บทที่ 3 การเดินสายไฟฟ้า

วิธีเดินสายไฟฟ้า (หรือเดินสาย) มีหลายวิธี ผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ตามความต้องการ มีข้อควรพิจารณาในการเลือกวิธีการเดินสาย ดังนี้

1. กฎหมายและข้อกำหนดของมาตรฐานฯ วิธีการเดินสายจะต้องเป็นไปตามที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ และกฎหมาย การเลือกชนิดของสายไฟฟ้าก็จะต้องสอดคล้องกับวิธีการเดินสายด้วยเช่น การเดินสายฝังดิน สายไฟฟ้าต้องเป็นชนิดที่มาตรฐานฯ อนุญาตให้ฝังดินได้ และอาคารบางประเภทมีข้อกำหนดการเดินสายไว้เฉพาะเช่น อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่พิเศษ โรงภาพยนตร์ สถานประกอบการ และอาคารที่มีสารไวไฟ เป็นต้น

2. ด้านความคงทนหรือความเหมาะสมกับสถานที่ใช้งาน ในสถานที่ที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพจากการใช้งานปกติ ก็จะต้องเลือกวิธีการเดินสายที่ทนต่อความเสียหายได้เช่น ท่อโลหะหนา หรือท่อโลหะหนาปานกลาง เป็นต้น หรือในสถานที่ที่มีการกัดกร่อนสูงจะต้องเลือกวัสดุที่ทนการกัดกร่อนได้ดีเช่น ท่ออโลหะ เป็นต้น

3. ด้านความสวยงาม แต่ละวิธีการเดินสายให้ความสวยงามไม่เท่ากัน บางอาคารก็ให้ความสำคัญด้านความสวยงามมาก การเลือกวิธีเดินสายจึงต้องให้ตรงกับความต้องการด้วย

4. ด้านเศรษฐศาสตร์ ในแต่ละอาคารอาจเลือกวิธีการเดินสายได้หลายวิธีตามความต้องการ ในแต่ละวิธีการเดินสายจะให้ความสวยงามและความคงทนไม่เท่ากัน ค่าลงทุนในการติดตั้งก็ต่างกันด้วย จึงควรต้องนำมาประกอบการพิจารณาด้วย

การเดินสายไฟฟ้าแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. การเดินลอยหรือเดินเปิดบนวัสดุฉนวน
2. การเดินสายในช่องเดินสาย
3. การเดินสายบนรางเคเบิล (cable tray)
4. บัสเวย์หรือบัสดัก

ข้อกำหนดการเดินสายประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ข้อกำหนดทั่วไปในการเดินสาย ซึ่งจะประยุกต์ใช้กับแต่ละวิธีการเดินสายโดยเลือกใช้เฉพาะข้อที่เกี่ยวข้อง และข้อกำหนดสำหรับแต่ละวิธีการเดินสายที่เลือกใช้ ทั้ง 2 ส่วนนี้จะใช้ร่วมกัน

3.1 ข้อกำหนดทั่วไปในการเดินสายไฟฟ้า

3.1.1 การเดินสายฝังดิน แบ่งเป็นการเดินสายฝังดินโดยตรง และการเดินสายร้อยท่อฝังดิน มีข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้

1. ความลึกในการฝังดิน มีหลักการอยู่ว่าการฝังดินถ้ายิ่งลึกก็จะยิ่งลดแรงกระทำจากภายนอกที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับท่อและสายไฟฟ้าได้มาก การฝังดินจึงควรลึกไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตารางที่ 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	สายเคเบิลฝังดินโดยตรง	0.60	0.45	0.15
2	ท่อโลหะหนาและหนาปานกลาง	0.15	0.15	0.10
3	ท่ออโลหะซึ่งได้รับการรับรองให้ฝังดินโดยตรงได้โดยไม่ต้องมีคอนกรีตหุ้ม (เช่น ท่อ HDPE ท่อ RTRC และ ท่อ PVC)	0.45	0.30	0.10
4	ท่อร้อยสายอื่น ๆ ที่ได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้าฯ	0.45	0.30	0.10

หมายเหตุ *1) ท่อร้อยสายที่ได้รับการรับรองให้ฝังดินได้โดยมีคอนกรีตหุ้มในวิธีที่ 2,3 และ 4 ต้องหุ้มด้วยคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 50 มม.*

2) ใต้แผ่นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 50 มม.

3) ใต้พื้นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 100 มม. และยื่นเลยออกไปจากแนวติดตั้งไม่น้อยกว่า 150 มม.

4) สำหรับทุกวิธี หากอยู่ในบริเวณที่มีรถยนต์วิ่งผ่าน ความลึกต้องไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร

5) การติดตั้งใต้อาคารไม่บังคับเรื่องความลึก

6) ความลึกหมายถึงระยะต่ำสุดวัดจากส่วนบนของสายหรือท่อถึงผิวบนสุดของส่วนปกคลุม

2. การป้องกันสายทางกายภาพ การเดินสายเคเบิลฝังดินโดยตรงสามารถทำได้ตามที่กำหนดในมาตรฐานฯ แต่สายไฟฟ้าต้องเป็นชนิดที่อนุญาตให้เดินฝังดินโดยตรงได้ และส่วนที่โผล่เหนือดินต้องมีการป้องกันทางกายภาพด้วยเครื่องห่อหุ้ม หรือท่อร้อยสาย สูงจากระดับพื้นดินไม่น้อยกว่า 2.40 ม.

3. การกลบทับ วัสดุกลบทับสายหรือท่อร้อยสายต้องไม่มีคม หรือเป็นสิ่งที่ทำให้ผุกร่อน หรือมีขนาดใหญ่จนทำให้สายหรือท่อชำรุดได้

4. การอุดป้องกันความชื้น ท่อร้อยสายซึ่งความชื้นสามารถเข้าไปยังส่วนที่มีไฟฟ้าได้ ต้องอุดที่ปลายใดปลายหนึ่ง หรือทั้งสองปลายของท่อร้อยสายตามความเหมาะสม การอุดปลายสายจะเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมเช่น โฟม หรือ sealing compound ก็ได้

5. การป้องกันฉนวนหรือสายชำรุดจากแผ่นดินทรุด ในกรณีที่มีการเดินสายเคเบิลใต้ดินเข้าไปในอาคาร ต้องมีการป้องกันฉนวนสายชำรุดเนื่องจากดินทรุดซึ่งจะดึงสายจนฉนวนชำรุด หรือสายขาด หรือแม้แต่อุปกรณ์ที่สายจับยึดอยู่ก็อาจถูกดึงจนชำรุดได้ การป้องกันอาจใช้วิธีปล่อยสายให้หย่อนไว้ให้มีความยาวเหลือเผื่อไว้บ้างเช่นในบ่อพักสาย หรือที่ปลายสายด้านใดด้านหนึ่ง กรณีที่แผ่นดินทรุดจะได้ดึงสายส่วนที่เผื่อไว้นี้ได้

6. การต่อสายใต้ดิน สายที่เดินฝังดินสามารถต่อได้โดยใช้อุปกรณ์ต่อสายและวิธีการต่อสายที่ถูกต้องชนิดที่สามารถฝังดินได้

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการต่อสายใต้ดิน

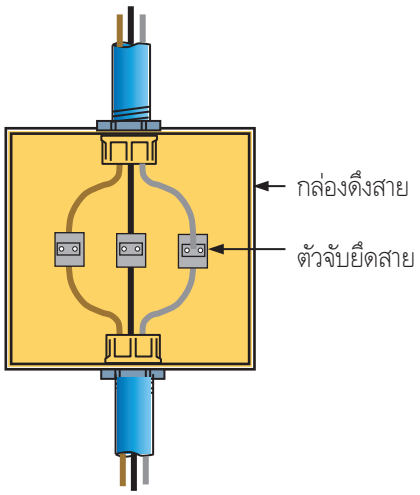
3.1.2 การป้องกันการผุกร่อน ท่อร้อยสาย เกราะหุ้มสายเคเบิล (cable armor) เปลือกนอกของสายเคเบิล กล่อง ตู้ ข้องอ (elbow) ข้อต่อ (coupling) และเครื่องประกอบการเดินท่ออื่น ๆ ต้องใช้วัสดุที่เหมาะสมหรือมีการป้องกันที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่สิ่งนั้นติดตั้งอยู่ การป้องกันการผุกร่อนต้องทำทั้งภายในและภายนอกบริภัณฑ์ โดยการเคลือบด้วยวัสดุที่ทนต่อการผุกร่อน เช่น สังกะสี แคดเมียม หรือ อีนาเมล (enamel) ในกรณีที่มีการป้องกันการผุกร่อนด้วยอีนาเมล ไม่อนุญาตให้ใช้ในสถานที่เปียก หรือภายนอกอาคาร

3.1.3 การจับยึดสายในแนวดิ่ง ปัจจุบันมีอาคารสูงเป็นจำนวนมาก การติดตั้งสายไฟฟ้าในแนวดิ่ง น้ำหนักของสายอาจทำให้จุดจับยึดสายด้านบนหรือฉนวนของสายไฟฟ้าชำรุดได้ สายไฟฟ้าในช่องเดินสายแนวดิ่งจึงต้องมีการจับยึดที่ปลายบนสุดของช่องเดินสาย และจับยึดเพิ่มอีกเป็นระยะ ๆ ห่างไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 3.2 แต่ถ้าระยะตามแนวดิ่งน้อยกว่าร้อยละ 25 ของระยะที่กำหนดในตารางที่ 3.2 ไม่ต้องจับยึดก็ได้

วัสดุและวิธีการจับยึดเลือกได้ตามความเหมาะสม แต่ต้องระวังไม่ให้ฉนวนของสายชำรุด เช่น ในการเดินสายร้อยท่ออาจจับยึดที่กล่องดึงสายตามที่แสดงในรูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้จับยึดควรเป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่เป็นสารแม่เหล็ก และไม่เป็นวัสดุที่ทำความเสียหายให้กับฉนวนของสายไฟฟ้า

ตารางที่ 3.2 ระยะห่างสำหรับการจับยึดสายไฟฟ้าในแนวดิ่ง

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



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการจับยึดสายแนวดิ่ง

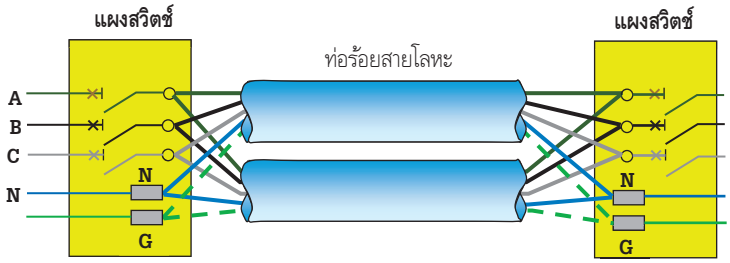
3.1.4 การป้องกันความร้อนจากกระแสเหนี่ยวนำ เมื่อมีไฟฟ้ากระแสสลับไหลในสายไฟฟ้าซึ่งล้อมรอบด้วยวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็กเช่น ท่อ RSC, IMC และรางเดินสาย จะเกิดสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำท่อเหล็กหรือรางเดินสายทำให้เกิดความร้อน จึงต้องมีการป้องกันดังนี้

1. โดยการรวมสายเส้นไฟทุกเส้นและตัวนำนิวทรัล (ถ้ามี) รวมทั้งสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าของวงจรเดียวกันไว้ในท่อหรือช่องเดินสายเดียวกัน หากติดตั้งในรางเดินสาย (wireways) หรือรางเคเบิล (cable trays) ให้วางเป็นกลุ่มเดียวกัน

ในการเดินสายควบและใช้ท่อร้อยสายหลายท่อในแต่ละท่อร้อยสายต้องมีครบทั้งสายเส้นไฟ ตัวนำนิวทรัล และสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

2. เมื่อสายเดี่ยวของวงจรเดินผ่านโลหะที่มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็ก จะต้องร้อยในรูเดียวกัน หรือโดยการตัดร่องให้แต่ละรูทะลุถึงกัน

เมื่อสายไฟฟ้าของวงจรเดียวกันเดินรวมในช่องเดินสายเดียวกัน สนามแม่เหล็กจะหักล้างกันเป็นศูนย์ จะไม่เกิดความร้อนจากการเหนี่ยวนำ



รูปที่ 3.3 การป้องกันความร้อนจากกระแสเหนี่ยวนำ
(ตัวอย่าง กรณีเดินสายควบ)

รูปที่ 3.4 การเดินสายที่เกิดความร้อนจากกระแสเหนี่ยวนำ
(ตัวอย่างที่ผิด)

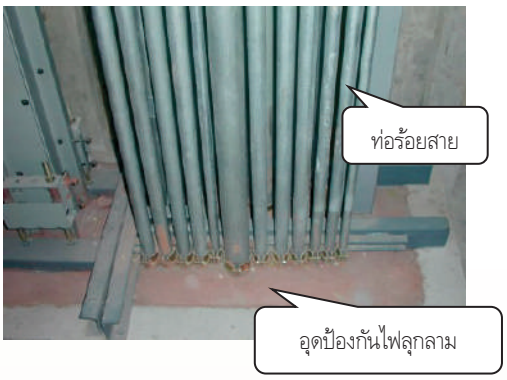
3.1.5 การเดินสายควบ สายไฟฟ้าที่เดินควบต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม. เป็นสายชนิดเดียวกัน ขนาดเดียวกัน ความยาวเท่ากัน และใช้วิธีต่อสายเหมือนกัน เพื่อให้ความต้านทานของสายไฟฟ้าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อลดโอกาสที่กระแสไฟฟ้าไหลในสายแต่ละเส้นของเฟสเดียวกันไม่เท่ากัน สายขนาดเล็กกว่า 50 ตร.มม.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

โดยทั่วไปการเดินสายจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปยัง MDB จะใช้สายไฟฟ้าหลายชุดหรือเฟสละหลายเส้นเรียกว่าการเดินสายควบ ปัญหาที่มักพบคือกระแสไฟฟ้าจะแบ่งไหลในสายแต่ละเส้นของเฟสเดียวกันไม่เท่ากัน สาเหตุจากสายแต่ละเส้นมีอิมพีแดนซ์ไม่เท่ากัน อิมพีแดนซ์ประกอบด้วยค่าความต้านทานของสายไฟฟ้า (R) และค่ารีแอกแตนซ์ (X_L)

สำหรับค่ารีแอกแตนซ์เกิดจากการจัดเรียงสายไฟฟ้า การจัดเรียงสายเป็นกลุ่มตามที่กำหนดในแต่ละวิธีการเดินสายจะช่วยให้ค่ารีแอกแตนซ์ใกล้เคียงกัน กระแสที่ไหลในแต่ละเส้นของเฟสเดียวกันก็จะใกล้เคียงกันด้วย

การที่กระแสไฟฟ้าแบ่งไหลในสายแต่ละเส้นของเฟสเดียวกันไม่เท่ากัน จะเป็นผลให้สายเส้นที่มีกระแสไหลมากอาจ overload จนเสื่อมสภาพเร็ว หรือชำรุดได้

3.1.6 การป้องกันไฟลุกลาม มักพบว่าเมื่อเกิดเพลิงไหม้อาคาร ควันจะเล็ดลอดไปตามช่องหรือรูไปยังห้องที่ไฟยังลามไปไม่ถึง และเป็นสาเหตุให้เสียชีวิตจากการขาดอากาศหายใจได้ ดังนั้นการติดตั้งทางไฟฟ้าที่ผ่านผนัง ฉากกั้น พื้น เพดาน หรือช่องท่อไฟฟ้า (shaft) จะต้องมีการป้องกันไม่ให้ไฟลุกลามผ่าน หรือควันเล็ดลอดผ่านได้ ทำได้โดยการอุดด้วยวัสดุที่เหมาะสมและทนไฟได้ไม่ต่ำกว่าตัวโครงสร้างอาคารบริเวณที่สายไฟฟ้าเดินผ่าน

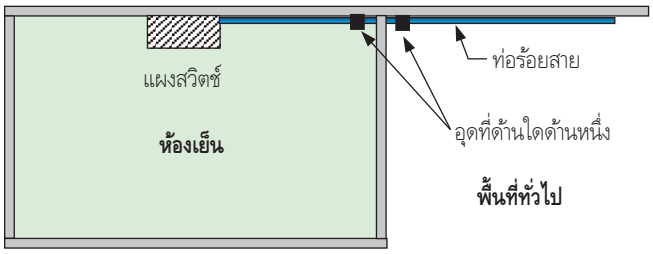


รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการป้องกันไฟลุกลาม

3.1.7 การป้องกันการควบแน่น เมื่อเดินช่องร้อยสายผ่านพื้นที่ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันมากเช่น การเดินท่อร้อยสายเข้าหรือออกจากห้องเย็น ต้องมีการป้องกันการไหลเวียนของอากาศภายในท่อ จากส่วนที่มีอุณหภูมิสูงไปส่วนที่มีอุณหภูมิเย็นกว่า เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความควบแน่นเป็นหยดน้ำภายในท่อ การป้องกันทำได้โดยการอุดท่อตรงจุดที่ผ่านเข้า-ออกห้องเย็นด้านในหรือนอกห้องก็ได้

เนื่องจากอากาศในห้องเย็นมีอุณหภูมิต่ำมาก อากาศในท่อซึ่งมีความชื้นจะควบแน่นเป็นหยดน้ำและถ้าอากาศจากภายนอกไหลเข้ามาได้เรื่อย ๆ หยดน้ำก็จะมากขึ้นจนไหลตามท่อเข้าไปในอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

การอุดท่อร้อยสายทำได้หลายวิธีตามความเหมาะสมเช่น ติดตั้งกล่องต่อสายหรือกล่องดึงสายตรงจุดที่ผ่านผนังห้องด้านในห้องหรือนอกห้องก็ได้ แล้วอุดท่อด้วยโฟม หรือ sealing compound เพื่อป้องกันการไหลเวียนของอากาศ (ดูรูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 การซีลเพื่อป้องกันการไหลเวียนของอากาศ

3.2 การเดินสายเปิดหรือเดินลอยบนวัสดุฉนวน (Open Wiring on Insulator)

เป็นการเดินสายเกาะบนลูกถ้วยไฟฟ้า ปกติจะใช้เดินภายนอกอาคารที่สูงพ้นจากการสัมผัสโดยใช้ตุ้มหรือลูกถ้วยเพื่อการจับยึดสาย แต่อาจใช้เดินภายในอาคารได้สำหรับอาคารบางประเภท

รูปที่ 3.7 การเดินสายลอยบนวัสดุฉนวน

การใช้งาน

- ต้องใช้สายแกนเดียวหุ้มฉนวน ไม่ปิดบังด้วยโครงสร้างอาคาร
- เดินภายนอกอาคาร
- การเดินภายในอาคารทำได้เฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม งานเกษตรกรรม และงานแสดงสินค้าเท่านั้น

การติดตั้งใช้งาน

- การเดินสายในที่ชื้น เปียก หรือที่มีไอทำให้ผุกร่อน ต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับสายไฟฟ้า
- ลูกตุ้มหรือลูกถ้วยต้องเป็นชนิดที่เหมาะสม การจับยึดต้องใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม มีความมั่นคง แข็งแรง และไม่ทำให้ฉนวนของสายชำรุด
- หลีกเลี่ยงการใช้เสาเหล็กเนื่องจากอาจเกิดไฟรั่วที่เป็นอันตราย แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้ต้องต่อลงดินด้วย เสาไฟฟ้าต้องแข็งแรงเพียงพอ
- หลีกเลี่ยงการยึดติดกับโครงสร้างเหล็กของอาคาร เนื่องจากอาจเกิดไฟรั่วลงโครงเหล็กและเป็นอันตรายกับผู้อาศัยในอาคารได้
- หลีกเลี่ยงการต่อสายที่ต้องรับแรงดึง แต่ถ้าจำเป็นต้องมีวิธีการและใช้อุปกรณ์ต่อสายที่มีความแข็งแรง ไม่หลุดหรือขาดง่าย และไม่ดึงสายตึงจนเกินไป
- อุปกรณ์จับยึดปลายสายต้องเลือกให้เหมาะสมกับสายไฟฟ้า

- สายไฟฟ้าต้องไม่เสียดสีกับอาคารหรือต้นไม้

- ระบบแรงสูง ต้องเข้าถึงได้เฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น การติดตั้งบนเสาไฟฟ้าที่มีความสูงตามมาตรฐานถือว่าพ้นจากการเข้าถึง

- 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
ทางสัญจรและพื้นที่ที่จัดไว้ให้รถยนต์ผ่าน แต่ไม่ใช่รถบรรทุก	2.90	4.60
ทางสัญจรและพื้นที่อื่น ๆ ที่ให้ทั้งรถยนต์และรถบรรทุกผ่านได้	5.50	6.10
คลองหรือแหล่งน้ำ กว้างไม่เกิน 50 ม. ปกติมีเรือสูงไม่เกิน 4.9 ม. ผ่าน	6.80	7.70
คลองหรือแหล่งน้ำที่ไม่มีเรือแล่นผ่าน	4.30	5.20

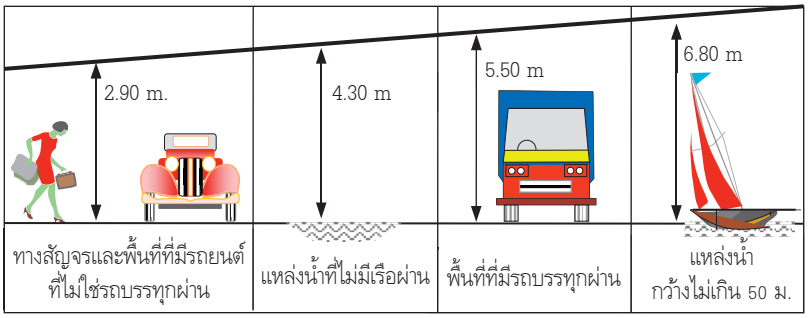
ตารางที่ 3.4 ระยะห่างของสายไฟฟ้าจากอาคาร (ระบบแรงสูง)

ระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้ากับอาคารตามชนิดของสายไฟฟ้า	ระยะห่างต่ำสุด (ม.)		
	เปลือย	APC (PIC)	ASC (SAC)
■ กับผนังและส่วนของอาคารปิดหรือมีการกั้น	1.50	0.60	0.30
■ กับหน้าต่าง เฉลียง ระเบียง หรือบริเวณที่คนเข้าถึงได้	1.80	1.50	0.90
■ อยู่เหนือหรือใต้หลังคา หรือส่วนของอาคารที่ไม่มีคน	3.00	3.00	1.10
■ อยู่เหนือหรือใต้ระเบียง และหลังคาที่มีคน หรือเข้าถึงได้	4.60	4.60	3.50
■ เหนือหลังคา หรือสะพานลอยคนเดินข้ามถนน	3.00	3.00	1.10

หมายเหตุ

1. APC (PIC) หมายถึง สายหุ้มฉนวนแรงสูงไม่เต็มพิกัด

2. ASC (SAC) หมายถึง สายหุ้มฉนวนแรงสูง 2 ชั้นไม่เต็มพิกัด



รูปที่ 3.9 ความสูงของสายไฟฟ้า ระบบแรงต่ำ

3.3 การเดินสายในช่องเดินสาย

ช่องเดินสาย (Raceway) หมายถึง ช่องปิดซึ่งออกแบบเฉพาะสำหรับการเดินสายไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้า

ช่องเดินสายอาจเป็นโลหะหรือวัสดุฉนวน รวมทั้งท่อโลหะหนา ท่ออโลหะหนา ท่อโลหะ

หนาปานกลาง ท่อโลหะอ่อนกันของเหลว ท่อโลหะอ่อนบาง ท่อโลหะอ่อนหนา ท่ออโลหะอ่อน ท่อโลหะบาง ช่องเดินสายบนพื้นผิว รางเดินสาย (รางเคเบิลไม่ถือว่าเป็นช่องเดินสาย) ช่องเดินสายจึงทำหน้าที่ ดังนี้

- ใช้เป็นช่องทางเดินของสายไฟฟ้า
- ป้องกันสายไฟฟ้าจากความเสียหายทางกายภาพ
- ป้องกันอันตรายจากการสัมผัสสายไฟฟ้าที่ฉนวนอาจชำรุด (ไฟฟ้าดูด)
- ป้องกันการลุกลามไฟกรณีที่สายไฟฟ้าที่เดินในช่องเดินสายเกิดลุกไหม้เช่น จากการลัดวงจร เพราะสามารถควบคุมปริมาณออกซิเจนที่จะเข้ามาจากภายนอก
- เพิ่มความสวยงามและความสะดวกในการเดินสายไฟฟ้า

3.3.1 การเดินสายในท่อโลหะ

ท่อโลหะที่นิยมใช้ทั่วไปจะเป็นท่อเหล็กชุบสังกะสี มีดังนี้

1. ท่อโลหะหนา (rigid steel conduit) เรียกกันทั่วไปว่า 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 และใช้ป้องกันทางกลได้ดีเช่นเดียวกับท่อโลหะหนาแต่บางกว่า สามารถใช้ทดแทนกันได้ มีขนาดตั้งแต่ 15 มม. (1/2 นิ้ว) ถึง 100 มม. (4 นิ้ว) มีความยาว 3.0 ม.

3. ท่อโลหะบาง (electrical metallic tubing) เป็นท่อที่มีความหนาน้อยสุด จึงห้ามทำเกลียวเพราะจะทำให้ท่อขาดได้ การติดตั้งสามารถดัดโค้งได้ด้วยเครื่องมือ ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ ห้ามเดินฝังดินโดยตรง และห้ามใช้ในระบบฟ้าแรงสูง 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.

จำนวนสายไฟฟ้าที่ร้อยในท่อ จำนวนสายไฟฟ้าที่ร้อยในท่อมีความสำคัญมากเพราะเกี่ยวข้องกับขนาดกระแสของสายไฟฟ้า การระบายอากาศ และการดึงสาย สายไฟฟ้าที่ร้อยในท่อจึงต้องไม่มากเกินไป โดยคิดจากพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือก (ถ้ามี) ของสายไฟฟ้าทุกเส้นที่ร้อยในท่อเทียบกับพื้นที่หน้าตัดท่อ ต้องไม่เกินที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.6

ในทางปฏิบัติจะทราบจำนวนและขนาดสายไฟฟ้าที่จะเดินร้อยท่อก่อน แล้วค่อยมาคำนวณหาขนาดท่อร้อยสาย

ตารางที่ 3.5 ขนาดพื้นที่หน้าตัดภายในของท่อร้อยสาย (มอก.770-2533)

ขนาด		พื้นที่ภาคตัดขวางภายใน (ตร.มม.)		
มม.	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	-	-

ตารางที่ 3.6 พื้นที่หน้าตัดสูงสุดรวมของสายไฟฟ้าทุกเส้น คิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

จำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย	1	2	3	4	มากกว่า 4
สายไฟฟ้าทุกชนิด ยกเว้น สายชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม	53	31	40	40	40
สายไฟชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม	55	30	40	38	35

ตารางที่ 3.7 พื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสายคิดเป็นร้อยละ

ขนาดท่อ		พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)	พื้นที่หน้าตัดเป็นร้อยละ (ตร.มม.)		
(มม.)	นิ้ว		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 ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระบุ ∅15 มม. ขนาดจริงอาจแตกต่างจากพื้นที่หน้าตัดที่หาได้จากตารางที่ 3.5*

การติดตั้งใช้งาน

- เมื่อใช้งานในสถานที่เปียก หรือฝังดิน ท่อโลหะและส่วนประกอบที่ใช้ยึดท่อโลหะ เช่น โบลต์ สกรู ฯลฯ ต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้เช่น ชุบสังกะสี หรือใช้วัสดุชนิดที่ทนการกัดกร่อน เป็นต้น

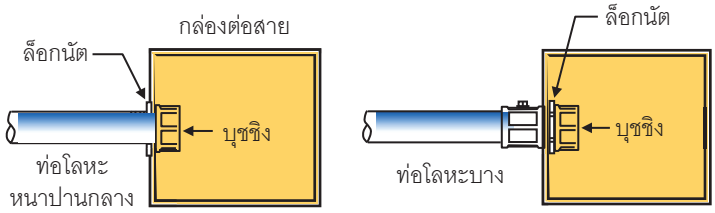
- เมื่อตัดปลายท่อออก ต้องลบคมเพื่อป้องกันไม่ให้บาดฉนวนของสายเมื่อทำการร้อยสายไฟฟ้า

- การทำเกลียวท่อ ต้องใช้เครื่องทำเกลียวชนิดปลายเรียวเพื่อให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่ดี และป้องกันน้ำเข้าท่อ

- การต่อท่อในอิฐก่อหรือคอนกรีต หากใช้ข้อต่อชนิดไม่มีเกลียวต้องใช้เป็นชนิดฝังในคอนกรีต เมื่อติดตั้งในสถานที่เปียกต้องใช้ชนิดกันฝน

- การต่อสาย ทำได้เฉพาะในกล่องต่อสาย หรือกล่องต่อจุดไฟฟ้าที่เปิดออกได้สะดวก และห้ามต่อสายในท่อร้อยสายเพราะอาจเกิดอันตรายจากไฟดูดเนื่องจากฉนวนที่หุ้มจุดต่อสายหลุด และจุดต่อสายอาจหลวมหรือหลุดจากการร้อยสายได้

- การติดตั้งท่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสายหรือเครื่องประกอบการเดินท่อ ต้องมีบุชชิ่งเพื่อป้องกันมิให้ฉนวนหุ้มสายชำรุด นอกเสียจากว่ากล่องต่อสายและเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบเพื่อป้องกันการชำรุดของฉนวนไว้แล้ว



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างการใช้บุชชิงเมื่อเดินท่อเข้ากล่องต่อสาย

- มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา เพื่อให้สามารถร้อยสายเข้าและดึงออกได้สะดวกเพื่อการบำรุงรักษา จุดดึงสายคือจุดเปิดที่สามารถร้อยสายเข้าหรือดึงสายออกได้อาจเป็นกล่องต่อสาย กล่องดึงสาย ข้อต่อเปิดชนิด LB, LL, และ LR เป็นต้น

รูปที่ 3.11 ตัวอย่างข้อต่อเปิดชนิดต่าง ๆ

- ในการติดตั้งใช้งาน ต้องเดินระบบท่อให้เสร็จก่อนจึงร้อยสายไฟฟ้า เพื่อทดสอบว่าสามารถร้อยสายและดึงสายออกได้

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

- ท่อร้อยสายต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าอย่างดีโดยตลอด เพื่อให้ระบบการต่อลงดินทำงานได้ดีตามที่ออกแบบไว้ ตัวท่อต้องต่อลงดินแต่ห้ามใช้ท่อแทนสายดิน

รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการจับยึดท่อ

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- จำนวนสายไฟฟ้าต้องไม่เกินที่กำหนดในตารางข้างต้น การเดินสายหลายเส้นจะต้องปรับลดขนาดกระแสของสายด้วย

- สายที่เดินร้อยท่อในแนวดิ่ง ต้องมีการจับยึดสายด้วย

- การเดินสายร้อยท่อเหล็ก ต้องระวังเรื่องการเกิดความร้อนจากกระแสเหนี่ยวนำ เนื่องจากในท่อเดียวกันมีสายของวงจรเดียวกันไม่ครบทุกเส้น (เส้นไฟ เส้นศูนย์ และสายดิน) หรือการร้อยสายเฟสละท่อเพื่อความสะดวกในการแยกเฟส ซึ่งไม่ถูกต้อง

- ท่อที่เดินผ่านผนังหรือพื้น ต้องมีการป้องกันไฟลุกลามด้วย

- การเดินท่อผ่านเข้าห้องที่มีอุณหภูมิต่างกันมาก ต้องระวังการเกิดการควบแน่นโดยการซีลท่อด้วย

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

วิธีทำ

จากตารางผู้ผลิต (หรือภาคผนวก)

สาย IEC 01 ขนาด 16 ตร.มม. มีพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวน = 47.8 ตร.มม.

สาย IEC 01 ขนาด 4 ตร.มม. มีพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวน = 16.6 ตร.มม.

รวมพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า = (47.8×3) + 16.6 = 160 ตร.มม.

ตารางที่ 3.6 พื้นที่หน้าตัดรวมของสายต้องไม่เกิน 40% ของพื้นที่หน้าตัดท่อ

พื้นที่หน้าตัดท่อ $\geq 160/0.4$ ≥ 400 ตร.มม.

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ $\geq \sqrt{\frac{(4\times400)}{\pi}}$ ≥ 22.57 มม.

ใช้ท่อ ∅25 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. ซึ่งตรงกับขนาดท่อ 25 มม.

ตารางที่ 3.7 พื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสายคิดเป็นร้อยละ

ขนาดท่อ		พื้นที่หน้าตัด	พื้นที่หน้าตัดเป็นร้อยละ (ตร.มม.)		
(มม.)	นิ้ว	(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

3.3.2 การเดินสายร้อยท่ออโลหะ

ท่ออโลหะที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิดเช่น ท่อ PVC, HDPE และ RTRC เป็นต้น ท่อและเครื่องประกอบการเดินท่อต้องใช้วัสดุที่เหมาะสม ทนต่อความชื้น สภาวะอากาศ และสารเคมี สำหรับท่อที่ใช้เหนือดินต้องมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง (flame retardant) ทนแรงกระแทกและแรงอัด ไม่บิดเบี้ยวเพราะความร้อนภายใต้สภาวะที่อาจเกิดขึ้นเมื่อใช้งาน ในสถานที่ใช้งานซึ่งท่อร้อยสายมีโอกาสถูกแสงแดดโดยตรงต้องใช้ท่อร้อยสายชนิดทนต่อแสงแดด

ท่อที่ใช้ใต้ดินวัสดุที่ใช้ต้องทนความชื้น ทนสารที่ทำให้ผุกร่อนและมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนแรงกระแทกได้โดยไม่เสียหาย ถ้าใช้ฝังดินโดยตรงโดยไม่มีคอนกรีตหุ้มวัสดุที่ใช้ต้องสามารถทนน้ำหนักกดที่อาจเกิดขึ้นภายหลังการติดตั้งได้

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

ข้อเสียของท่อ PVC คือเมื่อลุกติดไฟเช่น เมื่อเกิดเพลิงไหม้อาคาร จะมีควันดำปิดกั้นการมองเห็นและให้แก๊สที่เป็นกรดสารพิษไดออกซินที่เป็นอันตรายเมื่อสูดดมเข้าในร่างกาย และมีไฮโดรเจนคลอไรด์ซึ่งเมื่อผสมกับความชื้นในปอดจะมีฤทธิ์ทำลายเนื้อเยื่อ และถ้าผสมน้ำจะเป็นกรดไฮโดรคลอริกซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการฝังในผนังปูน ท่อชนิดนี้จึงมี

ข้อจำกัดในการใช้งานในบางสถานที่ โดยเฉพาะอาคารที่มีผู้คนอยู่อาศัยจำนวนมาก และอาคารที่เมื่อเกิดเพลิงไหม้แล้วต้องใช้เวลาในการหนีไฟนาน

HDPE (High Density Polyethylene) มีความเหนียว ยืดหยุ่น ทนต่อสภาวะอากาศและทนการกัดกร่อนของกรดและด่างได้ดี มีน้ำหนักเบา และเป็นฉนวนไฟฟ้า แต่ไม่ต้านเปลวเพลิง เหมาะสำหรับการเดินฝังดิน จึงห้ามใช้เหนือดินในอาคาร แต่อนุญาตให้ใช้เหนือดินภายนอกอาคารได้โดยต้องหุ้มด้วยคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 50 มม. ปกติมีสีดำมีทั้งชนิดผิวเรียบและลูกฟูก 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 สามารถใช้ได้ทั้งเหนือดินและใต้ดินในระบบแรงต่ำและแรงสูง ปัจจุบันนิยมใช้งานมากขึ้น ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 110°C (หรือตามที่ผู้ผลิตกำหนด)

การใช้งาน

ท่อ PVC และ RTRC

- เดินซ่อนในผนัง พื้นและเพดาน
- ในบริเวณที่ทำให้เกิดการผุกร่อนและเกี่ยวข้องกับสารเคมี ถ้าท่อและเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบไว้สำหรับใช้งานในสภาพดังกล่าว
- ในที่เปียกหรือชื้นซึ่งได้จัดให้มีการป้องกันน้ำเข้าไปในท่อ
- ในที่เปิดโล่ง (exposed) ซึ่งไม่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ

ท่อ HDPE

- เหนือดินภายนอกอาคาร โดยมีคอนกรีตหุ้มหนาไม่น้อยกว่า 50 มม.
- ฝังใต้ดิน
- ในบริเวณที่ทำให้เกิดการผุกร่อน และเกี่ยวข้องกับสารเคมี ถ้าท่อและอุปกรณ์ประกอบการเดินสายได้ออกแบบไว้ใช้งานในสถานที่ดังกล่าว

ห้ามใช้

ท่อ PVC และ RTRC

- ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น
- ใช้เป็นเครื่องแขวนและจับยึดดวงโคม
- ในบริเวณที่อุณหภูมิโดยรอบเกิน 50°C
- อุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าพิกัดอุณหภูมิของท่อที่ระบุไว้
- ตามที่ระบุไว้ในบทอื่นที่เกี่ยวข้อง

ท่อ HDPE

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

กรณีเดินสายในสถานที่เฉพาะเช่น สถานบริการ โรงแรม อาคารชุด อาคารสูง และอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ให้ดูข้อกำหนดการใช้งานเพิ่มเติมในแต่ละสถานที่นั้น ๆ ด้วย

จำนวนสายไฟฟ้า จำนวนสายไฟฟ้าในท่อต้องไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 3.6

การติดตั้งใช้งาน

- เมื่อเดินท่อเข้ากล่องหรือส่วนประกอบอื่น ๆ ต้องจัดให้มีบุชชิง หรือมีการป้องกันไม่ให้ฉนวนของสายชำรุด

- มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา

- ต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อนจึงทำการเดินสายไฟฟ้า เพื่อทดสอบว่าสามารถร้อยสายและดึงสายออกได้

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

- การต่อสาย ทำได้เฉพาะในกล่องต่อสาย หรือกล่องต่อจุดไฟฟ้าที่เปิดออกได้สะดวก และห้ามต่อสายในท่อร้อยสาย

- การติดตั้งท่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสายหรือเครื่องประกอบการเดินท่อต้องมีบุชชิ่งเพื่อป้องกันมิให้ฉนวนหุ้มสายชำรุด นอกเสียจากว่ากล่องต่อสายและเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบเพื่อป้องกันการชำรุดของฉนวนไว้แล้ว

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- จำนวนสายไฟฟ้าต้องไม่เกินที่กำหนดในมาตรฐานฯ การเดินสายหลายเส้นจะต้องปรับลดขนาดกระแสของสายด้วย

- สายที่เดินร้อยท่อในแนวดิ่ง ต้องมีการจับยึดสายด้วย

- ท่อที่เดินผ่านผนังหรือพื้น ต้องมีการป้องกันไฟลุกลามด้วย

- การเดินท่อผ่านเข้าห้องที่มีอุณหภูมิต่างกันมาก ต้องระวังการเกิดการควบแน่นด้วยการซีลท่อด้วย

- ท่อ HDPE ห้ามเดินเหนือพื้นภายในอาคารเนื่องจากไม่ต้านเปลวเพลิง

- ท่อ PVC ห้ามเดินในอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ เนื่องจากควันดำปิดกั้นเส้นทางหนีไฟ และเป็นพิษเมื่อสูดดมเข้าไป

- การใช้สายชนิด XLPE ร้อยท่อจะต้องระวังว่าอุณหภูมิใช้งานของท่อต้องไม่ต่ำกว่า 90°C เช่น ห้ามร้อยในท่อ PVC เป็นต้น หรือโดยการลดขนาดกระแสของสายลงเพื่อให้อุณหภูมิของสายไฟฟ้าไม่เกินอุณหภูมิใช้งานของท่อ

- ต้องมีการจับยึดท่ออโลหะแข็งให้มั่นคงตามระยะที่ระบุไว้ตามตารางที่ 3.8 และจับยึดท่อภายในระยะ 1 เมตรจากจุดต่อท่อ กล่องต่อสาย ข้อต่อเปิด

ตารางที่ 3.8 ระยะจับยึดท่ออโลหะแข็ง

ขนาดท่ออโลหะแข็ง (มม.)	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 หรือเพื่อการเดินซ่อนสาย
- ใช้เดินเข้าบริภัณฑ์ไฟฟ้าหรือกล่องต่อสายและความยาวไม่เกิน 1.80 ม.

ห้ามใช้

- ในปล่องลิฟต์หรือปล่องขนของ
- ในห้องแบตเตอรี่ เนื่องจากจะเกิดการผุกร่อนจากไอกรดหรือไอด่าง
- ในบริเวณอันตราย (hazardous area) นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น ถ้าจะใช้ได้ก็จะต้องระบุไว้ในมาตรฐานฯ เรื่องบริเวณอันตรายว่าให้ใช้ได้เท่านั้น

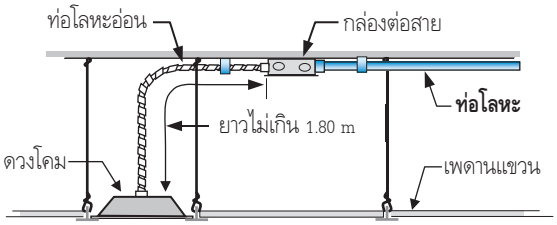
หมายเหตุ *บริเวณอันตรายนี้หมายถึง บริเวณที่มีสารไวไฟพร้อมที่จะเกิดการลุกไหม้ได้*

- ฝังดินหรือฝังในคอนกรีต
- ในสถานที่เปียก นอกจากจะใช้สายไฟชนิดที่เหมาะสมและป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสายที่ท่อโลหะอ่อนต่ออยู่
- ท่อโลหะอ่อนที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม. ยกเว้น ท่อโลหะอ่อนที่ประกอบมากับขั้วหลอดไฟและยาวไม่เกิน 1.80 ม.

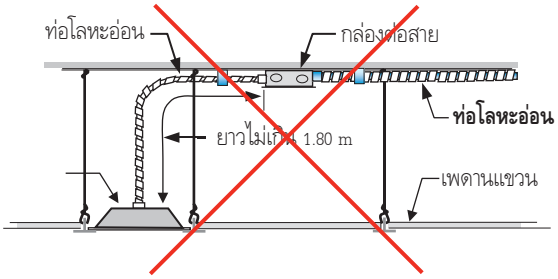
จำนวนสายไฟฟ้า จำนวนสายไฟฟ้าในท่อต้องไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 3.6

การติดตั้งใช้งาน

- มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา
- ท่อร้อยสายต้องต่อลงดิน แต่ห้ามใช้ท่อเป็นตัวนำแทนสายดิน



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างการติดตั้งท่อโลหะอ่อน
(ใช้ต่อจากกล่องต่อสายไปยังดวงโคม)



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างการติดตั้งท่อโลหะอ่อนที่ผิด
(ใช้ท่อโลหะอ่อนแทนท่อโลหะในระบบเดินสายปกติ)

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- จำนวนสายไฟฟ้าต้องไม่เกินที่กำหนดในมาตรฐานฯ การเดินสายหลายเส้นจะต้องปรับลดขนาดกระแสของสายด้วย
- ข้อต่อท่อต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้ได้กับท่อโลหะอ่อนเท่านั้น
- การใช้ท่อโลหะอ่อนแทนการเดินท่อโลหะหรืออโลหะนั้น ไม่ถูกต้อง

3.3.4 การเดินสายร้อยท่อโลหะอ่อนกันของเหลว (Liquid tight Flexible Metal Conduit)

รูปที่ 3.15 ตัวอย่างท่อโลหะอ่อนกันของเหลวและข้อต่อยึด

มีลักษณะเหมือนท่อโลหะอ่อนแต่หุ้มด้วย PVC หรือ PE ตามความต้องการใช้งาน ถ้าใช้ในอาคาร PE ต้องเป็นชนิดต้านเปลวเพลิง มีความยืดหยุ่นได้ดีและกันน้ำได้ ใช้ป้องกันสายไฟจากการขูดขีด ควัน ฝุ่น คราบน้ำ คราบน้ำมัน ได้ดี

การใช้งาน ใช้ในสถานที่ต้องการความอ่อนตัว หรือเพื่อป้องกันสายจากของแข็งของเหลว หรือใช้ในบริเวณอันตราย

ห้ามใช้ ในกรณีดังต่อไปนี้

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

จำนวนสายไฟฟ้า จำนวนสายไฟฟ้าในท่อต้องไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 3.6

การติดตั้งใช้งาน

- มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360°C
- ต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อน จึงทำการเดินสายไฟฟ้า
- ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนกันของเหลวเป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน
- ในการติดตั้งท่อโลหะอ่อนกันของเหลว จะต้องใช้กับข้อต่อยึดซึ่งได้รับการรับรองเพื่อใช้กับงานชนิดนี้เท่านั้น
- การจับยึด ต้องจับยึดให้มั่นคง แข็งแรง ระยะห่างระหว่างจุดจับยึดจุดแรกกับอุปกรณ์หรือกล่องต่อสายไม่เกิน 0.90 ม. และระหว่างจุดจับยึดด้วยกันไม่เกิน 3.0 ม.

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- จำนวนสายไฟฟ้าต้องไม่เกินที่กำหนดในมาตรฐานฯ การเดินสายหลายเส้นจะต้องปรับลดขนาดกระแสของสายด้วย

- ข้อต่อท่อต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้ได้กับท่อโลหะอ่อนเท่านั้น

- การใช้สายชนิด XLPE ร้อยท่อจะต้องระวังว่าอุณหภูมิใช้งานของท่อต้องไม่ต่ำกว่า 90°C หรือโดยการลดขนาดกระแสของสายลงเพื่อให้อุณหภูมิของสายไฟฟ้าไม่เกินอุณหภูมิที่ท่อสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

3.3.5 การเดินสายในรางเดินสาย (Wireways)

รางเดินสายทำจากโลหะแผ่นพับขึ้นรูปมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมมีฝาปิด ป้องกันการผุกร่อนด้วยการพ่นสี หรือชุบสังกะสี มีทั้งชนิดที่เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป และชนิดที่ทำขึ้นเอง สามารถเดินสายได้จำนวนมาก จึงเป็นที่นิยมใช้งานเพราะมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำกว่าเดินสายร้อยท่อ และทำงานได้สะดวกและรวดเร็วกว่า

การใช้งาน ในกรณีดังต่อไปนี้

- อนุญาตให้ใช้รางเดินสายได้เฉพาะการติดตั้งในที่เปิดโล่งซึ่งสามารถเข้าถึงเพื่อตรวจสอบและบำรุงรักษาได้ตลอดความยาวของรางเดินสาย กรณีเดินในฝ้าเพดาน ฝ้าเพดานนั้นต้องเป็นชนิดเปิดได้ เช่นชนิด T-bar หรือชนิดฉาบเรียบที่มีช่องเปิดซึ่งสามารถเข้าถึงเพื่อตรวจสอบและบำรุงรักษาได้ตลอดความยาวของรางเดินสาย ทั้งนี้ต้องมีที่ว่างเหนือรางเดินสายไม่น้อยกว่า 200 มม. ยกเว้นช่วงที่ผ่านใต้คาน ถ้าติดตั้งภายนอกอาคารต้องเป็นชนิดที่มีระดับการป้องกันไม่น้อยกว่า IPx4 มีความแข็งแรงเพียงพอ ไม่เสียรูปภายหลังการติดตั้งใช้งาน

ห้ามใช้

- ใช้รางเดินสายในบริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ ในบริเวณที่มีไอที่ทำให้ผุกร่อน หรือในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น

- ห้ามต่อรางเดินสายตรงจุดที่ผ่านผนังหรือพื้น

- เป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน

- ขนาดใหญ่เกิน 150×300 มม.

จำนวนสายไฟฟ้า พื้นที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวนทั้งหมดรวมกันต้องไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดภายในรางเดินสาย การคิดพื้นที่หน้าตัดรวมให้คิดสายทุกเส้นที่วางในรางเดินสายนั้น และต้องระวังเรื่องขนาดกระแสของสายไฟฟ้าจะลดลงถ้าจำนวนสายไฟฟ้านับเฉพาะเส้นที่มีกระแสไหลรวมกันแล้วเกิน 30 เส้น ดังนั้นการเดินสายในรางเดินสายจึงไม่ควรให้สายเส้นที่มีกระแสไหลเกิน 30 เส้น

วงจร 1 เฟส 2 สาย นับสายเส้นที่มีกระแสไหล 2 เส้น และวงจร 3 เฟส 4 สาย นับสายเส้นที่มีกระแสไหล 3 เส้น โดยถือว่าสายนิวทรัลไม่มีกระแสไหล และสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าถือเป็นสายเส้นที่ไม่มีกระแสไหล

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าในรางเดินสาย เนื่องจากการเดินสายในรางเดินสายไม่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ถึง 7 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าจึงกำหนดให้ใช้ตารางที่ 5-20 สำหรับสาย PVC และตารางที่ 5-27 สำหรับสาย XLPE ดูจากช่องตัวนำกระแส 3 เส้น ทั้งวงจร 1 เฟส และ 3 เฟส และไม่ต้องปรับค่าเนื่องจากจำนวนกลุ่มวงจรตามตารางที่ 5-8 ถ้าตัวนำเส้นที่มีกระแสไหลรวมกันแล้วไม่เกิน 30 เส้น

การติดตั้งใช้งาน

- การติดตั้งภายนอกอาคารต้องเป็นชนิดกันฝน (raintight) และต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะไม่เสียรูปภายหลังการติดตั้ง

- สายไฟฟ้าแกนเดียวของวงจรเดียวกันรวมทั้งสายดิน ต้องวางเป็นกลุ่มเดียวกันแล้วมัดรวมเข้าด้วยกัน ระยะห่างในการมัดสายใช้ตามความเหมาะสม

- รางเดินสายต้องจับยึดอย่างมั่นคง แข็งแรง ทุกระยะไม่เกิน 1.50 ม. แต่ยอมให้จุดจับยึดห่างมากกว่า 1.50 ม. ได้ในกรณีที่จำเป็น แต่ต้องไม่เกิน 3.0 ม.

- รางเดินสายในแนวดิ่งต้องจับยึดอย่างมั่นคงแข็งแรงทุกระยะไม่เกิน 4.50 ม. ห้ามมีจุดต่อเกิน 1 จุดในแต่ละระยะจับยึด จุดจับยึดต้องห่างจากปลายรางไม่เกิน 1.50 ม. ด้วย

- อนุญาตให้ต่อสายเฉพาะในส่วนที่สามารถเปิดออก และเข้าถึงได้สะดวกตลอดเวลาเท่านั้น และพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ และฉนวนรวมทั้งหัวต่อสายรวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดภายในของรางเดินสาย ณ จุดต่อสาย

- ในรางเดินสายตรงตำแหน่งที่ต้องมีการดัด งอสาย เช่นปลายทาง ตำแหน่งที่มีท่อร้อยสายเข้าออกรางเดินสาย ต้องจัดให้มีที่ว่างสำหรับดัดงอสายอย่างเพียงพอ และมีการป้องกันไม่ให้มีส่วนคมที่อาจบาดสายได้

- จุดปลายรางเดินสายต้องปิด

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- จำนวนสายไฟฟ้าต้องไม่เกินตามที่กำหนดในมาตรฐานฯ

- ถ้าสายไฟฟ้าเส้นที่มีกระแสไหลเกิน 30 เส้น ต้องปรับลดขนาดกระแสของสายตามตารางที่ 5-8 ด้วย

- การเดินสายในแนวดิ่ง ต้องมีการจับยึดทุกระยะตามที่กำหนดในมาตรฐานฯ

- รางเดินสายที่เดินผ่านผนังหรือพื้น ต้องมีการป้องกันไฟลุกลามด้วย

- รางเดินสายอาจขนาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้า โดยเฉพาะจุดที่ต่อเข้ากับแผงสวิตช์ ถ้าไม่มั่นใจควรต่อเชื่อมด้วยสายต่อฝาก (bonding jumper)

ตัวอย่างที่ 3.2 ต้องการกำหนดขนาดรางเดินสายซึ่งมีสายไฟฟ้าชนิด IEC 01 ดังนี้

1. วงจร 3 เฟส 4 สาย จำนวน 3 วงจร ใช้สายวงจรขนาด 10 ตร.มม. และสายดินขนาด 4 ตร.มม. (สายขนาด 10 ตร.มม. จำนวน 12 เส้น และขนาด 4 ตร.มม. จำนวน 3 เส้น)

2. วงจร 1 เฟส 2 สาย จำนวน 8 วงจร ใช้สายวงจรขนาด 6 ตร.มม. และสายดินขนาด 4 ตร.มม. (สายขนาด 6 ตร.มม. จำนวน 16 เส้น และขนาด 4 ตร.มม. จำนวน 8 เส้น)

วิธีทำ

จากตารางในภาคผนวก B ได้พื้นที่หน้าตัดสายรวมฉนวนดังนี้

สายขนาด 4 ตร.มม. พื้นที่หน้าตัด 16.6 ตร.มม. (จำนวน 11 เส้น)

สายขนาด 6 ตร.มม. พื้นที่หน้าตัด 21.2 ตร.มม. (จำนวน 16 เส้น)

สายขนาด 10 ตร.มม. พื้นที่หน้าตัด 35.3 ตร.มม. (จำนวน 12 เส้น)

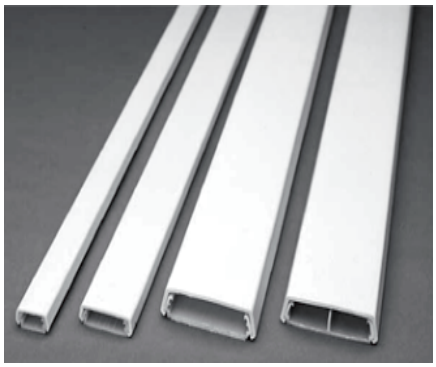
รวมพื้นที่หน้าตัดสายทุกเส้น = (16.6×11) + (21.2×16) + (35.3×12) = 945.4 ตร.มม.

พื้นที่หน้าตัดรางเดินสาย (พื้นที่หน้าตัดสายไม่เกิน 20%) $\geq$ 945.4/0.2 $\geq$ 4727 ตร.มม.

เลือกใช้รางขนาด 50×100 ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 5,000 ตร.มม.

หมายเหตุ *สายไฟฟ้าเส้นที่มีกระแสไหลจำนวน = 16+12 = 28 เส้น (ไม่เกิน 30 เส้น) ไม่ต้องปรับลดขนาดกระแส ดังนั้นถ้าต้องการหาขนาดกระแสของสายขนาด 10 ตร.มม. จากตารางที่ 5-20 จะได้ = 44 A*

3.3.6 การเดินสายในช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว (Surface Nonmetallic Raceway)



รูปที่ 3.16 ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว

ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวทำด้วยพลาสติกชนิดหนึ่ง มีคุณสมบัติทนความชื้น ทนบรรยากาศที่มีสารเคมี ต้านเปลวเพลิง ทนแรงกระแทก ไม่บิดเบี้ยวจากความร้อนในสภาวะการใช้งาน และสามารถใช้งานในที่อุณหภูมิต่ำได้ ปัจจุบันมีการใช้งานมากขึ้นเนื่องจากติดตั้งสะดวกรวดเร็ว ใช้แทนการเดินสายแบบรัดคลิปได้ดี

การใช้งาน อนุญาตให้ใช้ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวในสถานที่แห้งเท่านั้น

ห้ามใช้ ในกรณีดังต่อไปนี้

- ในที่ซ่อน เนื่องจากบำรุงรักษายากหรือไม่ได้ เพราะในการตรวจสอบ หรือเปลี่ยนสายไฟฟ้าจะต้องเปิดฝารางด้วย

- อุณหภูมิโดยรอบหรืออุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าอุณหภูมิของช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวที่ระบุไว้

- ที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายทางกายภาพได้ นอกจากเป็นชนิดที่ได้รับการรับรองว่าใช้ได้สำหรับงานนั้น ๆ

- ในระบบแรงสูง

- ในปล่องขนของหรือปล่องลิฟต์

- ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุว่าใช้ได้ในเรื่องบริเวณอันตราย

การติดตั้งใช้งาน

- ห้ามต่อช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว ตรงจุดที่ผ่านผนังหรือพื้น

- อนุญาตให้ต่อสายได้เฉพาะในส่วนที่สามารถเปิดออก และเข้าถึงได้สะดวกตลอดเวลาเท่านั้น และพื้นที่หน้าตัดของสายรวมทั้งหัวต่อสาย เมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดภายในของ ช่องเดินสายโลหะบนพื้นผิว ณ จุดต่อสาย

- ปลายของช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว ต้องปิด

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

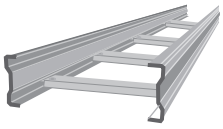
- ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว ต้องติดตั้งในที่ซึ่งเข้าถึงได้ภายหลังการติดตั้งเพื่อความสะดวกในการบำรุงรักษา

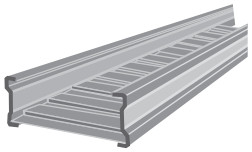
- ต้องระวังเรื่องชนิดของสายไฟฟ้าที่ใช้งาน ซึ่งอุณหภูมิใช้งานของสายไฟฟ้าต้องไม่เกินอุณหภูมิที่ช่องเดินสายสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

3.4 การเดินสายบนรางเคเบิล (Cable Tray)

เป็นรางสำหรับวางสายไฟฟ้าทำจากโลหะหรืออโลหะ ที่มีใช้งานส่วนใหญ่ทำจากเหล็กป้องกันการผุกร่อนด้วยการพ่นสีหรือชุบสังกะสี แบ่งตามโครงสร้างเป็น 3 แบบคือ

1. แบบบันได
2. แบบระบายอากาศ
3. แบบด้านล่างทึบ





รางแบบบันได **รางแบบระบายอากาศ** **รางแบบด้านล่างทึบ**

รูปที่ 3.17 รางเคเบิลทั้ง 3 แบบ

โครงสร้างรางเคเบิล ต้องเป็นดังนี้

- มีความแข็งแรงและมั่นคง สามารถรับน้ำหนักสายทั้งหมดที่ติดตั้ง และไม่มีส่วนแหลมคมที่อาจทำให้ฉนวนหรือเปลือกสายชำรุด

- มีการป้องกันการผุกร่อนอย่างพอเพียงกับสภาพการใช้งานเช่น การพ่นสี และการชุบสังกะสี เป็นต้น

- ต้องมีผนังด้านข้าง และใช้เครื่องประกอบการติดตั้งที่เหมาะสม

- ถ้าเป็นรางเคเบิลอโลหะ ต้องทำด้วยวัสดุต้านทานเปลวเพลิง

การใช้งาน เนื่องจากรางเคเบิลไม่ได้ทำหน้าที่ป้องกันสายไฟฟ้าทางกายภาพ ดังนั้นสายไฟฟ้าที่วางบนรางจึงต้องมีความแข็งแรงระดับหนึ่ง สายไฟฟ้าที่อนุญาตให้วางบนรางเคเบิลได้ ต้องเป็นดังนี้

1. สายเคเบิลชนิดเอ็มไอ (mineral insulated cable) ชนิด MC (metal-clad cable) และ ชนิด AC (armored cable)

2. สายเคเบิลแกนเดียวชนิดมีเปลือกนอกทั้งในระบบแรงสูงและแรงต่ำ และขนาดไม่เล็กกว่า 25 ตร.มม.

3. สายดินทุกขนาด

4. สายเคเบิลหลายแกนในระบบแรงสูงและระบบแรงต่ำทุกขนาด

5. สายชนิดหลายแกนสำหรับควบคุมสัญญาณและไฟฟ้ากำลัง

6. ท่อร้อยสายชนิดต่าง ๆ ***ยกเว้น*** ท่อ HDPE

ห้ามใช้

- ห้ามติดตั้งสายเคเบิลระบบแรงต่ำในรางเคเบิลเดียวกันกับสายเคเบิลระบบแรงสูง นอกจากจะมีแผ่นกั้นที่แข็งแรงและไม่ติดไฟ

- ห้ามท่อหรืออุปกรณ์สำหรับงานระบบอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องวางบนรางเคเบิล

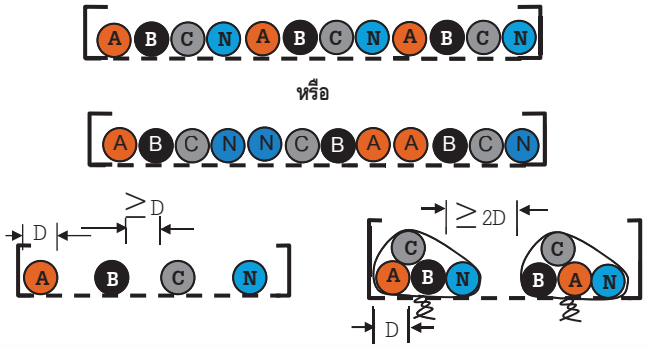
จำนวนสายไฟฟ้า จำนวนสายเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดและวิธีการวางสายเคเบิล ปกติจะกำหนดวิธีวางสายและหาจำนวนสายเคเบิลก่อนแล้วค่อยหาขนาดรางเคเบิล การวางสายไฟฟ้าแกนเดียวในรางเคเบิลทำได้ 3 แบบคือ

- วางสายเรียงชิดติดกัน

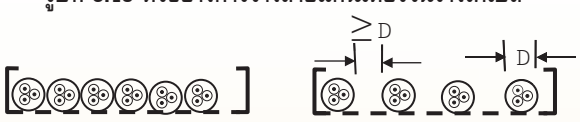
- วางเป็นกลุ่มโดยแต่ละกลุ่มห่างกันไม่น้อยกว่า 2 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเส้นใหญ่กว่าที่อยู่ใกล้กัน

- วางให้มีระยะห่างแบบเส้นเว้นเส้น

- สำหรับสายเคเบิลหลายแกนวางได้ 2 แบบคือสายเรียงชิดติดกัน และวางห่างกันแบบเส้นเว้นเส้น



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการวางสายแกนเดียวในรางเคเบิล



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการวางสายเคเบิลหลายแกนในรางเคเบิล

การติดตั้งใช้งาน

- รางเคเบิลต้องมีความต่อเนื่องโดยตลอดทั้งทางกลและทางไฟฟ้า
- สายที่ติดตั้งบนรางเคเบิลเมื่อเดินแยกเข้าช่องเดินสายอื่นต้องมีการจับยึดให้มั่นคง
- ต้องติดตั้งในที่เปิดเผย เข้าถึงได้ และมีที่ว่างเพียงพอเพื่อการตรวจสอบและบำรุงรักษาได้โดยสะดวก
- รางเคเบิลติดตั้งได้หลายราง โดยวางเรียงเป็นชั้น ๆ ซึ่งแต่ละชั้นต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 300 มม. เพื่อความสะดวกในการบำรุงรักษาและการระบายอากาศ
- เมื่อใช้สายเคเบิลแกนเดียว สายเส้นไฟและสายนิวทรัลของแต่ละวงจร ต้องเดินรวมกันเป็นกลุ่ม (ในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยสายนิวทรัล 1 เส้น และสายเส้นไฟเฟสละ 1 เส้น) และสายต้องมัดเข้าด้วยกันเพื่อป้องกันการเกิดกระแสไม่สมดุลเนื่องจากการเหนี่ยวนำ และป้องกันสายเคเบิลเคลื่อนตัวอย่างรุนแรงเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร
- บนรางเคเบิลอนุญาตให้ต่อสายได้ แต่ต้องทำให้ถูกต้องตามวิธีการต่อสาย และจุดต่อสายห้ามสูงเลยขอบราง
- รางเคเบิลต้องต่อลงดิน แต่ห้ามใช้รางเคเบิลเป็นตัวนำแทนสายดิน

รูปที่ 3.20 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งาน

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

- ชนิดและขนาดของสายไฟฟ้าต้องเป็นไปตามที่กำหนดในมาตรฐานฯ
- จำนวนสายไฟฟ้าต้องไม่เกินตามที่กำหนดในมาตรฐานฯ และต้องไม่วางสายไฟฟ้านอกเหนือจากที่กำหนดในมาตรฐานฯ
- การใช้สาย XLPE วางบนรางที่ไม่มีฝาปิดภายในอาคาร จะต้องใช้สายชนิดต้านเปลวเพลิง
- ต้องมีการจัดกลุ่มสายและมัดเข้าด้วยกันด้วย
- รางเคเบิลต้องมีความต่อเนื่องโดยตลอด
- การเดินผ่านผนังหรือพื้น ต้องมีการป้องกันไฟลุกลามด้วย

ตัวอย่างที่ 3.3 สายป้อน 3 เฟส 4 สาย จำนวน 2 วงจร ประกอบด้วยสาย NYY ชนิดแกนเดียว ขนาด 185 ตร.มม. ทั้งหมด วางบนรางเคเบิลแบบบันได วางเรียงชิดติดกัน ต้องการกำหนดขนาดรางเคเบิล กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสาย NYY ขนาด 185 ตร.มม. = 28 มม.

วิธีทำ

สาย NYY ขนาด 185 ตร.มม. จำนวน 8 เส้น

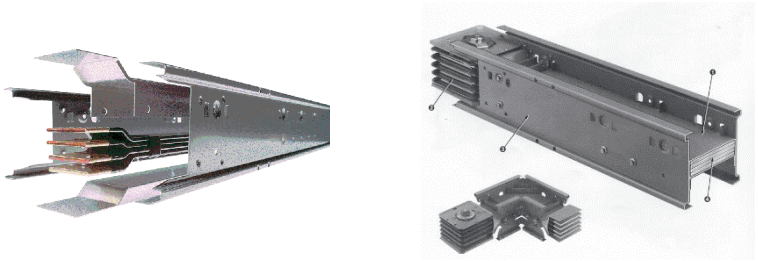
ขนาดเล็กสุดของรางเคเบิล = 8 × 28 = 224 มม.

แต่ในทางปฏิบัติจะต้องเผื่อขนาดรางเคเบิลไว้บ้างประมาณ 10-20% เพื่อให้วางสายได้สะดวก ดังนั้นขนาดรางเคเบิลจึงไม่ควรเล็กกว่า 224 × 1.2 = 268.8 มม. เลือกขนาดรางที่มีขายตามท้องตลาดคือ 300 มม.

3.5 การติดตั้งบัสเวย์หรือบัสดัก (Busways or Bus Duct)

บัสเวย์หรือบัสดักเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากผู้ผลิต ในการนำมาใช้งานจึงเป็นการนำมาติดตั้งเท่านั้นไม่ต้องมีการเดินสายไฟ ตัวนำจึงมีทั้งทองแดงและอะลูมิเนียม หุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้า มีกล่องหรือโครงโลหะหุ้มอีกชั้นเพื่อป้องกันทางกายภาพและป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า มาตรฐานการผลิตจึงเป็นไปตามแต่ละผู้ผลิต ปกติจะผลิตตาม IEC 61439-6 หรือ UL 857

การใช้งาน บัสเวย์หรือบัสดักจะใช้แทนสายไฟฟ้าขนาดใหญ่เช่น วงจรเมน หรือสายป้อน เป็นต้น ติดตั้งง่าย และรวดเร็ว ประหยัดค่าใช้จ่าย แต่มีข้อจำกัดคือจะต้องสั่งมาให้มีความยาวหรือความโค้งพอดีกับที่จะติดตั้งเพราะไม่สามารถปรับแก้ที่หน้างานได้



รูปที่ 3.21 ตัวอย่างบัสเวย์แบบต่าง ๆ

ห้ามใช้ ในกรณีดังต่อไปนี้

- บริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพอย่างรุนแรง หรือมีไอทำให้เกิดการผุกร่อน
- ในปล่องขนของ หรือปล่องลิฟต์
- ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้ในเรื่องบริเวณอันตรายว่าให้ใช้ได้
- กลางแจ้ง สถานที่ชื้น และสถานที่เปียก นอกจากจะเป็นชนิดที่ได้ออกแบบให้ใช้ได้สำหรับงานนั้น ๆ

รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งานบัสเวย์

การติดตั้งใช้งาน

- บัสเวย์หรือบัสดัก ต้องติดตั้งในที่เปิดเผย มองเห็นได้ และสามารถเข้าถึงได้เพื่อการตรวจสอบและบำรุงรักษาตลอดความยาวทั้งหมด ยกเว้น ยอมให้บัสเวย์ติดตั้งหลังที่กำบัง เช่น เหนือฝ้าเพดานได้โดยจะต้องมีทางเข้าถึงได้และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ทั้งหมด

1. ไม่มีการติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินอยู่ที่บัสเวย์ นอกจากเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับดวงโคม หรือโหลดอื่น ๆ เฉพาะจุด

2. ช่องว่างด้านหลังที่กำบังที่จะเข้าถึงได้ต้องไม่ใช้เป็นช่องลมปรับอากาศ (air-handling)

3. บัสเวย์ต้องเป็นชนิดปิดมิดชิด ไม่มีการระบายอากาศ

4. จุดต่อระหว่างช่องและเครื่องประกอบ ต้องเข้าถึงได้เพื่อการบำรุงรักษา

- บัสเวย์ต้องยึดให้มั่นคงและแข็งแรง ระยะห่างระหว่างจุดจับยึดต้องไม่เกิน 1.50 ม. หรือตามการออกแบบของผู้ผลิตและที่ปลายของบัสเวย์ต้องปิด

- ในการต่อแยกบัสเวย์ต้องใช้เครื่องประกอบที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ

- การลดขนาดของบัสเวย์ ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินเพิ่มเติม เหมือนกับการลดขนาดสายไฟฟ้า มีข้อยกเว้นว่าไม่ต้องติดตั้งก็ได้เมื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม โดยมีเงื่อนไขว่าบัสเวย์ที่เล็กลงมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าหนึ่งในสามของขนาดกระแสของบัสเวย์ต้นทาง หรือหนึ่งในสามของขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่อยู่ต้นทางของบัสเวย์ชุดเดียวกัน และความยาวของบัสเวย์ที่เล็กลงนั้นไม่เกิน 15 ม.

- บัสเวย์ต้องติดตั้งไม่ให้สัมผัสกับวัสดุที่ติดไฟได้ง่าย

- การต่อแยกบัสเวย์ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินที่จุดต่อแยก เพื่อใช้ป้องกันวงจรที่ต่อแยกนั้น นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่นในเรื่องนั้น ๆ

- เปลือกหุ้มที่เป็นโลหะของบัสเวย์ต้องต่อลงดิน

- อนุญาตให้ใช้เปลือกหุ้มของบัสเวย์เป็นตัวนำสำหรับต่อลงดินได้ ถ้าบัสเวย์นั้นได้ออกแบบให้ใช้เปลือกหุ้มเป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน โดยมีการรับรองจากผู้ผลิต

ขนาดกระแส บัสเวย์เป็นอุปกรณ์การเดินสายชนิดเดียวที่อนุญาตให้ใช้ขนาดกระแสตามที่กำหนดโดยผู้ผลิต คิดที่อุณหภูมิโดยรอบ 40°C

ข้อควรระวังในการติดตั้งใช้งาน

1. ชนิดของบัสเวย์ต้องเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ติดตั้ง
2. จุดต่อระหว่างท่อนของบัสเวย์ต้องขันด้วยทอร์กตามที่ผู้ผลิตกำหนด
3. การเดินผ่านผนังหรือพื้น ต้องมีการป้องกันไฟลุกลามด้วย
4. ต้องให้สามารถบำรุงรักษาได้โดยสะดวก โดยเฉพาะตรงจุดต่อ
5. ระวังน้ำหรือความชื้นเข้าระหว่างการติดตั้ง
6. การจับยึดมั่นคง แข็งแรง และได้ระดับ

3.6 ปัญหาการเดินสายที่พบบ่อย

ต่อไปนี้เป็นข้อแนะนำสำหรับงานออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายหรือปัญหาในการใช้งาน ปัญหาที่มักพบบ่อยต่อไปนี้ใช้เป็นข้อที่ควรระมัดระวัง

1. ท่อโลหะมีความร้อนสูง ความร้อนของท่อเกิดจากหลายสาเหตุเช่นการเหนี่ยวนำกระแสเกิน หรือลัดวงจรลงดิน เป็นต้น แต่ปัญหาความร้อนส่วนใหญ่เกิดจากกระแสเหนี่ยวนำมีสาเหตุจากการเดินสายที่ในท่อเดียวกันมีสายไฟฟ้าของวงจรเดียวกันไม่ครบทุกเส้น เป็นผลให้ผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็กไม่เป็นศูนย์ เส้นแรงแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในท่อเหล็กและเกิดความร้อนสูง ฉนวนของสายไฟฟ้าอาจร้อนจนชำรุดและเกิดลัดวงจรในที่สุด แนวทางการป้องกันคือ การเดินสายร้อยท่อโลหะโดยเฉพาะท่อเหล็ก ในแต่ละท่อจะต้องมีสายของวงจรเดียวกันครบทุกเส้นรวมทั้งสายนิวทรัล (สายศูนย์) และสายดิน (ถ้ามี)

2. กระแสไหลในสายไฟฟ้าแต่ละเส้นของเฟสเดียวกันไม่เท่ากัน ปัญหาที่พบมากคือสายไฟฟ้าที่เดินจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปยังแผงเมน ซึ่งปกติจะใช้สายไฟฟ้าเฟสละหลายเส้น (เดินสายควบ) วางบนรางเคเบิล หรือในรางเดินสาย บางครั้งพบว่าในสายไฟฟ้าของเฟสเดียวกันมีกระแสไหลแต่ละเส้นไม่เท่ากัน สายเส้นที่มีกระแสไหลมากอาจ overload จนฉนวนชำรุดได้

สาเหตุที่พบส่วนใหญ่เกิดจากสายไฟฟ้าแต่ละเส้นมี impedance ซึ่งประกอบด้วยค่าความต้านทานและ inductive reactance ไม่เท่ากัน

ความต้านทานไม่เท่ากันอาจเกิดจากใช้สายต่างชนิดกัน ขนาดไม่เท่ากัน หรือความยาวไม่เท่ากัน หรือจากการต่อสายเช่น จุดต่อสายหลวม ใช้อุปกรณ์ต่อสายไม่ถูกต้อง ใช้วิธีการต่อสายไม่ถูกต้อง หรือใช้เครื่องมือไม่ถูกต้อง เป็นต้น

Inductive reactance ไม่เท่ากันสาเหตุมักเกิดจากการวางสายไฟฟ้า การวางสายที่ดีคือจะต้องวางสายเป็นกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยสายของวงจรเดียวกันครบทุกเฟสรวมทั้งสายนิวทรัลและสายดินด้วย (ถ้ามีสายดิน) การแก้ปัญหาจะต้องจัดวางสายใหม่

3. ใช้สาย XLPE ผิดลักษณะงาน สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน XLPE มีข้อดีที่ฉนวนมีความแข็ง ทนทานต่อการขูดขีดได้ดี มีอุณหภูมิใช้งาน 90°C จึงมีขนาดกระแสสูงกว่าสายพีวีซี แต่มีข้อควรระวังและอาจมีปัญหาในการใช้งานคือ

(1) การต่อสายเข้าอุปกรณ์ ความร้อนของสายจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่สายนี้ต่ออยู่ร้อนตามไปด้วยซึ่งอาจสูงเกินพิกัดอุณหภูมิของอุปกรณ์นั้น เป็นผลให้อุปกรณ์บางชนิดชำรุด เสื่อมสภาพเร็ว หรือทำงานผิดพลาด การหลีกเลี่ยงปัญหาทำได้หลายวิธี ตัวอย่างคือไม่ต่อสายเข้าอุปกรณ์โดยตรงเช่น ต่อสายเข้าบัสบาร์ก่อนเพื่อให้ระบายความร้อนก่อนเข้าอุปกรณ์ หรือเปลี่ยนสายช่วงเข้าอุปกรณ์ให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้อุณหภูมิของสายลดลง แต่วิธีนี้จะต้องระวังเรื่องการต่อสายด้วย หรือโดยการลดกระแสลงให้เท่ากับสาย PVC เป็นต้น

(2) การเดินสายในท่อโลหะ เช่นท่อ PE หรือ PVC ซึ่งอุณหภูมิใช้งานไม่ถึง 90°C ปัญหาที่เกิดคือท่อจะร้อนและอ่อนตัว เสื่อมสภาพเร็ว เสียความแข็งแรงที่ต้องการและอายุการใช้งานสั้นลง การแก้ไขจะต้องลดกระแสไฟฟ้าลง หรือเพิ่มขนาดสายไฟฟ้าให้ใหญ่ขึ้น หรือเปลี่ยนเป็นสาย PVC หรือเปลี่ยนเป็นเดินร้อยท่อโลหะแทน

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

4. จำนวนสายในท่อร้อยสายมากเกินไป การเดินสายร้อยท่อ มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ มีข้อกำหนดเรื่องจำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสายไว้แล้ว การเดินสายจำนวนมากเกินไปจะทำให้ร้อยสายไฟฟ้ายาก ต้องใช้แรงดึงสูง ฉนวนอาจชำรุดระหว่างการติดตั้ง และอีกปัญหาหนึ่งคือความสามารถในการระบายความร้อนของสายไฟฟ้าลดลงเป็นผลให้สายร้อนเกินกำหนดได้ถึงแม้กระแสไหลไม่เกินพิกัดก็ตาม

5. จำนวนสายในรางเดินสายมากเกินไป เป็นปัญหาที่พบบ่อยเกิดใน 2 ลักษณะคือ

(1) พื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าเกินกว่าที่กำหนดในมาตรฐานฯ คือเกิน 20% ของพื้นที่หน้าตัดรางเดินสาย เป็นผลให้ประสิทธิภาพของการระบายความร้อนลดลง สายไฟฟ้าอาจร้อนเกินพิกัดได้

(2) จำนวนสายไฟฟ้าเส้นที่มีกระแสไหลเกิน 30 เส้น และไม่มีการปรับลดขนาดกระแสของสายลงตามที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ (ตารางที่ 5-8) เมื่อมีกระแสไหลในสายเต็มพิกัดอาจเป็นผลให้สายไฟฟ้าร้อนเกินได้

6. มีการต่อสายในท่อร้อยสาย การเดินสายในท่อร้อยถ้าต้องต่อสายจะต้องต่อในกล่องต่อสายหรือกล่องจุดต่อไฟฟ้าเท่านั้น ห้ามต่อสายในท่อเพราะจุดต่อสายอาจชำรุดจากการลากสายโดยเฉพาะเทปฉนวนที่หุ้มจุดต่ออยู่ เป็นอันตรายทั้งจากไฟฟ้าดูดและไฟฟ้าดับ หรือไฟกระพริบซึ่งหาจุดที่ชำรุดยาก

7. อุปกรณ์การเดินสายขาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้า ในการเดินสายอุปกรณ์การเดินสายโลหะต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าและต่อลงดินด้วย ทำได้โดยการต่อฝากให้แต่ละท่อนมีความต่อเนื่องกันทางไฟฟ้า และที่ปลายอุปกรณ์การเดินสายต่อฝากเข้ากับตู้หรือแผงสวิตช์ ซึ่งตัวตู้หรือแผงนี้ได้มีการต่อลงดินไว้แล้ว การขาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่มักพบมีดังนี้

(1) การเดินสายในท่อโลหะ การใช้กล่องต่อสายชนิดอโลหะและไม่มีการต่อฝากท่อร้อยสายให้ถึงกัน ท่อร้อยสายจึงขาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้า

ปลายท่อโลหะที่เดินท่อเข้ากล่องหรือแผงสวิตช์จะต่อฝากให้ถึงกันโดยใช้ข้อต่อแบบมีเกลียว หรือถ้าเป็นท่อโลหะบางก็ใช้แบบไม่มีเกลียว แต่จะต้องขันให้แน่น ถ้าไม่มั่นใจควรต่อฝากด้วยสายไฟฟ้า

(2) การเดินสายด้วยรางเดินสายหรือรางเคเบิล รางเดินสายหรือรางเคเบิลอาจขาดความต่อเนื่องระหว่างทางเนื่องจากการต่อไม่ดีพอ หรือจุดต่อทาสีไว้และไม่ได้ขูดสีออก ถ้าไม่มั่นใจควรต่อฝากด้วยสายไฟฟ้า แต่ปัญหาที่พบมากคือที่ปลายรางไม่มีการต่อฝากเข้ากับแผงสวิตช์ทำให้ขาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้า

การขาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้าจะเป็นปัญหาเมื่อสายไฟฟ้าเกิดกระแสรั่วลงอุปกรณ์เดินสายโลหะ กระแสที่รั่วจะไม่สามารถไหลครบวงจรได้ หรือไหลได้น้อยเนื่องจากมีความต้านทานสูง อุปกรณ์ป้องกันจะไม่ทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ เป็นอันตรายกับบุคคลที่สัมผัสได้

8. กล่องต่อสายอยู่ในตำแหน่งที่เข้าไม่ถึง (บนฝ้าเพดาน) กล่องต่อสายนอกจากใช้สำหรับต่อสายแล้วยังเป็นจุดที่ใช้ดึงสาย และใช้เพื่อตรวจสอบวงจรหรือจุดต่อสายเพื่อการบำรุงรักษาด้วย กล่องต่อสายจึงต้องอยู่ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้เพื่อให้สามารถทำการบำรุงรักษาได้เช่น เปลี่ยนสายใหม่

ได้ รวมทั้งตรวจซ่อมจุดต่อสายได้ด้วย ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานฯ ในบางครั้งพบว่ามีการติดตั้งกล่องต่อสายบนฝ้าเพดานตำแหน่งที่ไม่สามารถเข้าถึงได้เมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ ทำให้ไม่สามารถซ่อมบำรุงได้ หรือถ้าทำได้ก็ต้องรื้อส่วนของอาคารออก

9. ใช้ท่อโลหะอ่อนผิดมาตรฐาน ท่อโลหะอ่อนมีข้อจำกัดในการใช้งาน ตัวอย่างที่พบการใช้งานผิดมาตรฐานฯ มีดังนี้

(1) ใช้งานผิดประเภท ท่อโลหะอ่อนใช้เพื่อเดินเข้าบริภัณฑ์ไฟฟ้า (หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า) หรือกล่องต่อสาย แต่มักพบว่าใช้ท่อโลหะอ่อนเพื่อการเดินสายแทนการเดินสายร้อยท่อเช่น วางบนฝ้าเพดาน หรือเป็นการเดินระหว่างทางหรือระหว่างกล่องต่อสายที่มีความยาวมาก ๆ

(2) ใช้ท่อโลหะอ่อนยาวเกินกำหนด ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้ากำหนดให้ท่อโลหะอ่อนต้องมีความยาวไม่เกิน 2.0 ม. การเดินสายเข้าอุปกรณ์ที่ใช้ท่อโลหะอ่อนที่มีความยาวเกิน 2.0 ม. จึงผิดมาตรฐาน

(3) ใช้ข้อต่อผิดประเภท การต่อท่อโลหะอ่อนเข้ากับท่อโลหะหรือกล่องต่อสายจะต้องใช้ข้อต่อที่ออกแบบโดยเฉพาะ การใช้ข้อต่อที่ใช้สำหรับท่อโลหะบางมาใช้ต่อท่อโลหะอ่อนจะทำให้การต่อไม่แน่นและอาจหลุดได้ภายหลังการติดตั้งใช้งาน ทำให้ขาดความต่อเนื่องทางไฟฟ้าระบบสายดินจะล้มเหลว

10. จุดต่อบัสเวย์ไม่แน่น การติดตั้งบัสเวย์หรือบัสดักจะต้องใช้อุปกรณ์ประกอบที่ผลิตมาโดยเฉพาะและปกติผู้ผลิตจะบอกวิธีการต่อที่ถูกต้องไว้ จุดต่อไม่แน่นเกิดจากการขันโบลต์หรือนัตด้วยทอร์กที่ไม่เป็นไปตามที่ผู้ผลิตบัสเวย์กำหนด เป็นเหตุให้เกิดความร้อนสูงและจุดต่อชำรุดในที่สุด

11. การเดินสายบนรางเคเบิล

(1) ใช้สายผิดประเภท ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ กำหนดชนิดและขนาดของสายไฟฟ้าที่เดินบนรางเคเบิลไว้ ปัญหาที่พบเสมอคือใช้สายไฟฟ้าชนิดแกนเดียวไม่มีเปลือกวางบนรางเคเบิล หรือใช้สายแกนเดียวชนิดมีเปลือกที่มีขนาดเล็กกว่า 25 ตร.มม. วางบนรางเคเบิล ซึ่งผิดมาตรฐานฯ

(2) การวางสายไม่เป็นไปตามที่กำหนด การวางสายนอกเหนือจากที่กำหนดในมาตรฐานฯ จะมีปัญหาคือจะไม่สามารถกำหนดขนาดกระแสของสายไฟฟ้าได้ การวางสายจึงต้อง

เป็นไปตามที่กำหนดเท่านั้น การวางสายที่พบบ่อยคือวางสายซ้อนกัน และจำนวนสายมากเกินกว่าที่กำหนด เป็นต้น

12. ต่อสายผิดวิธีหรือเลือกอุปกรณ์ต่อสายผิด การต่อสายไฟฟ้าไม่ว่าจะต่อระหว่างสายไฟฟ้าด้วยกันหรือเป็นการต่อเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องใช้อุปกรณ์การต่อสายที่ถูกต้องเหมาะสม ปัญหาที่พบคือเลือกอุปกรณ์ต่อสายทั้งชนิดและขนาดไม่ถูกต้อง และเลือกใช้เครื่องมือไม่ถูกต้อง ปัญหาที่เกิดคือจุดต่อหลวม เกิดความร้อนสูง และเป็นสาเหตุของการเกิดเพลิงไหม้ได้

13. จุดต่อสายเข้าอุปกรณ์หลวม การต่อสายเข้าขั้วต่อสายของอุปกรณ์ไฟฟ้าเช่น หม้อแปลง มอเตอร์ และเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะต้องใช้ทอร์กที่เหมาะสมตามที่ผู้ผลิตกำหนด ไม่มากหรือน้อยเกินไป การใช้ทอร์กที่ไม่เหมาะสมจะเป็นสาเหตุให้จุดต่อหลวมและเกิดความร้อนจนชำรุดในที่สุด

14. ขนาดสายไฟฟ้าไม่สัมพันธ์กับอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ยกเว้นให้วงจรมอเตอร์เท่านั้น ปัญหาที่พบเสมอคือใช้สายไฟฟ้าขนาดเล็กเกินไปไม่สัมพันธ์กับเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใช้ กรณีเกิด overload มีกระแสไหลสูงเกินขนาดกระแสของสายไฟฟ้า เครื่องป้องกันกระแสเกินอาจไม่ปลดวงจรสายไฟฟ้าจะ overload (มีความร้อนสูงเกินพิกัด) อายุการใช้งานสั้นลงหรือชำรุดได้ในที่สุด

อีกสาเหตุหนึ่งคือขนาดกระแสของสายลดลงเนื่องจากจำนวนสายไฟฟ้าที่เดินรวมในท่อร้อยสายมากกว่า 1 กลุ่มวงจร แต่ไม่มีการคูณลดขนาดกระแสของสายไฟฟ้าลง ทำให้สายไฟฟ้า overload

บทที่ 3 การเดินสายไฟฟ้า