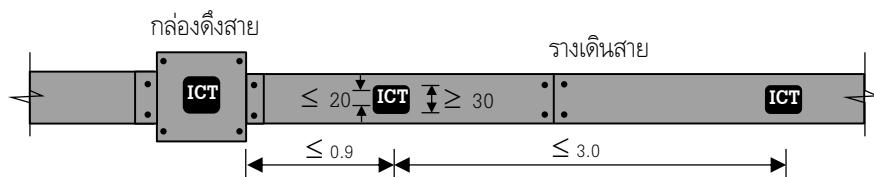
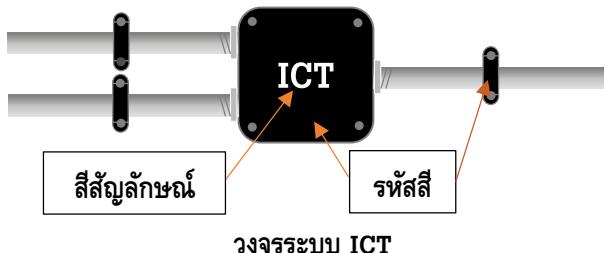
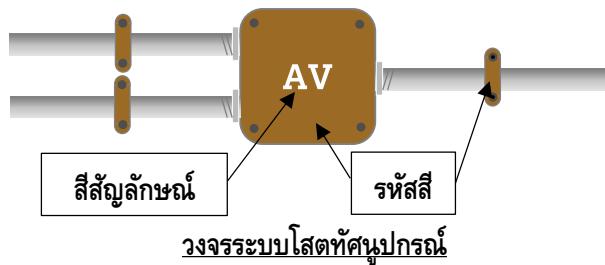
วงจรไฟฟ้าฉุกเฉิน



ภาคผนวก K รหัสสีและสีลับภัยที่ใช้ในการติดตั้งงานระบบ



ภาคผนวก K รหัสสีและลิสต์บลัคชันที่ใช้ในการติดตั้งงานระบบ



ตัวอย่าง วงจรระบบ ICT ในรางเดินสาย

## บรรณานุกรม

ลือชัย ทองนิล. “การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานของการไฟฟ้า” พิมพ์ครั้งที่ 41, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพมหานคร: 2563.

ลือชัย ทองนิล. “คู่มือวิศวกรไฟฟ้า” พิมพ์ครั้งที่ 19, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพมหานคร: 2559.

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, “มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 ”

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลีไวนิลคลอโรไรด์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์” มอก.11-2553, มอก. 11 เล่ม 101-2559.

BS 7671. “Requirement for Electrical Installations”, 2018

IEC 60909-0. “Short-circuit Current in Three-phase a.c. Systems”, 2001

Mark W. Early, P.E. “NFPA 70, National Electrical Code Handbook” 2020



## บันทึก



## บันทึก





**YAZAKI**

Connecting for life safety

# เชื่อมต่อ เพื่อความ ปลอดภัย ในชีวิต

สายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ ผู้นำอุตสาหกรรมระดับโลกด้านการผลิตสายไฟที่มี คุณภาพสูง มาตรฐานประเทศญี่ปุ่น จำหน่ายในตลาดเมืองไทยกว่า 60 ปี ด้วยราคากันเอง พร้อมทั้งยินดีให้บริการทางเทคนิคและสนับสนุนลูกค้าทุกท่าน ด้วยใจเสมอมา

**YAZAKI**

สำนักงานใหญ่

ชั้นที่ 21 อาคารไอโอเนส ทาวเวอร์ เลขที่ 6 ซอยสุขุมวิท 6 แขวงคลองเตย  
เขตคลองเตย กรุงเทพ 10110



E-mail: smb\_marketing@th.yazaki.com

Tel: +66(0)-2653-2550 Ext. 137, 165, 145

Fax: +66(0)-2653-2613



## **Thai-Yazaki Electric Wire Co.,Ltd.**

### **Head Office/Sale Office:**

21<sup>st</sup> Floor, O-NES Tower, 6 Sukhumvit Soi 6,  
Klongtoey Sub-District, Klongtoey District, Bangkok 10110  
Tel: +66(0) 2653-2550 Ext: 145, 165 Fax: +66(0) 2653-2613  
Email: smb\_marketing@th.yazaki.com

### **Factory:**

283 Moo 1, Suksawad Road, Bangplakot, Phrasamut Chedi,  
Samutprakarn, 10290  
Tel: +66(0) 2463-0058

Website: <https://www.thaiyazaki-electricwire.co.th/>

Facebook: ThaiYazakiElectricWire

