บทที่ 2 ชนิดของสายไฟฟ้าและการใช้งาน

2.1 ลักษณะของสายไฟฟ้าที่ดี

สายไฟฟ้าหรือเรียกกันทั่วไปว่าสายไฟ ทำหน้าที่นำพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังจุดที่ต้องการใช้งาน ปัจจุบันผู้ผลิตสายไฟฟ้าได้ผลิตสายออกมาหลายชนิดเพื่อให้ตรงตามความต้องการใช้งาน ซึ่งต่างกันทั้งชนิดของฉนวน ตัวนำ และโครงสร้าง การเลือกสายไฟฟ้าจึงต้องเลือกให้ตรงตามความต้องการใช้งาน การเลือกสายไฟฟ้าที่ดีควรพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1. ผลิตตามมาตรฐานที่เชื่อถือได้เช่น มอก. IEC หรือมาตรฐานอื่นที่ได้รับการยอมรับ
2. ความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าดี
3. ความต้านทานไฟฟ้าต่ำ
4. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน
5. ความทนต่อความร้อนเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร
6. โครงสร้างเหมาะสมกับสภาพที่ติดตั้งและการใช้งาน
7. คุณภาพของสายไฟฟ้าและวัสดุที่นำมาผลิต
8. ความเชื่อถือได้ของผู้ผลิต

2.2 แนวทางการเลือกสายไฟฟ้า

เป็นการเลือกชนิดของสายไฟฟ้าให้ตรงตามความต้องการใช้งานมีรายละเอียด ดังนี้

1. ชนิด เหมาะสมกับวิธีการเดินสายและสภาพแวดล้อม
2. ขนาด สามารถนำกระแสได้ตามที่ต้องการและมีแรงดันตกไม่เกินค่าที่กำหนด
3. สถานที่ติดตั้งใช้งาน สอดคล้องกับที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ เช่น การติดตั้งในช่องเดินสาย การติดตั้งฝังดิน และสถานที่ที่ต้องการสายที่มีคุณสมบัติพิเศษ เป็นต้น

ปัจจุบันสายไฟฟ้าในระบบแรงต่ำที่ใช้ติดตั้งภายในอาคาร (หลังเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ) กำหนดให้เป็นสายตัวนำทองแดง การเลือกสายไฟฟ้าชนิดหุ้มฉนวนระหว่าง 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 ซึ่งมีกระแสไหลสูงกว่าจึงมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียสูงกว่าซึ่งจะเกิดขึ้นตลอดเวลาที่ใช้งาน จึงเป็นข้อด้อยของสาย XLPE เมื่อเทียบกับสาย PVC

3. แรงดันตก ในขณะที่ตัวนำมีขนาดเท่ากัน สายไฟฟ้าที่มีกระแสไหลสูงกว่าก็จะมีค่าแรงดันตกสูงกว่าซึ่งอาจเป็นปัญหากับเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิดที่จะมีประสิทธิภาพลดลงหรืออาจถึงขั้นใช้งานไม่ได้ ซึ่งเป็นข้อด้อยของสาย XLPE เมื่อเทียบกับสาย PVC แต่ก็สามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มขนาดตัวนำให้ใหญ่ขึ้น

2.2.2 ผลของความร้อนที่มีต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในสายไฟฟ้าตามพิกัดที่กำหนดก็จะเกิดความร้อนที่ตัวนำของสายไฟฟ้า สาย PVC จะร้อนประมาณ 70°C และสาย XLPE จะร้อนประมาณ 90°C ความร้อนนี้จะส่งผ่านไปถึงขั้วของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สายต่ออยู่ ขั้วต่อสายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือแม้แต่ตัวอุปกรณ์ไฟฟ้าเองก็จะต้องออกแบบให้ทนอุณหภูมิดังกล่าวได้ด้วย อุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดอาจไม่ได้ออกแบบให้ใช้งานกับสายที่มีอุณหภูมิ 90°C เป็นผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุดหรือเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ การใช้งานจึงต้องมีความระมัดระวัง

การนำสายที่มีอุณหภูมิใช้งาน 90°C ไปใช้กับอุปกรณ์ที่ออกแบบให้ใช้งานกับสายที่มีอุณหภูมิใช้งาน 70°C สามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิของสายลงเช่น โดยการต่อผ่านบัสบาร์เพื่อให้ระบายความร้อนก่อน หรือโดยการใช้สายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมาต่อตรงช่วงที่จะต่อเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือใช้ขนาดกระแสเท่ากับสาย PVC เป็นต้น

2.2.3 คุณสมบัติต้านเปลวเพลิง สาย PVC มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง หมายถึงสามารถจุดติดไฟได้แต่เมื่อนำต้นเพลิงออก ไฟจะดับได้เอง สำหรับสาย XLPE เมื่อนำต้นเพลิงออกไฟจะไม่ดับเองแต่จะลุกลามต่อ จึงมีข้อจำกัดในการใช้งานเช่น เมื่อใช้ในอาคารต้องเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด แต่สาย XLPE ก็สามารถผลิตให้เป็นชนิดต้านเปลวเพลิงได้โดยต้องผ่านการทดสอบตามที่มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ กำหนด ซึ่งผู้ผลิตต้องรับรอง

2.2.4 ควัน เป็นข้อด้อยของสาย PVC เนื่องจากถ้าเกิดเพลิงไหม้อาคารและสายไฟฟ้าลุกติดไฟจะเกิดควันปริมาณมากซึ่งเป็นควันดำและมีพิษ จึงมีข้อจำกัดในการใช้งานในพื้นที่ที่ต้องการจำกัดปริมาณควันหรือสารพิษเช่น เส้นทางหนีไฟ อาคารใต้ผิวดิน หรือในอาคารที่ต้องใช้เวลาในการหนีไฟนาน เป็นต้น

2.2.5 ความแข็งแรงทางกายภาพ สายหุ้มฉนวน XLPE มีความแข็งแรงทางกายภาพดีกว่าสาย PVC จึงทนต่อการขูดขีดในขณะติดตั้งได้ดี

2.2.6 การทนความร้อนเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร เมื่อเกิดกระแสลัดวงจรจะมีกระแสปริมาณสูงมากไหลผ่านสายไฟฟ้าก่อนที่เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือฟิวส์จะปลดวงจร สายไฟฟ้าก็จะร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว และถ้าความร้อนสูงเกิน ฉนวนของสายไฟฟ้าก็อาจเสื่อมสภาพและใช้งานต่อไม่ได้ สาย XLPE มีข้อดีที่ทนความร้อนนี้ได้ดีกว่า (สาย PVC ทนความร้อนขณะลัดวงจรได้ 120°C สำหรับสาย XLPE ทนได้ 250°C)

2.3 โครงสร้างของสายไฟฟ้าแรงต่ำ

สายไฟฟ้าในระบบแรงต่ำมีโครงสร้างที่สำคัญ ดังนี้

2.3.1 ตัวนำ ทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าจึงมีความสำคัญมาก ตัวนำที่ดีต้องมีความต้านทานต่ำ มีความเหนียว และอ่อนตัวได้ดี ปัจจุบันวัสดุที่นิยมใช้เป็นตัวนำในระบบไฟฟ้าแรงต่ำได้แก่ทองแดง และอะลูมิเนียม

สำหรับสายไฟฟ้าในระบบแรงต่ำ (แรงดันไม่เกิน 1,000 V) ภายในอาคาร จะใช้เป็นทองแดงเนื่องจากนำกระแสไฟฟ้าได้ดีกว่าและมีความยุ่งยากในการต่อสายน้อยกว่าอะลูมิเนียม ตัวนำมีทั้งที่เป็นตัวนำเส้นเดี่ยว ตีเกลียว และตัวนำชนิดสายอ่อน สายไฟฟ้าขนาดใหญ่ตัวนำจะเป็น

แบบตีเกลียวเพื่อให้อ่อนตัวได้ดี ตัวนำที่ดีต้องมีความบริสุทธิ์ อ่อนนุ่ม และเหนียว สามารถดัดโค้งได้ง่าย และหักยาก ส่วนตัวนำอะลูมิเนียมมีน้ำหนักเบาจึงนิยมใช้ในระบบสายอากาศถึงแม้จะมีข้อด้อยเรื่องความต้านทานก็ตาม

2.3.2 ฉนวน ทำหน้าที่กั้นการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าไปยังสิ่งที่สัมผัสกับสายไฟฟ้าเช่น คน สัตว์ ต้นไม้ ดิน หรือแม้แต่ระหว่างสายไฟฟ้าด้วยกัน เป็นต้น ปัจจุบันวัสดุที่ใช้ทำฉนวนมีหลายชนิด ที่นิยมใช้ในระบบสายแรงต่ำภายในอาคารคือ PVC และ XLPE

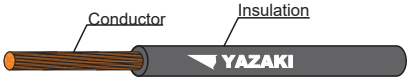
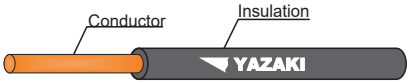
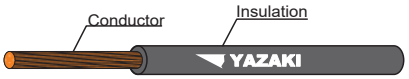
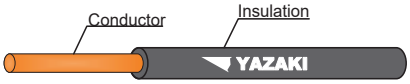
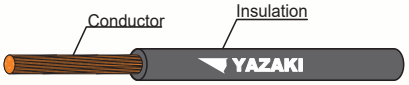
ฉนวน PVC มีอุณหภูมิใช้งาน 70°C และ 90°C แต่สายที่ใช้งานในระบบการเดินสายทั่วไปเป็นสายที่มีอุณหภูมิใช้งาน 70°C สำหรับฉนวน XLPE มีอุณหภูมิใช้งาน 90°C

2.3.3 เปลือก ทำหน้าที่ป้องกันฉนวนของสายไฟฟ้าจากความเสียหายทางกลในระหว่างการติดตั้งและใช้งาน และยังช่วยป้องกันแสงแดด การกัดกร่อน รวมถึงการซึมผ่านของน้ำอีกด้วย สายไฟฟ้าบางชนิดมีเปลือกแต่บางชนิดไม่มีเปลือกซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ตัวอย่างสายไฟฟ้าที่มีเปลือกเช่น สาย NYY, VCT, VAF และ CV เป็นต้น

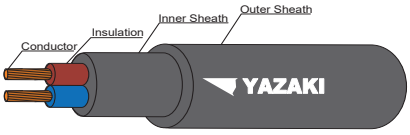
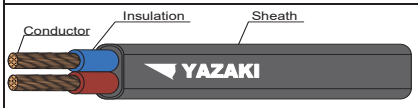
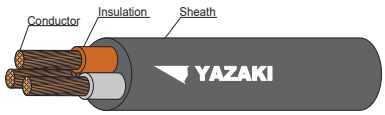
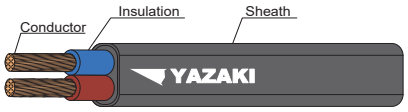
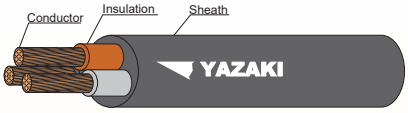
2.4 สายไฟฟ้าแรงต่ำตาม มอก.11 และข้อกำหนดการใช้งาน

มาตรฐาน มอก.11 แบ่งเป็น มอก.11-2553 และ มอก.11 เล่ม 101-2559 ซึ่งปรับปรุงมาจาก มอก.11 เล่ม 101-2553 โดยเพิ่มสายขาดเล็กตามความต้องการใช้งาน เป็นมาตรฐานบังคับใช้สำหรับสายตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC ซึ่งกำหนดให้สายชนิดนี้ต้องผลิตตามมาตรฐานและได้รับใบรับรองแล้วเท่านั้น กำหนดแรงดันไฟฟ้าใช้งาน U_0/U ไม่เกิน 450/750 โวลต์ (U_0 หมายถึงแรงดันไฟฟ้าวัดเทียบดิน และ U หมายถึงแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเส้นไฟ) สายไฟฟ้าบางชนิดอาจมีค่า U_0/U 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)

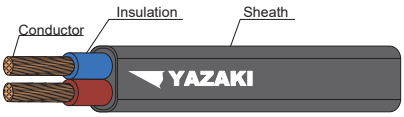
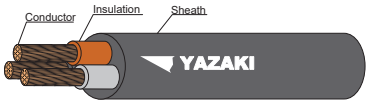
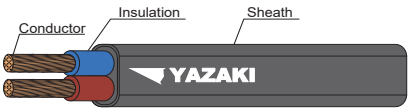
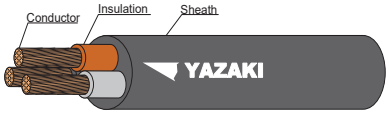
ตารางที่ 2.1 สายไฟฟ้าตาม มอก.11-2553 และการใช้งาน

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภทตัวนำ	แรงดันใช้งาน อุณหภูมิสูงสุด	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.) 1 แกน	หลายแกน	หลายแกนมีสายดิน	ประเภทการใช้งาน (ดูหมายเหตุ 1)
60227 IEC 01 THW	Solid or Stranded	450/750 V 70 °C	1.5-400	-	-	1
 **60227 IEC 02 THW (f)**	Flexible	450/750 V 70 °C	1.5-240	-	-	1
 **60227 IEC 05 IV**	Solid	300/500 V 70 °C	0.5-1	-	-	1
 **60227 IEC 06 IV(f)**	Flexible	300/500 V 70 °C	0.5-1	-	-	1
 **60227 IEC 07 HIV**	Solid	300/500 V 90 °C	0.5-2.5	-	-	1
 **60227 IEC 08 HIV(f)**	Flexible	300/500 V 90 °C	0.5-2.5	-	-	1

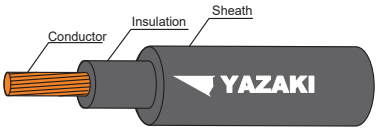
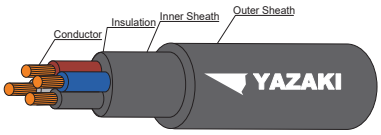
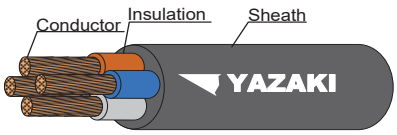
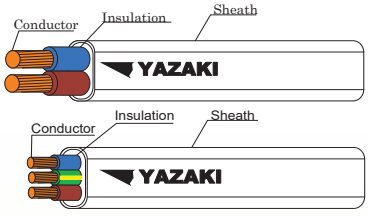
ตารางที่ 2.1 สายไฟฟ้าตาม มอก.11-2553 และการใช้งาน (ต่อ)

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภทตัวนำ	แรงดันใช้งาน อุณหภูมิสูงสุด	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.) 1 แกน	หลายแกน	หลายแกนมีสายดิน	ประเภทการใช้งาน (ดูหมายเหตุ 1)
 **60227 IEC 10**	Solid or Stranded	300/500 V 70 °C	-	2-5 แกน 1.5-35	2-4 + G 1.5-35	2
 **60227 IEC 52 VKF**	Flexible	300/300 V 70 °C	-	2 แกน 0.5-0.75	-	3
 **60227 IEC 52**	Flexible	300/300 V 70 °C	-	2-3 แกน 0.5-0.75	2 + G 0.5-0.75	3
 **60227 IEC 53 VKF**	Flexible	300/500 V 70 °C	-	2 แกน 0.75-1	-	3
 **60227 IEC 53**	Flexible	300/500 V 70 °C	-	2-5 แกน 0.75-2.5	2-4 + G 0.75-2.5	3

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

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภทตัวนำ	แรงดันใช้งาน อุณหภูมิสูงสุด	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.) 1 แกน	หลายแกน	หลายแกนมีสายดิน	ประเภทการใช้งาน (ดูหมายเหตุ 1)
 **60227 IEC 56 HVKF**	Flexible	300/300 V 90 °C	-	2 แกน 0.5-0.75	-	3
 **60227 IEC 56**	Flexible	300/300 V 90 °C	-	2-3 แกน 0.5-0.75	2 + G 0.5-0.75	3
 **60227 IEC 57 HVKF**	Flexible	300/500 V 90 °C	-	2 แกน 0.75-1	-	4
 **60227 IEC 57**	Flexible	300/500 V 90 °C	-	2-5 แกน 0.7-2.5	2-4 + G 0.75-2.5	4

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

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภทตัวนำ	แรงดันใช้งาน	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)			ประเภทการใช้งาน (ดูหมายเหตุ 1)
		อุณหภูมิสูงสุด	1 แกน	หลายแกน	หลายแกนมีสายดิน	
  **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

ประเภทการใช้งานเป็นดังนี้

1. ใช้งานทั่วไป เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

2. ใช้งานทั่วไป เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย วางบนรางเคเบิล ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

3. ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้ ใช้งานภายในเครื่องใช้ไฟฟ้า ดวงโคม

4. ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้ ใช้ในดวงโคมไฟฟ้า ในป้ายโฆษณา ป้ายไฟฟ้า

5. เดินเกาะผนัง เดินในช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อ และห้ามฝังดิน

6. ใช้งานทั่วไป วางบนรางเคเบิล ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

หมายเหตุ 2

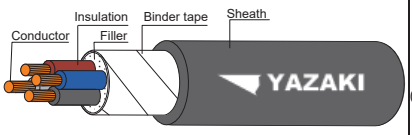
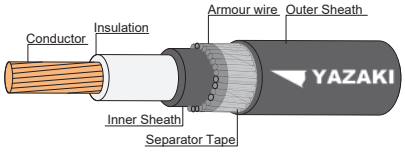
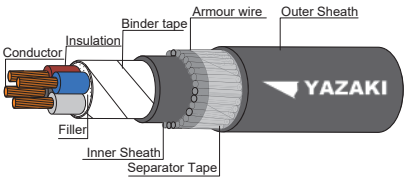
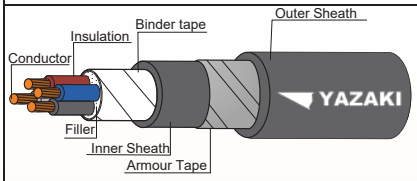
ข้อแนะนำในการใช้งานสายแต่ละประเภท ให้ดูรายละเอียดเพิ่มเติมตามตารางที่ 5-48 ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ฉบับล่าสุด

2.5 สายไฟฟ้าแรงต่ำหุ้มฉนวน XLPE ตาม IEC 60502-1 และข้อกำหนดการใช้งาน

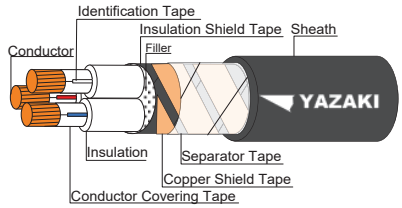
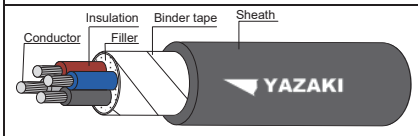
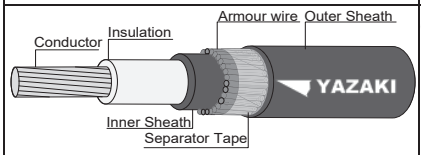
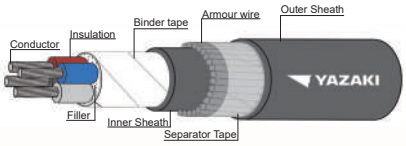
เป็นสายทองแดงหุ้มฉนวน XLPE (cross-linked polyethylene) หรือเรียกกันทั่วไปว่าสาย CV ผลิตตามมาตรฐาน IEC 60502-1 หรือ มอก.2143-2546 (เป็นมาตรฐานไม่บังคับ) ขนาดสายจึงเป็นไปตามความต้องการของตลาดและการผลิต

เนื่องจากคุณสมบัติของ XLPE ไม่ต้านเปลวเพลิง การติดตั้งในอาคารจึงมีข้อจำกัดว่าต้องติดตั้งในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด ยกเว้นในการผลิตสายไฟฟ้าจะทำให้สายไฟฟ้ามีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิงและผ่านการทดสอบตามที่มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ กำหนด สายไฟฟ้าแรงต่ำของบริษัทฯ จะเป็นสายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง โดยจะระบุด้วยตัวอักษร FD ข้อมูลของสายไฟฟ้าเป็นไปตามตารางที่ 2.2

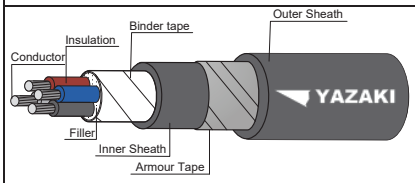
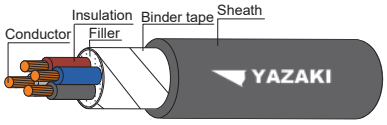
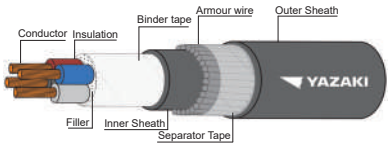
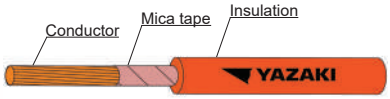
ตารางที่ 2.2 สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน XLPE ตาม IEC 60502-1 และการใช้งาน

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภทตัวนำ	แรงดันใช้งาน	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)			ประเภทการใช้งาน (ดูหมายเหตุ 1)
		อุณหภูมิสูงสุด	1 แกน	หลายแกน	หลายแกนมีสายดิน	
 **FD-0.6/1KV-CV** **(0.6/1kV-Cu/XLPE/FR-PVC)**	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	1.5-1000	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	-	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	-	2-4 แกน 1.5-400	2-4+PE 1.5-400	2

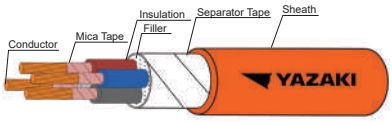
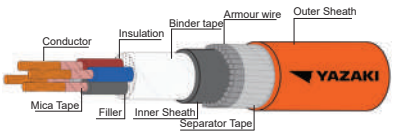
ตารางที่ 2.2 สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน XLPE ตาม IEC 60502-1 และการใช้งาน (ต่อ)

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภทตัวนำ	แรงดันใช้งาน / อุณหภูมิสูงสุด	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.) 1 แกน	หลายแกน	หลายแกนมีสายดิน	ประเภทการใช้งาน (ดูหมายเหตุ 1)
 **1.8/3KV-CV (1.8/3kV-Cu/XLPE/PVC)**	Compacted	1.8/3 kV 90°C	10-400	3 แกน 10-400	C+ Bare Cu 10-400	2
 **FD-0.6/1KV-AL-CV (0.6/1kV-Al/XLPE/FR-PVC)**	Compacted	0.6/1 kV 90°C	10-500	2-4 แกน 10-500	2-4+PE 10-500	2
 **FD-0.6/1KV-AL-CV-AWA (0.6/1kV- Al/XLPE/PVC/AWA/FR-PVC)**	Compacted	0.6/1 kV 90°C	10-500	-	-	2
 **FD-0.6/1KV-AL-CV-SWA (0.6/1kV- Al/XLPE/PVC/SWA/FR-PVC)**	Compacted	0.6/1 kV 90°C	-	2-4 แกน 10-400	2-4+PE 10-400	2

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

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภทตัวนำ	แรงดันใช้งาน	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)			ประเภทการใช้งาน (ดูหมายเหตุ 1)
		อุณหภูมิสูงสุด	1 แกน	หลายแกน	หลายแกนมีสายดิน	
 **FD-0.6/1KV-AL-CV-STA (0.6/1kV- Al/XLPE/PVC/STA/FR-PVC)**	Compacted	0.6/1 kV 90°C	-	2-4 แกน 10-400	2-4+PE 10-400	2
 **FDLH-0.6/1KV-CE (0.6/1kV-Cu/XLPE/LSZH)**	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	1.5 - 1000	2-4 แกน 1.5-400	2-4+PE 1.5-400	2
 **FDLH-0.6/1KV-CE-SWA (0.6/1KV-Cu/XLPE/LSZH/SWA/LSZH)**	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	-	2-4 แกน 1.5-400	2-4+PE 1.5-400	2
 **FS/LH-0.6/1KV-XLPE(C) (0.6/1kV-Cu/MICA/LSZH-XLPE)**	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	1.5-630	-	-	1

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

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภทตัวนำ	แรงดันใช้งาน	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)			ประเภทการใช้งาน (ดูหมายเหตุ 1)
		อุณหภูมิสูงสุด	1 แกน	หลายแกน	หลายแกนมีสายดิน	
 **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 แกน 1.5-400	2-4+PE 1.5-400	2
 **FS/FDLH-0.6/1KV-CE-SWA (0.6/1kV-Cu/MICA/XLPE/LSZH/SWA/LSZH)**	Stranded or Compacted	0.6/1 kV 90°C	-	2-4 แกน 1.5-400	2-4+PE 1.5-400	2

หมายเหตุ 1 *ประเภทการใช้งานเป็นดังนี้*

1. ใช้งานทั่วไป เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

2. ใช้งานทั่วไป วางบนรางเคเบิล ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

หมายเหตุ 2 *การติดตั้งภายในอาคารต้องเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด 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 สายไฟฟ้าชนิด Fire Performance Cable

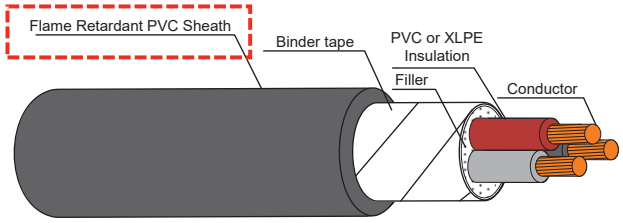
ปัจจุบันสายไฟฟ้าในกลุ่ม fire performance cable เริ่มเป็นที่รู้จักและมีการใช้งานมากขึ้น โดยติดตั้งใช้งานในบริเวณที่ซึ่งเมื่อเกิดอัคคีภัยแล้วผลของเพลิงไหม้จะเป็นอันตรายต่อบุคคลที่อาศัยในอาคารและเป็นอุปสรรคต่อการหนีไฟ นอกจากนี้ยังใช้ติดตั้งใช้งานในระบบที่มีความสำคัญที่ต้องสามารถใช้งานได้ขณะที่เกิดเพลิงไหม้ตามที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ ทางบริษัทฯ ได้มีการผลิตสายไฟฟ้ากลุ่มนี้โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง (flame retardant cable)
2. สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ควันน้อย และไร้ฮาโลเจน (flame retardant, low smoke and zero halogen cable)
3. สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติทนไฟ ควันน้อย และไร้ฮาโลเจน (fire resistant, low smoke and zero halogen cable)

2.6.1. สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง (Flame Retardant Cable)

สายชนิดนี้เมื่อนำเปลวไฟเผาจะลุกติดไฟได้แต่เมื่อนำต้นเพลิงออกไฟจะดับเอง ไม่ลุกลามต่อและไม่ขยายเป็นบริเวณกว้าง จึงสามารถที่จะทำการแก้ไขหรือดับไฟได้ทัน สายไฟฟ้าชนิดนี้จึงสามารถติดตั้งในรางเปิดภายในอาคารได้ ปัจจุบันจึงเป็นที่นิยมใช้งาน แต่ข้อเสียของสายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิงคือฉนวนหรือเปลือกที่เป็น PVC ที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิงนั้น เมื่อเกิดการเผาไหม้จะปล่อยก๊าซพิษออกมาเป็นอันตรายต่อผู้ที่สูดดมเข้าไป และมีควันมากส่งผลต่อทัศนวิสัยการมองเห็นเช่น ปิดการมองเห็นเส้นทางการหนีไฟ และป้ายต่าง ๆ เป็นต้น

โครงสร้างของสายไฟฟ้าชนิดนี้ประกอบด้วยเปลือกชั้นนอกที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง (flame retardant) ความสามารถในการต้านเปลวเพลิงแบ่งเป็น category ตามการทดสอบ โดยในการทดสอบจะเป็นการทดสอบสายไฟฟ้าสำเร็จทั้งเส้น มิใช่เป็นการทดสอบเพียงวัสดุส่วนใดส่วนหนึ่งของสายไฟฟ้า



รูปที่ 2.1 โครงสร้างสายไฟที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง

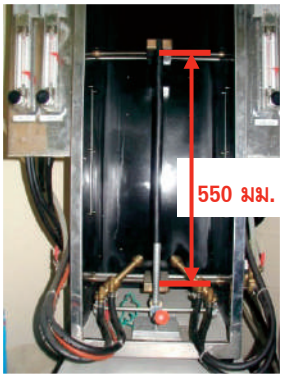
1. ระดับของการต้านเปลวเพลิงและการทดสอบ แบ่งออกเป็น 2 ระดับได้แก่

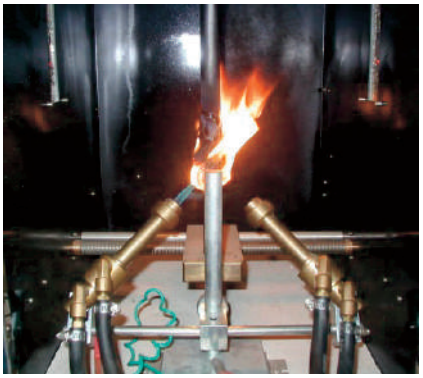
1) ระดับต่ำ มาตรฐานการทดสอบ คือ IEC 60332-1 (BS 4066 part 1) หรือ มอก.2756 เล่ม 1-2559

- ขอบเขต
  - เป็นวิธีการทดสอบการต้านเปลวเพลิงของสายไฟฟ้าเส้นเดี่ยวในแนวตั้ง ในสภาวะเกิดการลุกไหม้
- อุปกรณ์ทดสอบ
  - ห้องทดสอบ ที่กำบังโลหะและแหล่งกำเนิดไฟต้องอยู่ในห้องทดสอบที่เหมาะสม โดยไม่มีลมรบกวนระหว่างการทดสอบ แต่ต้องสามารถกำจัดก๊าซมีพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ได้ ห้องทดสอบต้องรักษาให้มีอุณหภูมิ 23±10°C
  - ตัวอย่างสายไฟฟ้าความยาว 600±25 มม. โดยชิ้นทดสอบต้องเก็บในสภาวะอุณหภูมิ 23±5°C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50±20 ไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ
- ขั้นตอนทดสอบ
  - จัดชิ้นส่วนให้ยึดตรงและมัดเข้ากับแขนยึด 2 จุดในแนวดิ่ง โดยมีระยะระหว่างจุดล่างสุดของแขนยึดตัวบนกับจุดบนสุดของแขนยึดตัวล่างเท่ากับ 550±5 มม. และปลายด้านล่างของชิ้นทดสอบอยู่สูงจากพื้น 50 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

- เมื่อเผาสายจนครบตามเวลาที่กำหนดแล้วเอาหัวเผาออกหรือดับไฟที่หัวเผา รอจนกระทั่งไฟที่ไหม้บนสายไฟฟ้านั้นดับเองแล้ววัดระยะ ถ้าระยะระหว่างขอบล่างของแขนยึดตัวบนกับจุดบนสุดของส่วนที่ไหม้ไฟมากกว่า 50 มม. และระยะห่างระหว่างขอบล่างของแขนยึดตัวบนกับจุดล่างสุดของส่วนที่ไหม้ไฟไม่เกิน 540 มม. ถือว่าผ่าน

รูปที่ 2.3 การวัดระยะการลามไฟ

(การต้านทานเปลวเพลิงระดับต่ำ)

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

- ขอบเขต
  - การทดสอบสายไฟฟ้าเพื่อกำหนดความสามารถในการต้านการลุกลามของไฟภายใต้สภาวะที่กำหนด
- ตู้ทดสอบการเผา
  - 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. มัดเข้ากับราง โดยรูปแบบการมัดขึ้นกับขนาดของสายไฟฟ้าตามตารางที่ 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

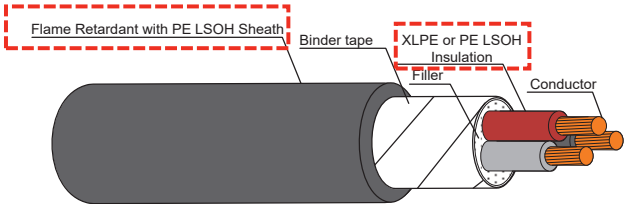
- การทดสอบ ขณะทำการทดสอบการเผาต้องควบคุมอัตราการไหลของอากาศและก๊าซ ดังนี้
  - Air flow rate 77.7 ± 4.8 l/min ที่อุณหภูมิ 20°C และความดัน 1 bar
  - Gas (Propane) flow rate 13.5 ± 0.5 l/min ที่อุณหภูมิ 20°C และความดัน 1 bar
  - Air inlet flow rate 5000 ± 500 l/min ที่อุณหภูมิ 20±10°C
- การประเมินผล
  - หลังจากสิ้นสุดการเผา สายไฟฟ้าจะต้องมีระยะการถูกเผาไหม้สูงไม่เกิน 2.5 ม. โดยวัดจากหัวเผา

รูปที่ 2.5 การวัดระยะการเผาไหม้หลังทำการทดสอบการเผา

2.6.2 สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ควันน้อย และไร้ฮาโลเจน (Flame Retardant, Low Smoke and Zero Halogen Cable)

สายไฟฟ้ากลุ่มนี้เป็นสายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิงเหมือนกับสาย flame retardant แต่จะมีคุณสมบัติ low smoke & zero halogen เพิ่มเข้ามาจึงสามารถใช้งานทดแทนสาย flame retardant ทั่วไปได้ดี เพราะสายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิงนั้นเมื่อเกิดการลุกไหม้บริเวณฉนวนหรือเปลือกที่เป็น PVC ก็จะปล่อยก๊าซซึ่งเป็นพิษต่อร่างกายออกมา (ส่วนใหญ่เป็นฮาโลเจน) รวมทั้งมีควันมากปิดบังการมองเห็น

สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ควันน้อย และไร้ฮาโลเจน นิยมใช้ในอาคารที่มีผู้อยู่อาศัยจำนวนมากเช่น สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน สนามบิน ห้างสรรพสินค้า โรงแรม โรงพยาบาล โรงภาพยนตร์ และสถานบริการ เป็นต้น รวมทั้งอาคารที่เมื่อเกิดเพลิงไหม้แล้วต้องใช้เวลาในการหนีไฟนาน



รูปที่ 2.6 โครงสร้างสายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ควันน้อย และไร้ฮาโลเจน

จากปัญหาที่กล่าวข้างต้น สายไฟฟ้าชนิด flame retardant, low smoke & zero halogen นี้จึงเป็นการตอบโจทย์ทั้งทางด้านการต้านเปลวเพลิง การปล่อยปริมาณควันที่น้อย รวมถึงลดการปล่อยก๊าซพิษเมื่อเกิดการลุกไหม้ โดยใช้วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็น low smoke & zero halogen มาผลิตสายไฟฟ้าทั้งฉนวน เปลือก และวัสดุอโลหะที่เป็นส่วนเสริม โดยการทดสอบสายชนิด flame retardant, low smoke & zero halogen cable จะมีหัวข้อทดสอบดังนี้

1. การทดสอบความหนาแน่นของควัน (smoke density test)
2. การทดสอบคุณสมบัติการปล่อยก๊าซกรด (acids gas emission)

1. การทดสอบความหนาแน่นของควัน (Smoke Density Test) : IEC 61034-2 หรือ BS EN 50268 หรือ มอก.2758 เล่ม 2-2559

- ขอบเขต
  - การทดสอบความหนาแน่นของควัน
- อุปกรณ์การทดสอบ
  - ห้องทดสอบทึบแสงขนาด 27 ลูกบาศก์เมตร (กว้าง×ยาว×สูง = 3×3×3 ม.)
  - เชื้อเพลิงที่ใช้เป็น เอทานอล (ethanol) 90±1% เมทานอล (methanol) 4±1% น้ำ 6±1%

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

ตารางที่ 2.6 จำนวนชิ้นส่วนตัวอย่างทดสอบ Smoke Density

เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟ (มม.)	จำนวนชิ้นตัวอย่างทดสอบ (N)	
	แบบท่อน Cable	แบบ Bundles
$D > 40$	1	-
$20 < D \leq 40$	2	-
$10 < D \leq 20$	3	-
$5 < D \leq 10$	$N_1 = 45/D$	-
$1 < D \leq 5$	-	$N_2 = 45/(3D)$

■ ขั้นตอนการทดสอบ

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

■ การประเมินผล

- ค่าความเข้มของแสงที่จดบันทึกไว้จากเครื่องรับแสง ต้องมีความเข้มแสงหลังการทดสอบไม่น้อยกว่าค่าที่มาตรฐานกำหนดของความเข้มแสงก่อนการทดสอบ

2. ทดสอบคุณสมบัติการปล่อยก๊าซกรด (Acids Gas Emission) : IEC 60754-1 และ IEC 60754-2 หรือ BS EN 60267-1 และ BS EN 50267-2 หรือ มอก.2757 เล่ม 1-2559 และ มอก.2757 เล่ม 2-2559

■ ขอบเขต

- วัดค่าความเป็นกรดของก๊าซซึ่งถูกปล่อยออกมาในระหว่างการเผาไหม้ของวัตถุดิบที่นำมาจากส่วนต่าง ๆ ของตัวอย่างสายไฟฟ้า

■ อุปกรณ์การทดสอบ

- เป็นไปตามที่แสดงในรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 ชุดอุปกรณ์ทดสอบทดสอบคุณสมบัติการปล่อยก๊าซกรด (acids gas emission)

■ วิธีการทดสอบ

- เตรียมชิ้นทดสอบประมาณ 1 กรัม จากสายตัวอย่าง (เฉพาะที่ติดไฟได้องค์ประกอบละ 1 กรัม) นำมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปใส่ไว้ในหลอดแก้วซึ่งจะอยู่ภายในเตาอบสำหรับเผา
- อุณหภูมิในการเผาต้องไม่ต่ำกว่า 935°C ใช้เวลา 30 นาที
- เมื่อสิ้นสุดการเผาแล้ว นำน้ำในขวดไปตรวจสอบวัดค่า pH

■ การประเมินผล

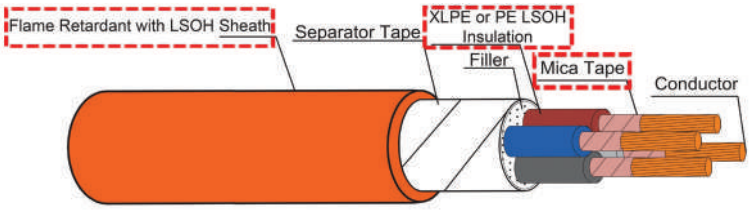
- ค่าปริมาณก๊าซฮาโลเจน ในรูปก๊าซฮาโลเจน จะต้องไม่เกิน 0.5% ของปริมาณตัวอย่างตาม IEC 60754-1 หรือ BS EN 50267-2-1 และในกรณีทดสอบค่า pH

และ conductivity ตาม IEC 60754-2 หรือ BS EN 50267-2-2 โดยค่า pH ที่ได้ต้องไม่น้อยกว่า 4.3 และค่า conductivity จะต้องไม่เกิน 10 µS/mm

2.6.3 สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติทนไฟ ควันน้อย และไร้ฮาโลเจน (Fire Resistant, Low Smoke and Zero Halogen Cable)

สายทนไฟ คือสายไฟฟ้าที่ยังสามารถจ่ายไฟฟ้าได้ช่วงเวลาหนึ่งในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ โดยไม่เกิดการลัดวงจร ระยะเวลาการทนไฟเป็นไปตามกำหนดในมาตรฐานการผลิตสายไฟฟ้า ในการใช้งานจะใช้ติดตั้งในวงจรที่ต้องการให้ใช้งานได้เมื่อเกิดเพลิงไหม้ นิยมติดตั้งในอาคารที่มีผู้คนอาศัยอยู่มาก เช่น สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน สนามบิน ห้างสรรพสินค้า โรงแรม โรงพยาบาล โรงภาพยนตร์ และสถานบริการ เป็นต้น เนื่องจากสถานที่เหล่านี้เมื่อเกิดเพลิงไหม้จำเป็นต้องมีวงจรบางส่วนที่สามารถใช้งานได้เช่น ระบบจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉิน ระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ ระบบดูดควันและระบายอากาศ ระบบควบคุมการกระจายของควันและไฟ ระบบเครื่องสูบน้ำและระบบดับเพลิงอัตโนมัติ ระบบสื่อสารฉุกเฉินสำหรับแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และระบบลิฟต์ผจญเพลิง เป็นต้น

ในประเทศไทยในปัจจุบันมีการใช้สายประเภทนี้มากขึ้น เนื่องจากผู้ออกแบบระบบในปัจจุบันคำนึงถึงความปลอดภัยต่อผู้คนและทรัพย์สินมากขึ้น และเป็นไปตามที่มาตรฐานฯ กำหนด



รูปที่ 2.8 โครงสร้างสายทนไฟ

โครงสร้างของสายทนไฟจะมีโครงสร้างใกล้เคียงกับสายชนิด flame retardant, low smoke & zero halogen cable ต่างกันที่สายไฟฟ้าชนิด fire resistant cable จะมีชั้น fire barrier (mica tape) พันบนตัวนำซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สายไฟฟ้าชนิดนี้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ในขณะที่เกิดเพลิงไม้ เพราะจะทำหน้าที่เป็นฉนวนในกรณีที่วัสดุห่อหุ้มสายไฟฟ้าในส่วนอื่น ๆ ถูกเผาไหม้จนหมด ในการทดสอบก็จะมีหัวข้อเพิ่มเติมนอกเหนือจากการทดสอบสายไฟชนิด flame retardant, low smoke & zero halogen โดยการทดสอบการทนไฟตามมาตรฐาน BS 6387 (ระดับชั้น CWZ) หรือ มอก 3197-2564 มีดังนี้

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

1. การทดสอบ Protocol C for Resistance to Fire Alone

■ ขอบเขต

- การทดสอบความต้านทานต่อการเผาไหม้ของสายไฟฟ้า ขณะที่มีการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง

■ วิธีการทดสอบ

- ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามพิกัดของสายไฟ และกระแสโหลดประมาณ 0.25 A โดยแรงดันที่สามารถทดสอบได้ไม่เกิน 600/1000 V
- อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบและเวลาตามตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 เงื่อนไขการทดสอบ

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

รูปที่ 2.9 การทดสอบ resistance to fire alone

■ การประเมินผล

- จะต้องไม่เกิดการลัดวงจรขึ้นในเฟสใด ๆ ภายใต้สภาวะเงื่อนไขและระยะเวลาตามที่มาตรฐานกำหนด

2. การทดสอบ Protocol W Resistance to Fire with Water

■ ขอบเขต

- การทดสอบความต้านทานต่อการเผาไหม้ของสายไฟฟ้า ขณะที่มีการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง และมีการสเปรย์น้ำหลังจากเผาไหม้ ตามระยะเวลาที่กำหนด โดยขณะที่มีการสเปรย์น้ำก็ยังคงจ่ายแรงดันไฟฟ้าและเชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่อง

■ วิธีการทดสอบ

- ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามพิกัดของสายไฟ และกระแสโหลดประมาณ 0.25 A โดยแรงดันที่สามารถทดสอบได้ไม่เกิน 600/1000 V
- อัตราการฉีดสเปรย์น้ำอยู่ที่ 0.25-0.30 $l/m^2/s$ และมีแรงดันน้ำ 250-350 kPa
- อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบและเวลาตามตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 เงื่อนไขการทดสอบ

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

รูปที่ 2.10 การทดสอบ resistance to fire with water spray

■ การประเมินผล

- จะต้องไม่เกิดการลัดวงจรขึ้นในเฟสใด ๆ ภายใต้สภาวะเงื่อนไขและระยะเวลาตามที่มาตรฐานกำหนด

3. การทดสอบ Resistance to Fire with Mechanical Shock

■ ขอบเขต

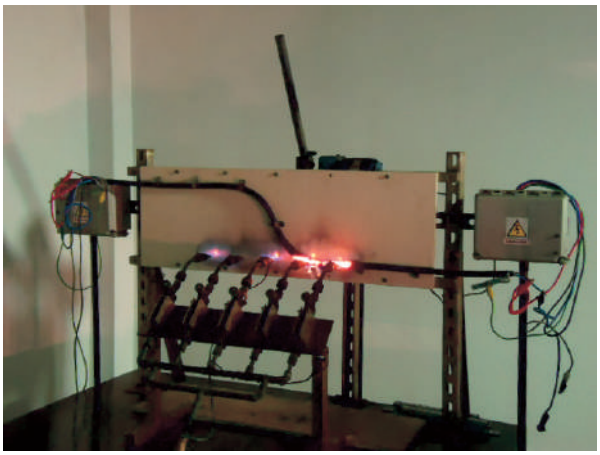
- การทดสอบความต้านทานต่อการเผาไหม้ของสายไฟฟ้าขณะที่มีการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง และมีแรงกระทำที่สายไฟฟ้าทุกครึ่งนาที

■ วิธีการทดสอบ

- ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามพิกัดของสายไฟ และกระแสโหลดประมาณ 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 ภายใต้สภาวะเงื่อนไขและระยะเวลาตามที่มาตรฐานกำหนด

ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ กำหนดให้ในบางพื้นที่หรือบางวงจรของอาคารบางประเภท โดยเฉพาะวงจรช่วยชีวิต ต้องใช้สายทนไฟได้แก่ อาคารชุด อาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ อาคารเพื่อการสาธารณะใต้ผิวดิน โรงมหรสพ สถานบริการ และโรงแรม

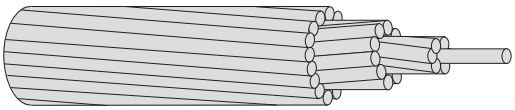
2.7 สายไฟฟ้าในระบบแรงสูง

หมายถึงสายไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแรงดันเกิน 1,000 V แบ่งเป็นดังนี้

2.7.1 สายไฟฟ้าในระบบสายอากาศ

1. สายเปลือย เป็นสายชนิดไม่มีฉนวนหุ้มจึงต้องติดตั้งบนฉนวนไฟฟ้าที่ทนแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานได้ และต้องให้พ้นจากการสัมผัส ใช้เดินในระบบสายอากาศ ตัวนำเป็นอะลูมิเนียมตีเกลียวเพราะต้องการน้ำหนักเบา การตีเกลียวจะทำให้อ่อนตัวได้ดี ติดตั้งสะดวก ปัจจุบันใช้ในระบบแรงสูงขนาด 69 kV ขึ้นไป กรณีที่ต้องการความแข็งแรงทางกลเพื่อให้สามารถรับแรงดึงได้สูงขึ้นก็จะทำเป็นชนิดแกนเหล็ก หรือใช้เป็นวัสดุผสม (alloy) ก็ได้ตามความต้องการ มีหลายชนิดดังนี้

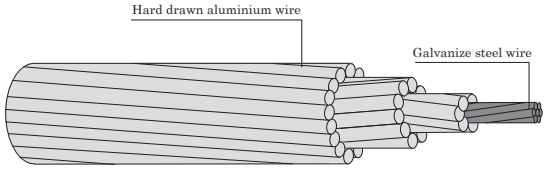
1) AAC (All Aluminium Conductor) โครงสร้างประกอบด้วยตัวนำอะลูมิเนียมรีดแข็ง (hard draw) ใช้ติดตั้งในช่วงที่มีระยะห่างระหว่างเสา (span) สั้น ๆ เนื่องจากรับแรงดึงได้ต่ำ มีใช้ในระบบแรงดันตั้งแต่ 69 – 115 kV



รูปที่ 2.12 โครงสร้างสายไฟฟ้าชนิด AAC (All Aluminium Conductor)

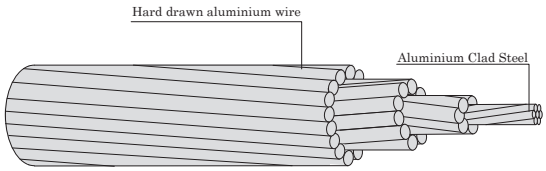
2) ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) เป็นตัวนำอะลูมิเนียมแกนเหล็กเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของสายให้รับแรงดึงได้มากขึ้น การติดตั้งจึงมีระยะห่างระหว่างเสามากได้ แบ่งออกเป็น ACSR/GA และ ACSR/AW

- **ACSR/GA** แกนกลางเป็น ลวดเหล็กเคลือบสังกะสี (galvanized steel)



รูปที่ 2.13 โครงสร้างสายไฟฟ้าชนิด ACSR/GA

- **ACSR/AW** แกนกลางเป็นลวดเหล็กเคลือบอะลูมิเนียม (aluminium clad steel)

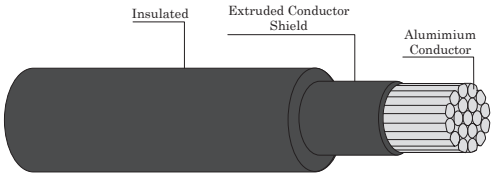


รูปที่ 2.14 โครงสร้างสายไฟฟ้าชนิด ACSR/AW

2. สายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวน

1) สายหุ้มฉนวนแรงสูงไม่เต็มพิกัด (Partially Insulated Conductor) การไฟฟ้านครหลวงเรียกว่าสาย APC การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกว่าสาย PIC เป็นตัวนำอะลูมิเนียมชนิดตีเกลียวอัดแน่น (compacted strand) เพื่อให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลง สามารถลดแรงที่กระทำจากลมพัดได้ หุ้มด้วยฉนวน XLPE เพื่อป้องกันการลัดวงจรกรณีสัมผัสชั่วขณะ แต่ความหนาของฉนวนไม่มากพอที่จะทนแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานได้ และไม่มี shield

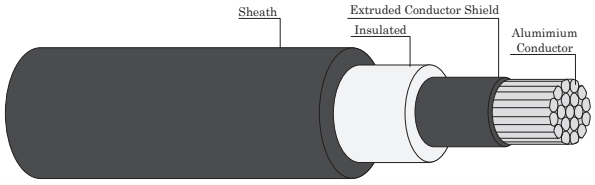
เพื่อป้องกันสนามไฟฟ้า จึงต้องติดตั้งบนฉนวนไฟฟ้าหรือลูกถ้วยไฟฟ้าเช่นเดียวกับสายเปลือย มีใช้งานในระบบแรงดัน 12 – 33 kV แต่ปัจจุบันความนิยมในการใช้งานลดลงมาก



รูปที่ 2.15 โครงสร้างสายไฟฟ้าชนิด APC หรือ PIC (partially insulated cable)

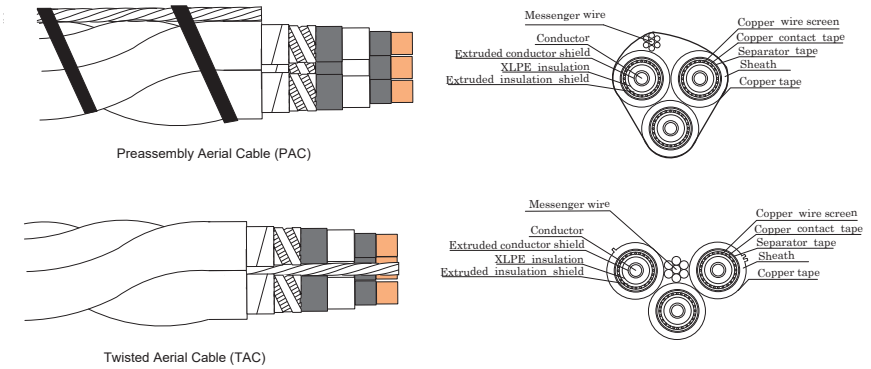
2) สายหุ้มฉนวนแรงสูง 2 ชั้นไม่เต็มพิกัด (Spaced Aerial Cable) การไฟฟ้านครหลวงเรียกว่าสาย ASC การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกว่าสาย SAC เป็นสายหุ้มฉนวน XLPE หนา แต่ยังไม่เต็มพิกัดและไม่มี shield จึงไม่ปลอดภัยจากการสัมผัส สามารถสัมผัสกับต้นไม้ได้นานขึ้น แต่ถ้าปล่อยให้สัมผัสเป็นเวลานานก็จะทำให้ฉนวนของสายชำรุดได้ การติดตั้งยังคงต้องมีฉนวนไฟฟ้ารองรับเช่นกันแต่ค่าความเป็นฉนวนสามารถลดลงได้ ปัจจุบันนิยมติดตั้งบนลูกถ้วยไฟฟ้า หรือแขวนไว้กับ spacer ที่เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้า

การติดตั้งต้องระวังการสัมผัสกับดินหรือส่วนที่ต่อลงดิน เพราะถ้าสัมผัสเป็นเวลานานฉนวนของสายไฟฟ้าจุดที่สัมผัสจะชำรุด



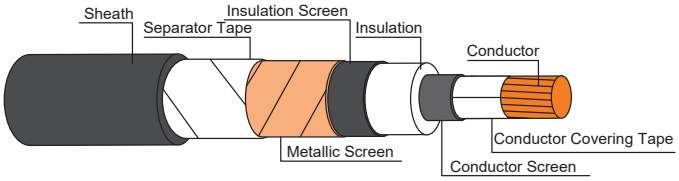
รูปที่ 2.16 โครงสร้างสายไฟฟ้าชนิด ASC หรือ SAC (spaced aerial cable)

3) สายหุ้มฉนวนเต็มพิกัด การไฟฟ้านครหลวงเรียกว่าสาย preassembly aerial cable (PAC) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกว่าสาย twisted aerial cable (TAC) เป็นสายชนิดหุ้มฉนวนเต็มพิกัด มีใช้ในระบบสายอากาศ เป็นสายไฟฟ้าชนิดที่เคเบิลทั้ง 3 เส้นตีเกลียวเข้าด้วยกันโดยมี messenger ทำหน้าที่รับน้ำหนัก ใช้ในบริเวณที่จำกัดเรื่องระยะห่าง เป็นสายชนิดมี shield จึงปลอดภัยจากการสัมผัส



รูปที่ 2.17 โครงสร้างสายไฟฟ้าชนิดหุ้มฉนวนเต็มพิกัด PAC และ TAC

2.7.2 สายไฟฟ้าในระบบสายใต้ดิน สายเคเบิลแรงสูงชนิดฝังดินได้หรือ CV cable (continuous vulcanizing cable) มีใช้งานในระบบสายส่งแรงดัน 69 และ 115 kV และในระบบจำหน่ายแรงดัน 12, 24 kV ของ กฟน. และระบบจำหน่ายแรงดัน 22, 33 kV ของ กฟภ. สายชนิดนี้สามารถติดตั้งได้ทั้งในอาคาร นอกอาคาร และฝังดิน เป็นสายชนิดหุ้มฉนวนเต็มพิกัดมี shield ป้องกันสนามไฟฟ้า จึงสามารถสัมผัสผิวด้านนอกได้โดยไม่เกิดอันตราย มีโครงสร้างหลักดังนี้



รูปที่ 2.18 โครงสร้างสายไฟฟ้าแรงสูง (CV Cable)

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

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

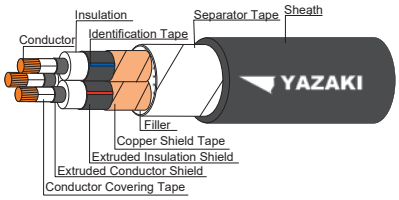
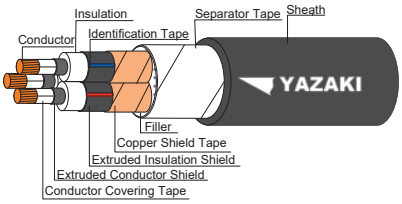
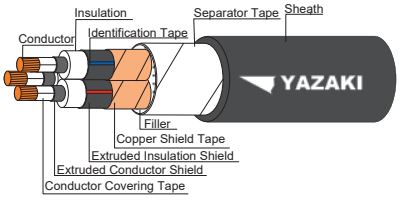
3. ฉนวน (Insulation) ปกติจะเป็น XLPE ที่ใช้หุ้มทับบนชั้นของตัวกั้นตัวนำ ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า และป้องกันการลัดวงจร

4. ตัวกั้นฉนวน (Insulation screen) หมายถึง ชั้นของสารกึ่งตัวนำซึ่งอยู่ในรูปของสารประกอบที่ใช้หุ้ม ทำให้ผิวนอกของฉนวนเรียบสม่ำเสมอเพื่อทำให้สนามไฟฟ้าระหว่างฉนวนกับตัวกั้นโลหะสม่ำเสมอทุกทิศทาง และยังช่วยลดความเค้นทางแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

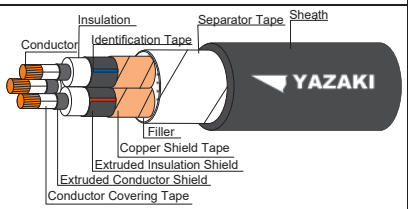
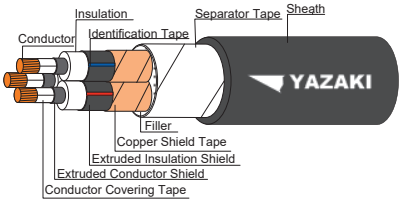
5. ตัวกั้นโลหะ (Metallic screen) อาจใช้เป็นลวดหรือเทป หรือเป็นลวดและเทปทองแดงประกอบกัน มีหน้าที่ป้องกันสนามไฟฟ้าไม่ให้เกิดอันตรายต่อบุคคลและสิ่งแวดล้อม และป้องกันการรบกวนกับระบบอื่น ๆ

6. เปลือก (Sheath) หมายถึง สารประกอบพอลิเอทิลีนหรือพอลิไวนิลคลอไรด์ใช้หุ้มชั้นนอกสุดของสายไฟฟ้าป้องกันแรงกระแทก เสียดสี และทนทานต่อสภาวะแวดล้อม

ตารางที่ 2.10 สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน XLPE ตาม IEC 60502-2 และการใช้งาน

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภทตัวนำ	แรงดันใช้งาน อุณหภูมิสูงสุด	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.) 1 แกน	หลายแกน	หลายแกนมีสายดิน	ประเภทการใช้งาน (ดูหมายเหตุ 1)
 **3.6/6KV-CV (3.6/6kV-Cu/XLPE/PVC)**	Compacted	3.6/6 kV 90°C	10-1000	3 แกน 10-400	C+ Bare Cu 10-400	1
 **6/10KV-CV (6/10kV-Cu/XLPE/PVC)**	Compacted	6/10 kV 90°C	16-1000	3 แกน 16-400	C+ Bare Cu 16-400	1
 **8.7/15KV-CV (8.7/15kV-Cu/XLPE/PVC)**	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)

รูปและชื่อสายไฟฟ้า	ประเภทตัวนำ	แรงดันใช้งาน	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)			ประเภทการใช้งาน (ดูหมายเหตุ 1
		อุณหภูมิสูงสุด	1 แกน	หลายแกน	หลายแกนมีสายดิน	
 **12/20KV-CV (12/20kV-Cu/XLPE/PVC)**	Compacted	12/20 kV 90°C	35-1000	3 แกน 35-400	C+ Bare Cu 35-400	1
 **18/30KV-CV (18/30kV-Cu/XLPE/PVC)**	Compacted	18/30 kV 90°C	35-1000	3 แกน 35-400	C+ Bare Cu 35-400	1

หมายเหตุ 1 *ประเภทการใช้งานเป็นดังนี้*

1. ใช้งานทั่วไป วางบนรางเคเบิล ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

หมายเหตุ 2 *การติดตั้งภายในอาคารต้องเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด นอกจากสายไฟฟ้าจะมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง 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

1. ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (กำหนดตามการคำนวณโหลด)
2. ชนิดของสายไฟฟ้าและรูปแบบการติดตั้งสายไฟฟ้า (กลุ่ม)
3. จำนวนตัวนำกระแสไฟฟ้า (วงจร 1 เฟส หรือ 3 เฟส)
4. ลักษณะตัวนำ (แกนเดียว หรือ หลายแกน)
5. จำนวนวงจรในช่องเดินสายเดียวกัน (เพื่อกำหนดตัวปรับค่า C_g)
6. อุณหภูมิโดยรอบที่สายไฟฟ้าติดตั้งใช้งาน (เพื่อกำหนดตัวปรับค่า C_a)

ขั้นตอนการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า การกำหนดขนาดสายไฟฟ้ามีขั้นตอน ดังนี้

1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n)

↓

2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย

↓

3. เลือกตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

↓

4. กำหนดตัวคูณปรับค่า (C_a & C_g)

↓

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

เนื่องจากตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ มีจำนวนมาก เพื่อให้การเลือกใช้ตารางสะดวกและรวดเร็วขึ้นจึงได้ทำเป็นตาราง (mapping) เพื่อให้เลือกใช้ง่ายขึ้น การเลือกตารางต้องทราบชนิดของสายไฟฟ้า (PVC หรือ XLPE) และรูปแบบ (กลุ่ม) การติดตั้ง ดังนี้

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าในรางเดินสาย เนื่องจากการเดินสายในรางเดินสายไม่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ถึง 7 ขนาดกระแสจึงกำหนดให้ใช้ตารางที่ 5-20 สำหรับสาย PVC และ ตารางที่ 5-27 สำหรับสาย XLPE ดูจากช่องตัวนำกระแส 3 เส้น ทั้งวงจร 1 เฟส และ 3 เฟส และไม่ต้องปรับค่าเนื่องจากจำนวนกลุ่มวงจรตามตารางที่ 5-8 ถ้าตัวนำเส้นที่มีกระแสไหลรวมกันแล้วไม่เกิน 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) หมายเลขตารางที่อ้างถึงในตาราง เป็นหมายเลขตารางตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ พ.ศ.2556 ซึ่งนำมาลงไว้ในภาคผนวก A*

2) ตารางที่ 5-30 & 5-32 สำหรับรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบระบายอากาศ และ แบบบันได

3) ตารางที่ 5-30(ก) & 5-32(ก) สำหรับรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ

4) ตารางที่ 5-31 & 5-33 สำหรับรางเคเบิลมีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ แบบระบายอากาศ และแบบบันได

รูปแบบการติดตั้ง แบ่งเป็น 7 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินช่องเดินสายโลหะหรืออโลหะ ภายในฝ้าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อน หรือผนังกันไฟ

กลุ่มที่ 2 สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในช่องเดินสายโลหะหรืออโลหะเดินเกาะผนังหรือเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกัน

กลุ่มที่ 3 สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินเกาะผนัง หรือเพดาน ที่ไม่มีสิ่งปิดหุ้มหรือที่คล้ายกัน

กลุ่มที่ 4 สายเคเบิลแกนเดียวหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก วางเรียงกันแบบมีระยะห่าง เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ

กลุ่มที่ 5 สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะฝังดิน

กลุ่มที่ 6 สายแกนเดียว หรือหลายแกน หุ้มฉนวน มีเปลือกนอก ฝังดินโดยตรง

กลุ่มที่ 7 สายเคเบิลแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก วางบนรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ รางเคเบิลแบบระบายอากาศ หรือรางเคเบิลแบบบันได

การปรับค่า ค่ากระแสที่อ่านได้จากตารางอาจจะต้องปรับค่า เนื่องจากจำนวนวงจรในช่องเดินสายเดียวกัน (C_g) มากกว่า 1 และปรับค่าเนื่องจากอุณหภูมิโดยรอบที่สายไฟฟ้าติดตั้งใช้งาน (C_a) ต่างจากค่าที่กำหนดไว้บนหัวตาราง กรณีที่เลือกตารางขนาดกระแสได้แล้ว ที่หมายเหตุต่อท้ายตารางจะบอกว่าจะปรับค่า C_g และ C_a ด้วยค่าจากตารางที่เท่าไร (ตารางในภาคผนวก A)

ตัวอย่างที่ 2.1 วงจรไฟฟ้าวงจรหนึ่งเป็นวงจร 1 เฟส 230 V จ่ายไฟให้โหลดไฟฟ้าแสงสว่างคำนวณกระแสได้ 12 A เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 16 A ใช้สายไฟฟ้าชนิด 60227 IEC 01 (หรือ IEC 01) เดินร้อยท่อโลหะเกาะผนัง ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า คิดที่อุณหภูมิโดยรอบ 40°C

วิธีทำ

1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n)

   ได้ I_n = 16 A

2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย

   เป็นสาย PVC การเดินสายกลุ่มที่ 2

3. เลือกตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

   จากตารางที่ 2.11 ได้ตารางขนาดกระแสตารางที่ 5-20 (ภาคผนวก A)

4. กำหนดตัวคูณปรับค่า (C_a & C_g)

   C_a = จากหมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-20 ปรับค่าด้วยตารางที่ 5-43 (อุณหภูมิ 40°C ไม่ปรับค่า) ได้ = 1

   C_g = จากหมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-20 ปรับค่าด้วยตารางที่ 5-8 (1 กลุ่มวงจร ไม่ปรับค่า) ได้ = 1

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

   $I_t \geq 16/(1 \times 1) \geq 16$ A

   จากตารางที่ 5-20 ลักษณะการติดตั้งกลุ่มที่ 2 วงจร 1 เฟส (ดูที่จำนวนตัวนำกระแส 2 เส้น) ช่องสายแกนเดียว ค่ากระแสที่อ่านได้จากตารางต้องไม่ต่ำกว่า 16 A ค่าที่ได้คือ 21 A จะได้ขนาดสาย (คอลัมน์แรก) 2.5 ตร.มม.

   จะได้สาย IEC 01 ขนาด 2.5 ตร.มม. เดินร้อยท่อโลหะเกาะผนัง

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

อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในท่อร้อยสายในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัว	แกนเดียว	พลายแกน	แกนเดียว	พลายแกน	แกนเดียว	พลายแกน	แกนเดียว	พลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC		AC หรือ DC		AC	
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	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 สายทนไฟ สายไร้ฮาโลเจน และ สายควันน้อย เป็นต้น							
ขนาดสาย (ตร.มม.)	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)

1. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43

2. ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ในท่อร้อยสาย ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-8

3. สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันไม่เกิน 1.5 kV.

ตัวอย่างที่ 2.2 วงจรไฟฟ้า 1 เฟส 230 V จำนวน 2 วงจร วงจรแรกต่อจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 32 A วงจรที่ 2 ต่อจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 40 A ใช้สายไฟฟ้าชนิด NYY 2 แกน เดินรวมในท่อเดียวกัน ท่อเดินเกาะผนัง ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของแต่ละวงจร กำหนดให้อุณหภูมิโดยรอบสถานที่ติดตั้งสายไฟฟ้าเท่ากับ 45°C

วิธีทำ

1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n)

   ได้ I_n = 32 A และ 40 A

2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย

   เป็นสาย PVC การเดินสายกลุ่มที่ 2

3. 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 ช่องสายหลายแกน 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 ช่องสายหลายแกน ค่ากระแสที่อ่านได้จากตารางต้องไม่ต่ำกว่า 55 A ค่าที่ได้คือ 60 A จะได้ขนาดสาย 16 ตร.มม.

ตัวอย่างที่ 2.3 หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 630 kVA ด้านแรงต่ำใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 800 A (การกำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ดูเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า) ใช้สาย NYY ชนิดแกนเดียวเดินบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศไปยัง MDB ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า กำหนดให้ใช้สายเฟสละ 3 เส้น สายวางเรียงชิดติดกัน อุณหภูมิโดยรอบสถานที่ติดตั้ง 40°C

วิธีทำ

1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n)

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 ที่ช่องรางเคเบิลแบบระบายอากาศ จำนวนกลุ่มวงจรต่อรางเคเบิลเท่ากับ 3 ได้ = 0.87

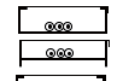
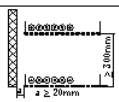
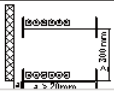
5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $I_t \geq I_n/(C_a \times C_g)$

$I_t \geq 800/3/(1 \times 0.87)$ ≥ 307 A (ดูหมายเหตุ)

จากตารางที่ 5-30 ช่องสายแกนเดียวสายวางชิดติดกัน ค่ากระแสที่อ่านได้จากตารางต้องไม่ต่ำกว่า 307 A ค่าที่ได้คือ 324 A จะได้ขนาดสาย 150 ตร.มม. (324 A) เฟสละ 3 เส้น

หมายเหตุ *ค่ากระแส 800/3 เนื่องจากใช้สายเฟสละ 3 เส้น*

ตารางที่ 5-40 ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสสำหรับสายเคเบิลแกนเดียววางบนรางเคเบิล เป็นกลุ่มตั้งแต่ 1 วงจร ขึ้นไป

วิธีการติดตั้ง		จำนวนราง เคเบิล	จำนวนกลุ่มวงจรต่อรางเคเบิล						ลักษณะการจัดเรียงเคเบิล
			1	2	3	4	5-6	7-9	
รางเคเบิลมีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ แบบบันไดและแบบระบายอากาศ		1	ดูตารางที่ 5-40(ก) ช่องที่ 2						รูปแบบวางชิดกัน วางแบบสามเหลี่ยม และวางห่างเส้นเว้นเส้น
รางเคเบิลแบบระบายอากาศ (หมายเหตุ 2 และ 6)		1	1.00	0.91	0.87	0.82	0.78	0.77	รูปแบบวางชิดกันในแนวนอน
		2	0.96	0.87	0.81	0.78	0.74	0.69	
		3	0.95	0.85	0.78	0.75	0.70	0.65	
รางเคเบิลแบบระบายอากาศวางแนวตั้ง (หมายเหตุ 3 และ 6)		1	1.00	0.86	0.80	0.75	0.71	0.70	รูปแบบวางชิดกันในแนวตั้ง
		2	0.95	0.84	0.77	0.72	0.67	0.66	
รางเคเบิลแบบบันได (หมายเหตุ 2และ 6)		1	1.00	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	รูปแบบวางชิดกันในแนวนอน
		2	0.98	0.93	0.89	0.88	0.86	0.83	
		3	0.97	0.90	0.86	0.83	0.80	0.77	

หมายเหตุ *(ตารางที่ 5-40)*

1. ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการวางสายไฟฟ้าเป็นกลุ่มชั้นเดียว หรือวางชิดติดกันเป็นกลุ่มรูปสามเหลี่ยมเท่านั้น

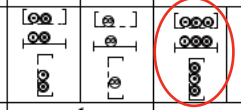
2. ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิลในแนวนอนที่มีระยะห่างระหว่างรางเคเบิลในแนวดิ่ง ไม่น้อยกว่า 300 มม. และติดตั้งรางเคเบิลห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 20 มมเท่านั้น

3. ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิลในแนวดิ่งที่มีระยะห่างระหว่างรางเคเบิลในแนวราบ ไม่น้อยกว่า 225 มมเท่านั้น

4. กรณีที่จำนวนรางเคเบิลมากกว่า 1 ราง ตัวคูณปรับค่าให้คิดจากรางเคเบิลที่มีกลุ่มวงจรมากที่สุด

5. จำนวนรางเคเบิล 1 ราง และกลุ่มวงจรมากกว่า 9 ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าชั้นเดียวกับ 9 วงจร

ตารางที่ 5-30 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบระบายอากาศหรือรางเคเบิลแบบขั้นได

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7						
จำนวนตัวนำกระแส	2		3				
ลักษณะตัวนำ	แกนเดียว	พลายแกน	แกนเดียว				พลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง							
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC				
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น						
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (A)						
1	-	15	-	-	-	-	13
1.5	-	19	-	-	-	-	16
2.5	-	26	-	-	-	-	22
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

ข้อสังเกต *ในหมายเหตุต่อท้ายตารางที่ 5-40 หมายเหตุที่ 5 กำหนดให้จำนวนกลุ่มวงจรที่มากกว่า 9 วงจร ให้ใช้ตัวปรับค่าเช่นเดียวกับ 9 กลุ่มวงจร (ใช้ได้กับรางระบายอากาศและรางแบบขั้นไดที่สายวางเรียงชิดติดกันเท่านั้น)*

ตัวอย่างที่ 2.4 จากตัวอย่างที่ 2.3 ถ้าอุณหภูมิโดยรอบสถานที่ติดตั้งเปลี่ยนเป็น 45°C ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า

วิธีทำ

1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n) 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 = 0.91

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

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

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

จากตารางที่ 5-30 ช่องสายแกนเดียวสายวางชิดติดกัน ค่ากระแสที่อ่านได้จากตารางต้องไม่ต่ำกว่า 337 A ค่าที่ได้คือ 371 A จะได้ขนาดสาย 185 ตร.มม. เฟสละ 3 เส้น

ตัวอย่างที่ 2.5 วงจรไฟฟ้า 1 เฟส 230 V จำนวน 2 วงจร วงจรแรกต่อจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 32 A วงจรที่ 2 ต่อจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 40 A ใช้สายไฟฟ้าชนิด NYY 2 แกน เดินรวมในรางเดินสาย (wireways) เดียวกัน ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของแต่ละวงจร กำหนดให้อุณหภูมิโดยรอบสถานที่ติดตั้งสายไฟฟ้าเท่ากับ 40°C

วิธีทำ

1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n) ได้ I_n = 32 A และ 40 A
2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย

   เป็นสาย PVC เดินในรางเดินสาย (ไม่มีกลุ่ม)
3. เลือกตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

   เนื่องจากการเดินสายในรางเดินสายไม่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1-7 และกำหนดให้ขนาดกระแสของสายใช้ตารางที่ 5-20 กรณีสาย PVC ขนาดกระแสดูจากกลุ่มที่ 2 ช่องตัวนำ 3 เส้น และไม่ต้องปรับค่า C_g
4. กำหนดตัวคูณปรับค่า (C_a & C_g)

   C_a = 1, C_g = 1
5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $I_t \geq I_n/(C_a \times C_g)$

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

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

วงจรที่ 2 $I_t \geq 40/(1 \times 1) \geq 40$ A

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

หมายเหตุ *กรณีเป็นสายแกนเดียวค่ากระแสต้องอ่านจากช่องสายแกนเดียว*

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

อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในท่อร้อยสายในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัว	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC		AC หรือ DC		AC	
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	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 สายทนไฟ สายไร้ฮาโลเจน และ สายควันน้อย เป็นต้น							
ขนาดสาย (ตร.มม.)	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
500	-	-	-	-	545	-	464	-

หมายเหตุ *(ตารางที่ 5-20)*

1. อุณหภูมิโดยรอบที่ต่างจาก 40°C ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-43

2. ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ในท่อร้อยสาย ให้ปรับค่าตามตารางที่ 5-8

3. สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันไม่เกิน 1.5 kV.

บทที่ 2 ชนิดของสายไฟฟ้าและการใช้งาน