**บทเรียน เรื่อง รางเดินสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย**

**จุดประสงค์การสอน**

2.2 เข้าใจเรื่องเกี่ยวกับรางเดินสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย

2.2.1 บอกข้อกำหนดการเดินสาย

2.2.2 อธิบายวิธีการเดินสาย

**2.2 รางเดินสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย**

รายเดินสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย เป็นข้อกำหนดทั่วไป โดยมีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

**2.2.1 ข้อกำหนดการเดินสาย**

การเดินสายไฟฟ้าต้องถูกต้องทั้งในด้านวิชาการและข้อกำหนดของการไฟฟ้าฯ จุดประสงค์เพื่อให้มีอายุการใช้งานยาวนาน สะดวกในการใช้งานและการบำรุงรักษา รวมถึงประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาอีกด้วย ข้อกำหนดสำหรับการเดินสายแยกออกเป็นข้อกำหนดทั่วไป และข้อกำหนดเฉพาะสำหรับแต่ละวิธีเดินสาย ข้อกำหนดทั่วไปที่สำคัญมีดังนี้

**2.2.1.1** **การเดินสายไฟฟ้าที่มีแรงดันต่างกัน**

1. สายไฟฟ้าแรงต่ำระบบกระแสสลับและ/หรือกระแสตรงที่มีแรงดันต่างกัน สามารถติดตั้งรวมกันอยู่ภายในช่องเดินสายหรือเครื่องห่อหุ้มเดียวกันได้ แต่ฉนวนของสายทั้งหมด ที่ติดตั้งนั้นต้องเหมาะสมกับระบบแรงดันสูงที่ใช้

2. ห้ามติดตั้งสายไฟที่ใช้กับระบบแรงดันต่ำรวมกับสายไฟที่ใช้กับระบบแรงสูงในช่องเดินสาย บ่อพักสาย หรือเครื่องห่อหุ้มเดียวกัน **ยกเว้น** ในแผงสวิตซ์หรือเครื่องห่อหุ้มอื่นที่ไม่ได้ใช้เพื่อการเดินสาย

**2.2.1.2 การติดตั้งใต้ดิน**

การเดินสายไฟฟ้าใต้ดินมีข้อกำหนดการติดตั้งดังนี้

1. ความลึกในการติดตั้งใต้ดิน สายเคเบิ้ลฝังดินโดยตรง ท่อร้อยสายหรือเครื่องห่อหุ้มสายไฟฟ้าประเภทอื่นที่ได้รับการรับรองแล้ว ความลึกในการติดตั้งต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.4

**ตารางที่ 2.4** ความลึกในการติดตั้งใต้ดิน สำหรับระบบแรงดันต่ำ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **วิธีที่** | **วิธีการเดินสาย** | **ความลึกน้อยสุด (เมตร)** |
| 1 | เคเบิ้ลฝังดินโดยตรง | 0.60 |
| 2 | สายเคเบิ้ลฝังดินดยตรงและมีแผ่นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า  50 มม. วางอยู่เหนือสาย | 0.45 |
| 3 | ท่อโลหะหนา และหนาปานกลาง | 0.15 |
| 4 | ท่ออโลหะซึ่งได้รับการรับรองให้ฝังดินโดยตรงได้โดยไม่ต้องมีคอนกรีตหุ้ม (เช่น ท่อเอชอีพีอี และท่อพีวีซี) | 0.45 |
| 5 | ท่อใยหิน หุ้มคอนกรีตเสริมเหล็ก | 0.45 |
| 6 | ท่อร้อยสายอื่น ๆ ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้าฯ | 0.45 |

หมายเหตุ 1) ท่อร้อยสายที่ได้รับการรับรองให้ฝังดินได้โดยมีคอนกรีตหุ้มต้องหุ้มด้วยคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 50 มม.

2) สำหรับวิธีที่ 4, 5 และ 6 หากมีแผ่นคอนกรีตหน้าไม่น้อยกว่า 50 มม. วางอยู่เหนือสายยอมให้ความลึกลดลงเหลือ 0.30 เมตร

3) ข้อกำหนดสำหรับความลึกนี้ไม่ใช้บังคับสำหรับการติดตั้งใต้อาคารหรือใต้พื้นคอนกรีตซึ่งหนาไม่น้อยกว่า 100 มม. และยื่นเลยออกไปจากแนวติดตั้งไม่น้อยกว่า 150 มม.

4) บริเวณที่มีรถยนต์วิ่งผ่าน ความลึกต้องไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร

1. เคเบิ้ลใต้ดินติดตั้งใต้อาคาร ต้องติดตั้งอยู่ในช่องเดินสายและช่องเดินสายต้องยาวเลยผนังด้านนอกของอาคารออกไป
2. สายที่โผล่ขึ้นจากดินต้องมีการป้องกันด้วยสิ่งห่อหุ้ม หรือช่องเดินสายซึ่งฝังจมลึกลงไปในดินตามที่กำหนดในข้อ 1 และส่วนที่โผล่เหนือพื้นต้องไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร
3. การต่อสายหรือต่อแยก ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแต่ละวิธีเดินสาย สำหรับสายเคเบิ้ลใต้ดินที่อยู่ในราง (Trench) อนุญาตให้มีการต่อสาย หรือต่อแยกสายในรางได้ แต่การต่อและต่อแยกต้องทำด้วยวิธีและใช้วัสดุที่ได้รับการรับรองแล้ว
4. ห้ามใช้วัสดุที่มีคม หรือเป็นสิ่งที่ทำให้ช่องเดินสายผุกร่อน หรือมีขนาดใหญ่กลบสายหรือช่องเดินสาย
5. ช่องเดินสายซึ่งความเปียกชื้นสามารถผ่านเข้าไปสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าได้ ต้องอุดที่ปลายใดปลายหนึ่ง หรือทั้งสองปลายตามความเหมาะสม
6. ปลายท่อซึ่งฝังอยู่ในดิน ณ จุดที่สายเคเบิ้ลออกจากท่อต้องมีบุชชิ่งชนิดอุด (Conduit sealing bushing) อนุญาตให้ใช้วัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติในการป้องกันเทียบเท่ากับบุชชิ่ง ชนิดอุดแทนได้
7. ในกรณีที่มีการเดินสายเคเบิ้ลใต้ดินเข้าไปในอาคาร ต้องมีการป้องกันฉนวนสายชำรุดจากดินทรุด
8. ในการติดตั้งบ่อพักสายหรือท่อร้อยสายเคเบิ้ลใต้ดิน ให้พิจารณาระยะห่างระหว่างบ่อพักสายหรือท่อร้อยสายเคเบิ้ลใต้ดินกับสาธารณูปโภคต่าง ๆ ด้วย (ดูภาคผนวก ค.)



**ภาพที่ 2.15** การอุดปลายท่อและการซีล



**ภาพที่ 2.16** ตัวอย่างการเดินสายใต้ดิน

**2.2.1.3 การติดตั้งวัสดุและการจับยึด**

1. ท่อร้อยสาย รางเดินสาย รางเคเบิ้ล เคเบิ้ล กล่อง ตู้ และเครื่องประกอบ การเดินท่อ ต้องยึดกับที่ให้มั่นคง

2. การเดินสายในท่อร้อยสาย สำหรับแต่ละจุดที่มีการต่อสาย ปลายท่อ จุดต่อไฟฟ้า จุดต่อแยก จุดติดสวิตช์ หรือจุดดึงสาย ต้องติดตั้งกล่องหรือเครื่องประกอบการเดินท่อ นอกจากจะเป็นการต่อสายในเครื่องห่อหุ้มสายที่มีฝาเปิดออกได้และเข้าถึงได้ภายหลังการติดตั้ง กรณีนี้ไม่ต้องติดตั้งกล่องหรือเครื่องประกอบการเดินท่อ

3. ช่องเดินสายที่เดินผ่านสถานที่ซึ่งมีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก เช่นเดินท่อร้อยสายเข้า-ออกห้องเย็น ต้องมีการป้องกันการไหลเวียนของอากาศภายในท่อจากส่วนที่อุณหภูมิสูงไปส่วนที่เย็นกว่า เพื่อไม่ให้เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำภายในท่อ

4. สายไฟในช่องเดินสายแนวดิ่ง ต้องมีการจับยึดที่ปลายบนของช่องเดินสาย และต้องมีการจับยึดเป็นช่วง ๆ โดยมีระยะห่างไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 2.5 **ยกเว้น** ถ้าระยะตามแนวดิ่งน้อยกว่าร้อยละ 25 ของระยะที่กำหนดในตารางที่ 2.5 ก็ไม่ต้องใช้ที่จับยึด

**ตารางที่ 2.5** ระยะห่างสำหรับการจับยึดสายไฟในแนวดิ่ง

|  |  |
| --- | --- |
| **ขนาดสายไฟฟ้า (ตร.มม.)** | **ระยะจับยึดต่ำสุด (เมตร)** |
| ไม่เกิน 50 | 30 |
| 70-120 | 24 |
| 150-185 | 18 |
| 240 | 15 |
| 300 | 12 |
| เกินกว่า 300 | 10 |



**ภาพที่ 2.17** ตัวอย่างการจับยึดสายไฟฟ้าในแนวดิ่ง

**2.2.1.4 การป้องกันไม่ให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำ**

เมื่อเดินสายไฟฟ้ากระแสสลับผ่านวัตถุที่เป็นสารแม่เหล็กอาจเกิดกระแสเหนี่ยวนำได้ กระแสเหนี่ยวนำนี้จะทำให้เครื่องห่อหุ้มหรือช่องเดินสายที่เป็นโลหะเกิดความร้อนจนทำให้เกิดฉนวนของสายชำรุดได้ และยังเป็นผลให้มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียอีกด้วย การป้องกันอาจทำได้ดังนี้

1. เมื่อติดตั้งสายไฟฟ้ากระแสสลับในเครื่องห่อหุ้มหรือช่องเดินสายที่เป็นโลหะต้องรวมสายเส้นไฟทุกเส้นและสายนิวทรัลรวมทั้งสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ถ้ามี) ไว้ในเครื่องห่อหุ้มหรือช่องเดินสายเดียวกัน ในการเดินสายควบและใช้ท่อร้อยสายหลายท่อ ในแต่ละท่อร้อยสายต้องมีครบทั้งสายเส้นไฟ สายนิวทรัล และสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

2. เมื่อสายเดี่ยวของวงจรเดินผ่านโลหะที่มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็ก ต้องทำการตัดร่องให้ถึงกันระหว่างรูแต่ละรูที่ร้อยสายแต่ละเส้น หรือโดยการร้อยสายทุกเส้นของวงจรผ่านช่องหรือรูเดียวกัน

3. สายไฟฟ้าแกนเดียวทุกเส้นของวงจรเดียวกัน รวมทั้งสายที่มีการต่อลงดินและสายดินต้องติดตั้งในท่อร้อยสายเดียวกัน หากติดตั้งในรางดินสาย (Wire ways) หรือรางเคเบิ้ล (Cable trays) ให้วางเป็นกลุ่มเดียวกัน



**ภาพที่ 2.18** การป้องกันกระแสเหนี่ยวนำ

**2.2.1.5 การป้องกันไฟลุกลาม**

การเดินสายไฟฟ้าที่ผ่านผนัง ฉากกั้น พื้นหรือเพดาน ต้องมีการป้องกันไม่ให้ควันไฟ หรือไฟลุกลามผ่านได้เมื่อเกิดเพลิงไหม้ การป้องกันอาจทำได้โดยการซีลด้วยวัสดุที่ทนไฟตรงรูที่สายหรือช่องเดินสายผ่านทะลุ

**2.2.1.6 การกำหนดสีของสายไฟหุ้มฉนวน ระบบแรงต่ำ**

1. สายนิวทรัล ใช้สีฟ้า

2. สายเส้นไฟ ต้องใช้สายที่มีสีต่างไปจากสายนิวทรัล และตัวนำสำหรับ ต่อลงดิน สีของสายไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 3 เฟส ให้ใช้สายที่มีสีฉนวนหรือทำเครื่องหมายเป็น สีน้ำตาล ดำ และเทา สำหรับเฟส 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

3. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าใช้สีเขียวหรือสีเขียวแถบเหลือง หรือสายเปลือย

ข้อยกเว้นที่ 1 สายไฟฟ้าที่มีขนาดโตกว่า 16 ตร.มม. อาจทำเครื่องหมาย ที่ปลายสายแทนการกำหนดสีก็ได้

ข้อยกเว้นที่ 2 สายออกจากเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าถึงบริภัณฑ์ประธาน (ตัวนำประธานอาคาร)

**2.2.1.7 ข้อกำหนดการเดินสายสำหรับระบบแรงสูง**

การติดตั้งต้องเป็นไปตามที่กำหนดในเรื่องการติดตั้งระบบแรงต่ำและมีข้อเพิ่มเติมดังนี้

1. กล่อง เครื่องประกอบการเดินท่อและเครื่องห่อหุ้มอื่นที่คล้ายกันต้องมีฝาปิดที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า โดยบังเอิญและป้องกันความเสียหายทางกายภาพต่อชิ้นส่วนต่าง ๆ หรือฉนวน

2. สายใต้ดินต้องฝังดินลึกไม่น้อยกว่า 0.90 เมตร ในทุกกรณี ถ้าเป็นสายฝังดินโดยตรงต้องมีแผ่นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 0.10 เมตร ปิดทับอีกชั้นหนึ่งเหนือสายเคเบิ้ลมีระยะห่างจากสายเคเบิ้ลระหว่าง 0.30 ถึง 0.45 เมตร แผ่นคอนกรีตต้องกว้างพอที่จะปิดคลุมออกไปจากแนวสายทั้งสองข้างอย่างน้อย ข้างละ 0.15 เมตร

**2.2.2 วิธีการเดินสาย**

วิธีเดินสายแบ่งออกเป็นหลายวิธี ผู้ออกแบบและติดตั้งอาจเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งก็ได้ตามความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานและสถานที่ วิธีการเดินสายที่นิยมใช้กันมากมีดังนี้

**2.2.2.1 การเดินสายเปิดหรือเดินลอย (Open Wiring) บนวัสดุฉนวน**

**1. สำหรับระบบแรงดันต่ำ** การเดินสายเปิดสำหรับระบบแรงต่ำมีข้อกำหนด ที่สำคัญคือ

1) อนุญาตให้ใช้การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวนต้องเดินภายนอกอาคาร การเดินภายในอาคารทำได้เฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม งานเกษตรกรรม และแสดงสินค้าเท่านั้น

2) ต้องมีการป้องกันความเสียหายทางกายภาพที่เหมาะสม และสายต้องอยู่สูงจากพื้น ไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตารางที่ 2.6 สายที่ยึดเกาะไปกับผนังหรือกำแพงต้องสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร

**ตารางที่ 2.6** ระยะห่างต่ำสุดตามแนวดิ่งของสายไฟฟ้าเหนือพื้น

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **สิ่งที่อยู่ใต้สายไฟฟ้า** | **ระยะห่าง (เมตร)** | |
| **ระบบแรงต่ำ** | **ระบบแรงสูง** |
| ทางสัญจรและพื้นที่ซึ่งจัดไว้ให้รถยนต์ผ่านแต่ไม่ใช่รถบรรทุก | 2.90 | 4.60 |
| ทางสัญจรและพื้นที่อื่น ๆ ที่ให้ทั้งรถยนต์และรถบรรทุกผ่านได้ | 5.50 | 6.10 |
| คลองหรือแหล่งน้ำกว้างไม่เกิน 50.0 เมตร ปกติมีเรือสูงไม่เกิน  4.90 เมตร แล่นผ่าน | 6.80 | 7.70 |
| คลองหรือแหล่งน้ำไม่มีเรือแล่นผ่าน | 4.30 | 5.20 |



**ภาพที่ 2.19** ระยะห่างต่ำสุดตามแนวดิ่งของสายไฟฟ้าเหนือพื้น สำหรับระบบแรงต่ำ

3) การเดินสายในสถานที่ชื่น เปียก หรือมีไอที่ทำให้เกิดการผุกร่อน ต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่สายไฟฟ้า

4) สายแรงต่ำทั้งหมดต้องเป็นสายหุ้มฉนวน **ยกเว้น** สายที่จ่ายไฟฟ้าให้ปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่ได้บนราง

5) การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวนภายในอาคาร ระยะห่างต้องเป็นไปตามที่กำหนด ในตารางที่ 2.7

6) วัสดุฉนวนสำหรับการเดินสายต้องเป็นชนิดที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน

7) การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวนภายนอกอาคาร ให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

(ก) การเดินสายบนตุ้มให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 2.7 โดยมีข้อเพิ่มเติมคือ ถ้าเดินผ่านในที่โล่งขนาดสายต้องไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม. และระยะห่างระหว่างจุดจับยึดสายไม่เกิน 5.0 เมตร

(ข) หากเดินสายบนลูกถ้วย ระยะห่างเป็นไปตามตารางที่ 2.8

8) สายไฟฟ้าซึ่งติดตั้งบนตุ้มหรือลูกถ้วยจะต้องยึดกับฉนวนที่รองรับให้มั่นคง ในกรณีที่ใช้ลวดผูกสาย (Tie Wire) ให้ใช้ชนิดที่มีฉนวนที่ทนแรงดันเทียบเท่าฉนวนของสายไฟฟ้านั้น ในกรณีอาจจะสัมผัสได้โดยพลั้งเผลอ

9) ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า ให้ใช้ค่ากระแสตามตารางที่ 5-22, 2-28 และ 5-42

**ตารางที่ 2.7** การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวนภายในอาคาร

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **การติดตั้ง** | **ระยะสูงสุดระหว่าง**  **จุดจับยึดสาย (เมตร)** | **ระยะห่างต่ำสุดระหว่าง (เมตร)** | | **ขนาดสายทองแดง**  **ใหญ่สุด (ตร.มม.)** |
| **สายไฟฟ้า** | **สายไฟฟ้ากับ**  **สิ่งปลูกสร้าง** |
| บนตุ้ม | 2.5 | 0.10 | 0.025 | 50 |
| บนลูกถ้วย | 5 | 0.15 | 0.05 | ไม่กำหนด |

**ตารางที่ 2.8** การเดินสายเปิดบนลูกถ้วยภายนอกอาคาร

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ระยะสูงสุดระหว่าง**  **จุดจับยึดสาย (เมตร)** | **ระยะห่างต่ำสุดระหว่าง (เมตร)** | | **ขนาดสายทองแดง**  **เล็กสุด (ตร.มม.)** |
| **สายไฟฟ้า** | **สายไฟฟ้ากับ**  **สิ่งปลูกสร้าง** |
| ไม่เกิน 10 | 0.05 | 0.05 | 2.5 |
| 11-25 | 0.20 | 0.05 | 4 |
| 26-40 | 0.20 | 0.05 | 6 |

**2. สำหรับระบบแรงสูง** ระยะห่างต่ำสุดตามแนวระดับระหว่างสายเปลือยหรือสายหุ้มฉนวนบางส่วนกับอาคารหรือสิ่งก่อสร้างที่ไม่ใช่สะพานเมื่อสายไฟฟ้าไม่ได้ยึดติดกับสิ่งก่อสร้าง ต้องเป็นไปตาม

1) การติดตั้งต้องเข้าถึงได้เฉพาะผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องเท่านั้น

2) ในกรณีที่ติดตั้งสายยึดโยง (Guy Wire) จะต้องติดตั้งลูกถ้วยสายยึดโยง (Guy Strain Insulator) ในสายยึดโยง ลูกถ้วยสายยึดโยงนี้ต้องสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร และต้องมีคุณสมบัติทั้งทางกลและทางไฟฟ้าเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน (มอก. 280-2529) **ยกเว้น** สำหรับ 33 kV สายยึดโยงให้ติดตั้งตามมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

3) การเดินสายต้องเป็นไปตามที่กำหนดสำหรับระบบแรงต่ำในข้อ (3) และข้อ (6)

4) ลวดผูกสายต้องมีขนาดเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน แต่ต้องไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม. ลวดผูกสายจะต้องเป็นชนิดที่ไม่ทำให้เกิดการผุกร่อนเนื่องจากโลหะต่างชนิดกัน

5) ระยะห่างของการติดตั้งต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 1-4 และ 1-5 ด้วย แล้วแต่กรณี

**2.2.2.2 การเดินสายในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง และท่อโลหะบาง**

ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit) ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit) และท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing) เป็นท่อโลหะอาบสังกะสีเหมือนกันแต่มีข้อแตกต่างกันตรงที่ความหนาของผนังท่อเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน ท่อชนิดโลหะหนาเป็นท่อที่มีความหนามากที่สุด ทั้งท่อโลหะหนาและท่อโลหะหนาปานกลางเป็นท่อที่ทำเกลียวได้ทั้งคู่ และมีลักษณะการใช้งานที่สามารถทดแทนกันได้ ข้อกำหนดการใช้งานและการติดตั้งท่อทั้งสามชนิดมีดังนี้

1. **การใช้งาน** ท่อโลหะนี้ใช้กับงานเดินสายทั่วไป ปกติใช้ได้ทั้งสถานที่แห้ง ชื้นและเปียกการติดตั้งต้องให้เหมาะสมกับสภาพที่ใช้งาน การนำท่อโลหะหนา หรือท่อโลหะหนาปานกลางเดินฝังดินต้องเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษเนื่องจากสังกะสีที่เคลือบอยู่อาจหลุดออกได้หลังจากการติดตั้งไม่นานโดยเฉพาะในบริเวณที่มีความชื้นแฉะมาก ๆ เมื่อท่อเป็นสนิมก็จะผุกร่อนในที่สุด การติดตั้งที่ดีควรมีการป้องกันอีกชั้นหนึ่งเช่นทาสี เคลือบด้วยสารออร์แกนิก หรือหุ้มด้วยคอนกรีต เป็นต้น
2. **ขนาด** ขนาดของท่อที่ผลิตใช้งานและเป็นไปตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าฯ เป็นดังนี้
3. ขนาดเล็กสุด ท่อต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 15 มม. (1/2 นิ้ว)
4. ขนาดใหญ่สุด ท่อโลหะบาง และท่อโลหะหนาปานกลาง ต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่สุดไม่เกิน 100 มม. (4 นิ้ว) ถ้าเป็นท่อโลหะหนาต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่สุดไม่เกิน 150 มม. (6 นิ้ว)
5. **จำนวนสายไฟฟ้า** จำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสายต้องไม่เกินที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.19
6. **ขนาดกระแส** ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าใช้ค่าจากตารางที่ 2.4 หรือตารางที่ 2.5
7. **การติดตั้ง** ข้อกำหนดการติดตั้งเป็นดังนี้
8. ในสถานที่เปียก ท่อโลหะและส่วนประกอบท่อใช้ยึดท่อโลหะ เช่น โบลต์ สกรู ฯลฯ ต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้
9. เมื่อทำการตัดปลายท่อออกต้องลบคมเพื่อป้องกันไม่ให้บาดฉนวนของสาย ในการทำเกลียวท่อต้องใช้เครื่องทำเกลียวชนิดปลายเรียว เกลียวชนิดนี้เมื่อหมุนทำข้อต่อเข้าไปจะแน่นขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจะเป็นผลให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่ดี การต่อท่อในอิฐก่อหรือคอนกรีตหากใช้ข้อต่อชนิดที่ไม่มีเกลียวต้องใช้ชนิดฝังในคอนกรีต (Concrete tight) เมื่อติดตั้งในสถานที่เปียกต้องใช้ชนิดกันฝน



**ภาพที่ 2.20** ข้อต่อแบบต่าง ๆ



**ภาพที่ 2.21** การติดตั้งท่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสาย

1. การต่อสาย ให้ต่อได้เฉพาะที่กล่องต่อสาย หรือกล่องต่อจุดไฟฟ้าที่สามารถเปิดออกได้สะดวก ปริมาณของสายและฉนวนรวมทั้งหัวต่อสาย เมื่อรวมกันแล้วไม่เกิน 75 % ของปริมาตรภายในกล่องต่อสายหรือกล่องต่อจุดไฟฟ้า
2. การติดตั้งท่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสายหรือเครื่องประกอบการเดินท่อต้องมีบุชชิ่ง เพื่อป้องกันมิให้ฉนวนหุ้มสายชำรุด นอกเสียจากว่ากล่องต่อสายและเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบเพื่อป้องกันการชำรุดของฉนวนไว้แล้ว
3. ท่อโลหะบางห้ามทำเกลียว เพราะการทำเกลียวจะทำให้ท่อขาดได้
4. มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา เพราะอาจดึงสายไม่เข้า หรือถ้าดึงสายเข้าไปได้ก็จะดึงออกมาไม่ได้ เป็นผลให้การบำรุงรักษาทำได้ยากหรือไม่ได้
5. ห้ามใช้ท่อโลหะบางฝังดินโดยตรง หรือใช้ระบบไฟฟ้าแรงสูง หรือที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายหลังการติดตั้งได้

**ตารางที่ 2.9** พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

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

**ตารางที่ 2.10** ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ขนาดท่อ  mm (นิ้ว) | พ.ท. หน้าตัดท่อ  100 % (mm2) | 1 ตัวนำ 53 %  (mm2) | 2 ตัวนำ 31 % (mm2) | 3 ตัวนำขึ้นไป 40 %  (mm2) |
| 15 (1/2) | 177 | 94 | 55 | 71 |
| 20 (3/4) | 314 | 166 | 97 | 126 |
| 25 (1) | 491 | 260 | 152 | 196 |
| 32 (1 1/4) | 804 | 426 | 249 | 322 |
| 40 (1 1/2) | 1257 | 666 | 390 | 503 |
| 50 (2) | 1963 | 1041 | 609 | 785 |
| 65 (2 1/2) | 3318 | 1759 | 1029 | 1327 |
| 80 (3) | 5027 | 2664 | 1558 | 2011 |
| 90 (3 1/2) | 6362 | 3372 | 1972 | 2545 |
| 100 (4) | 7854 | 4163 | 2435 | 3142 |
| 125 (5) | 12272 | 6504 | 3804 | 4909 |
| 150 (6) | 17671 | 9366 | 5478 | 7069 |

หมายเหตุ พื้นที่หน้าตัดทอสาย คิดจาสูตร 

โดยที่ A คือ พื้นที่หน้าตัด (mm2), d เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)

**ตารางที่ 2.11** ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ขนาดสาย** | **สาย IEC 01** | | **สาย NYY 1/C** | | **สาย NYY 3/C** | | **สาย NYY 4/C** | | **สาย XLPE 1/C** | |
| **ขนาดสาย**  **(mm2)** | **เส้นผ่าน**  **ศูนย์กลาง**  **(mm2)** | **พื้นที่**  **หน้าตัด**  **(mm2)** | **เส้นผ่าน**  **ศูนย์กลาง**  **(mm2)** | **พื้นที่**  **หน้าตัด**  **(mm2)** | **เส้นผ่าน**  **ศูนย์กลาง**  **(mm2)** | **พื้นที่**  **หน้าตัด**  **(mm2)** | **เส้นผ่าน**  **ศูนย์กลาง**  **(mm2)** | **พื้นที่**  **หน้าตัด**  **(mm2)** | **เส้นผ่าน**  **ศูนย์กลาง**  **(mm2)** | **พื้นที่**  **หน้าตัด**  **(mm2)** |
| 1 | - | - | 8.8 | 60.8 | - | - | - | - | - | - |
| 1.5 | 3.3 | 8.6 | 9.2 | 66.5 | - | - | - | - | 6.5 | 33.1 |
| 2.5 | 4.0 | 12.6 | 9.8 | 75.4 | - | - | - | - | 7.0 | 38.4 |
| 4 | 4.6 | 16.6 | 10.5 | 86.6 | - | - | - | - | 7.5 | 44.1 |
| 6 | 5.2 | 21.2 | 11.0 | 95.0 | - | - | - | - | 8.0 | 50.2 |
| 10 | 6.7 | 35.2 | 12.0 | 113 | - | - | - | - | 8.5 | 56.7 |
| 16 | 7.8 | 47.7 | 13.0 | 133 | - | - | - | - | 9.5 | 70.8 |
| 25 | 9.7 | 78.8 | 14.5 | 165 | - | - | - | - | 11.5 | 104 |
| 35 | 10.9 | 93.3 | 16.0 | 206 | - | - | - | - | 12.5 | 123 |
| 50 | 12.8 | 129 | 17.0 | 227 | 36.0 | 1018 | 39.5 | 1225 | 14.0 | 154 |
| 70 | 14.6 | 167 | 19.0 | 284 | 40.5 | 1288 | 44.5 | 1555 | 15.5 | 189 |
| 95 | 17.1 | 230 | 21.5 | 363 | 46.0 | 1662 | 51.5 | 2083 | 17.5 | 241 |
| 120 | 18.8 | 278 | 23.0 | 416 | 50.0 | 2003 | 56.0 | 2463 | 19.5 | 299 |
| 150 | 20.9 | 343 | 26.0 | 531 | 56.0 | 2463 | 62.0 | 3019 | 21.5 | 363 |
| 185 | 23.3 | 426 | 28.0 | 616 | 61.5 | 2971 | 68.0 | 3632 | 23.8 | 434 |
| 240 | 26.6 | 556 | 31.5 | 799 | 69.0 | 3739 | 76.5 | 4596 | 26.5 | 552 |
| 300 | 29.6 | 688 | 35.0 | 962 | 76.0 | 4537 | 85.0 | 5675 | 29.0 | 661 |
| 400 | 33.2 | 866 | 38.5 | 1164 | - | - | - | - | 32.5 | 830 |
| 500 | - | - | 43.0 | 1452 | - | - | - | - | 36.5 | 1046 |

**ตัวอย่างที่ 2.3**  วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยสายไฟฟ้าตาม มอก.11-2553 ขนาด 35 ตร.มม. จำนวน 3 เส้น สายขนาด 25 ตร.มม. และ 10 ตร.มม. อย่างละ 1 เส้น ร้อยอยู่ในท่อโลหะหนาปานกลาง จงกำหนดขนาดท่อ

**วิธีทำ**

ขนาดพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้ารวมฉนวน จากตารางที่ 2.11 เป็นดังนี้

สายขนาด 35 ตร.มม. พื้นที่หน้าตัด = 93.3 ตร.มม.

สายขนาด 25 ตร.มม. พื้นที่หน้าตัด = 78.8 ตร.มม.

สายขนาด 10 ตร.มม. พื้นที่หน้าตัด = 35.2 ตร.มม.

รวมพื้นที่หน้าตัดสายทั้งหมด = (3 x 93.3) + 78.8+ 35.2

= 393.9 ตร.มม.

จากตารางที่ 2.9 สายไฟฟ้าที่เดินในท่อโลหะต้องมีพื้นที่หน้าตัดรวมกันไม่เกิน 40 % ของพื้นที่ภาพตัดขวางภายในท่อ

ท่อร้อยสายต้องมีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า = 

= 984.75 ตร.มม.

จากตารางที่ 2.10 ได้ท่อโลหะหนาปานกลางขนาด 65 มม. (1,467 ตร.มม.)

**2.2.2.3 การเดินสายในท่อโลหะอ่อน**



**ภาพที่ 2.22** ท่อโลหะอ่อน

ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metallic Conduit) ปกตินิยมเดินเข้าเครื่องจักรหรือโคมไฟฟ้าเนื่องจากสามารถโค้งงอได้สะดวกตามความต้องการใช้งาน และยังใช้งานได้ดีกับเครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือน จึงนิยมใช้งานในช่วงความยาวสั้น ๆ ตรงจุดที่ต่อท่อเข้าเครื่องจักร แต่เนื่องจากเป็นท่อที่ไม่กันน้ำในการใช้งาน จึงต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ด้วยเป็นสำคัญ มีข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้

1. **การใช้งาน** ท่อชนิดนี้ให้ใช้ในสถานที่แห้งและเข้าถึงได้ และเพื่อป้องกันสายจากความเสียหายทางกายภาพ หรือเพื่อการเดินซ่อนสาย
2. **ห้ามใช้** ท่อโลหะอ่อนห้ามใช้ในกรณีดังต่อไปนี้
3. ในปล่องลิฟต์หรือปล่องขนของ
4. ในห้องแบตเตอรี่ เพราะอาจผุกร่อนได้เนื่องจากไอกรด
5. ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น
6. ฝังดินหรือฝังในคอนกรีต
7. ในสถานที่เปียก นอกจากจะใช้สายไฟชนิดที่เหมาะสมกับสภาพการติดตั้ง และการติดตั้งท่อโลหะอ่อนต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในช่องเดินสายที่ท่อโลหะอ่อนนี้ต่ออยู่
8. ท่อโลหะอ่อนที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม. (1/2 นิ้ว) ยกเว้นท่อโลหะที่ประกอบมากับขั้วหลอดไฟและมีความยาวไม่เกิน 1.80 ม.
9. **จำนวนสายไฟฟ้า** จำนวนสายในท่อโลหะอ่อนต้องไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 2.9
10. **การติดตั้ง** มุมดัดโค้งระหว่างจุดเดินสายรวมกันต้องไม่เกิน 360 องศา และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์จับยึดต้องไม่เกิน 1.50 เมตร และห่างจากกล่องต่อสายหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่เกิน 0.30 เมตร

**2.2.2.4 การเดินสายในท่อโลหะอ่อนกันของเหลว**



**ภาพที่ 2.23** ท่อโลหะอ่อนกันของเหลว

ท่อโลหะอ่อนกันของเหลว (Liquid tight Flexible Metal Conduit) ต่างจากท่อโลหะอ่อนทั่วไปตรงที่ท่อหุ้มด้วยสารพีวีซี หรือพีอี อีกชั้นหนึ่งเพื่อกันน้ำหรือของเหลว แต่เนื่องจากสารที่หุ้มนี้จะมีอุณหภูมิใช้งานอยู่ค่าหนึ่ง ในการใช้งานจึงต้องระวังไม่ให้อุณหภูมิโดยรอบ หรืออุณหภูมิใช้งานของสายไฟฟ้าสูงเกินอุณหภูมิใช้งานของท่อ เช่นท่อมีอุณหภูมิ 70 ºC จะนำไปใช้ร้อยสายไฟฟ้าชนิดซีวีที่มีอุณหภูมิใช้งาน 90 ºC ไม่ได้ แต่ถ้าจะใช้ก็ต้องลดค่าขนาดกระแสลงมาให้อุณหภูมิที่สายไม่เกิน 70 ºC

1. **การใช้งาน** ท่อชนิดนี้ใช้ในที่ซึ่งสภาพการติดตั้ง การใช้งานและการบำรุงรักษาต้องการความอ่อนตัวของท่อหรือเพื่อป้องกันของแข็ง ของเหลว หรือไอ หรือในสภาพที่อันตราย
2. **ห้ามใช้** ท่อโลหะอ่อนตัวกันของเหลวห้ามใช้ในที่ซึ่งอาจได้รับความเสียหายทางกายภาพ และที่ซึ่งอุณหภูมิของสายและอุณหภูมิโดยรอบสูงจนทำให้ท่อเสียหาย ในข้อนี้สายไฟที่ใช้ต้องมีอุณหภูมิใช้งานไม่เกินอุณหภูมิของท่อที่ทนได้
3. **ขนาด** ท่อที่ยอมให้ใช้ได้ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 15 มม. หรือใหญ่กว่า 100 มม.
4. **จำนวนสายไฟฟ้า** จำนวนสายไฟฟ้าในท่อต้องไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 2.9
5. **การติดตั้ง** มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา และต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อน จึงทำการเดินสายไฟ

**2.2.2.5 การเดินสายในท่ออโลหะแข็ง**

ท่ออโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Conduit) ที่มีใช้งานอยู่ทั่วไป ได้แก่ ท่อพีวีซีและท่อพีอี ท่อพีวีซีมีคุณสมบัติในการต้านเปลวเพลิง แต่มีข้อเสียตรงที่เมื่อไหม้ไฟจะมีก๊าซที่เป็นพิษต่อบุคคลออกมาด้วย และไม่คงทนต่อแสงอัลตราไวโอเลตทำให้กรอบเมื่อถูกแสงแดดนาน ๆ สำหรับท่อพีอีเป็นท่อที่ไฟลุกลามได้แต่คงทนต่อแสงอัลตราไวโอเลต จึงเหมาะที่จะใช้ภายนอกอาคาร การใช้งานภายในอาคารจึงต้องฝังอยู่ในคอนกรีตหรือฝังดิน

ท่ออโลหะและเครื่องประกอบการเดินท่อที่เหมาะสม ทนต่อความชื้น สภาวะอากาศและสารเคมี ทนแรงกระแทกและแรงอัด ไม่บิดเบี้ยวเพราะความร้อนภายใต้สภาวะที่อาจเกิดขึ้นเมื่อใช้งาน ในสถานที่ใช้งาน ซึ่งท่ออาจมีโอกาสถูกแสงแดดโดยตรงต้องใช้ท่อชนิดทนแสงแดดได้ ท่อที่ใช้เหนือดินต้องมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ท่อที่ใช้ใต้ดินวัสดุที่ใช้ต้องทนความชื้น ทนสารที่ทำให้ผุกร่อน และมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนแรงกระแทกได้โดยไม่เสียหาย ถ้าใช้ฝังดินโดยตรงไม่มีคอนกรีตหุ้ม วัสดุที่ใช้ต้องสามารถทนน้ำหนักกดที่อาจเกิดขึ้นภายหลังการติดตั้งได้

1. **การใช้งาน** ท่ออโลหะแข็งมีข้อกำหนดการใช้งานดังนี้
2. เดินซ่อนในผนัง พื้นและเพดาน
3. ในบริเวณที่ทำให้เกิดการผุกร่อนและมีสารเคมี ถ้าท่อและเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบไว้สำหรับการใช้งานในสภาพดังกล่าว
4. ในที่เปียกหรือชื้นซึ่งได้จัดให้มีการป้องกันน้ำเข้าไปในท่อ
5. ในที่โล่ง (Exposed) ซึ่งไม่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ
6. การติดตั้งใต้ดินควรดูข้อกำหนดในเรื่องการติดตั้งใต้ดินประกอบด้วย
7. **ห้ามใช้** ท่ออโลหะห้ามใช้ในกรณีต่อไปนี้
8. ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น
9. ใช้เป็นเครื่องแขวนและจับยึดดวงโคม
10. อุณหภูมิโดยรอบหรืออุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าอุณหภูมิของท่อที่ระบุไว้
11. ท่ออโลหะแข็งที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม.
12. **จำนวนสายไฟฟ้า** จำนวนสายไฟฟ้าในท่อต้องไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 2.9
13. **การติดตั้ง** มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้ว ต้องไม่เกิน 360 องศา เมื่อเดินท่อเข้ากล่องหรือส่วนประกอบอื่น ๆ ต้องจัดให้มีบุชชิ่ง หรือป้องกันไม่ให้ฉนวนของสายชำรุด

**2.2.2.6 การเดินสายในช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว**



**ภาพที่ 2.24** ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว

ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว (Surface Nonmetallic Raceway) ทำด้วยวัสดุทนความชื้น ทนบรรยากาศที่มีสารเคมี ไม่ติดไฟ ทนแรงกระแทก ไม่บิดเบี้ยวจากความร้อนในสภาวะการใช้งานและสามารถใช้งานในอุณหภูมิต่ำได้ มีหลายสีหลายแบบตามความต้องการ ช่วยให้การเดินสายสะดวก รวดเร็ว และสวยงาม

1. **การใช้งาน** อนุญาตให้ใช้ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวในสถานที่แห้งเท่านั้น
2. **ห้ามใช้** ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวห้ามใช้ในกรณีดังต่อไปนี้
3. ในที่ซ่อน
4. ในที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายทางกายภาพได้
5. ในระบบแรงสูง
6. ในปล่องขนของหรือปล่องลิฟต์
7. ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น
8. ในที่ซึ่งอุณหภูมิโดยรอบหรืออุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าอุณหภูมิของช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวที่ระบุไว้
9. **จำนวนสายไฟฟ้า** จำนวนสายไฟฟ้าไม่เกินที่กำหนดโดยผู้ผลิต กรณีที่ไม่มีข้อมูล พื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายในช่องเดินสายไม่ควรเกิน 20 % ของพื้นที่หน้าตัดภายในช่องเดินสาย
10. **ขนาดกระแส** ขนาดกระแสของสายในช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวให้ใช้ขนาดกระแสตามตารางที่ 2.4 (ค) กรณีท่ออโลหะ และไม่ต้องใช้ตัวคูณลดกระแสเนื่องจากมีสายหลายเส้น ถ้าพื้นที่หน้าตัดของช่องเดินสายมากกว่า 2,580 ตร.มม. จำนวนตัวนำที่มีกระแสไหลในช่องเดินสายไม่เกิน 30 เส้น และพื้นที่หน้าตัดของตัวนำรวมฉนวนและเปลือกในช่องเดินสายไม่เกิน 20 % ของพื้นที่หน้าตัดภายในช่องเดินสาย
11. **การติดตั้ง** ห้ามต่อช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว ตรงจุดที่ผ่านผนังหรือพื้น และปลายของช่องเดินสายต้องปิด
12. **การต่อสาย** การต่อสายให้ทำได้เฉพาะในส่วนที่สามารถเปิดออกและเข้าถึงได้ตลอดเวลาเท่านั้น และพื้นที่หน้าตัดของสายและฉนวนรวมทั้งหัวต่อสายเมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 75 % ของพื้นที่หน้าตัดช่องเดินสาย ณ จุดต่อสาย

**ตารางที่ 2.12** จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกัน มอก.11-2553 รหัสชนิด 60227 IEC 01 ที่ให้ใช้ในท่อโลหะตาม มอก.770-2553

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ขนาดสายไฟ**  **(ตร.มม.)** | **จำนวนสายสูงสุดของสาย 60227 IEC 01 ในท่อร้อยสาย** | | | | | | | | | | | |
| 1.5 | 8 | 14 | 22 | 37 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2.5 | 5 | 10 | 15 | 25 | 39 | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 4 | 7 | 11 | 19 | 30 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 3 | 5 | 9 | 15 | 23 | 37 | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 1 | 3 | 5 | 9 | 14 | 22 | 37 | - | - | - | - | - |
| 16 | 1 | 2 | 4 | 6 | 10 | 16 | 27 | 42 | - | - | - | - |
| 25 | 1 | 1 | 2 | 4 | 6 | 10 | 17 | 27 | 34 | - | - | - |
| 35 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 14 | 21 | 27 | 33 | - | - |
| 50 | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 6 | 10 | 15 | 19 | 24 | 38 | - |
| 70 | - | - | 1 | 1 | 3 | 4 | 7 | 12 | 15 | 18 | 29 | 42 |
| 95 | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 11 | 13 | 21 | 30 |
| 120 | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 17 | 25 |
| 150 | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 14 | 20 |
| 185 | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 11 | 16 |
| 240 | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 8 | 12 |
| 300 | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 10 |
| 400 | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 8 |
| เส้นผ่านศูนย์กลาง  ของท่อร้อยสาย (มม.) | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 90 | 100 | 125 | 150 |

**ตารางที่ 2.13** จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกัน มอก.11-2553 รหัส NYY แกนเดียว ที่ให้ใช้ในท่อโลหะตาม มอก.770-2553

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ขนาดสายไฟ**  **(ตร.มม.)** | **จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกันในท่อร้อยสาย** | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 12 | 21 | 33 | - | - | - | - |
| 1.5 | 1 | 1 | 2 | 4 | 7 | 11 | 19 | 30 | - | - | - | - |
| 2.5 | 1 | 1 | 2 | 4 | 7 | 10 | 17 | 26 | 33 | - | - | - |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 6 | 9 | 15 | 23 | 29 | 36 | - | - |
| 6 | - | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 13 | 21 | 26 | 33 | - | - |
| 10 | - | 1 | 1 | 2 | 4 | 6 | 11 | 17 | 22 | 27 | - | - |
| 16 | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 10 | 15 | 19 | 23 | 36 | - |
| 25 | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 8 | 12 | 15 | 19 | 29 | - |
| 35 | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 6 | 10 | 12 | 15 | 24 | 35 |
| 50 | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 11 | 13 | 21 | 31 |
| 70 | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 4 | 7 | 8 | 11 | 17 | 24 |
| 95 | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 7 | 8 | 13 | 19 |
| 120 | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 11 | 17 |
| 150 | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 9 | 13 |
| 185 | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 11 |
| 240 | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 9 |
| 300 | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 |
| 400 | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| 500 | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 |
| เส้นผ่านศูนย์กลาง  ของท่อร้อยสาย (มม.) | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 90 | 100 | 125 | 150 |

**2.2.2.7 การเดินสายในรางเดินสาย**

รางเดินสาย (Wireways) เป็นรางที่ใช้เดินสายไฟฟ้า ทำจากเหล็กแผ่นพับเป็นสี่เหลี่ยม มีฝาเปิดปิด เป็นแบบบานพับ หรือแบบถอดออกได้ ดังภาพที่ 2.25 แผ่นเหล็กที่ใช้ทำรางเดินสายจะต้องผ่านขบวนการต่าง ๆ เพื่อกันสนิมก่อน ที่นิยมใช้มี 3 วิธีด้วยกัน คือใช้วิธีพ่นสีฝุ่น (Epoxy/Polyester) เคลือบด้วยฟอสเฟตหรือสังกะสี (Galvanized Steel) และวิธีอลูซิงค์ (Aluzinc) วิธีอลูซิงค์เป็นวิธีที่ป้องกันการเกิดสนิมได้ดีกว่าวิธีอื่น โดยแผ่นเหล็กจะถูกเคลือบด้วยสารโหละประกอบด้วย อะลูมิเนียม สังกะสี และซิลิคอน โดยผสมเนื้อเดียวในลักษณะอัลลอยด์



**ภาพที่ 2.25** รางเดินสาย

การต่อรางเดินสายเข้าด้วยกัน หรือจะเดินเป็นทางโค้ง สามารถใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปต่อเข้ากับรางเดินสายได้เลยเพื่อความสะดวก เช่น ข้องอ (Elbow) จุดเชื่อมต่อตัวที (Tee) และตัวลดขนาด (Reducer) เป็นต้น

1. **การใช้งาน** รางเดินสายใช้ในที่เปิดโล่ง ถ้าเป็นภายนอกอาคารจะต้องเป็นชนิดกันฝนได้ (Rainitght) จะต้องสามารถเข้าถึงได้เพื่อการตรวจสอบและบำรุงรักษาตลอดความยาวของรางภายหลังการติดตั้ง ห้ามติดตั้งบนฝ้าเพดาน แต่ยอมให้ติดตั้งอยู่ในหรือหลังแผงสวิตช์หรือแผงจ่ายได้
2. ห้ามใช้ รางเดินสายห้ามใช้ในบริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ ในบริเวณที่มีไอที่ทำให้ผุกร่อน หรือในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างดี
3. **จำนวนสายไฟฟ้า** พื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปือกของสายไฟฟ้า ต้องไม่เกิน 20 % ของพื้นที่หน้าตัดรางเดินสาย
4. **ขนาดกระแส** ถ้าตัวนำกระแสไม่เกิน 30 เส้น พิกัดกระแสคิดตัวนำกระแส 3 เส้นในท่อไม่ต้องใช้ตัวคูณปรับค่า
5. **การติดตั้ง**

1) จะต้องมีการจับยึดที่มั่นคงแข็งแรง ทุกระยะห่างกันไม่เกิน 1.5 เมตร กรณีที่จำเป็นระยะห่างอาจมากกว่าได้ แต่ต้องไม่เกิน 3.0 เมตร ในทุกกรณี

2) ไม่อนุญาตให้ต่อรางเดินสายตรงจุดที่ผ่านผนังหรือพื้น และจุดปลายทางของรางเดินสายต้องปิด

3) รางเดินสายในแนวดิ่งต้องจับยึดทุกระยะไม่เกิน 4.50 เมตร ห่างจากปลายรางไม่เกิน 1.50 เมตร และระหว่างจุดจับยึดต้องมีจุดต่อไม่เกิน 1 จุด สายไฟฟ้าต้องมีการจับยึดตามตารางที่ 2.5

4) ไม่อนุญาตให้ใช้รางเดินสายเป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน

1. **การเดินสาย** เมื่อเดินสายแกนเดี่ยว สายไฟฟ้าและเส้นศูนย์รวมทั้งสายดินของแต่ละวงจรต้องเดินรวมกันเป็นกลุ่มและมัดด้วยกัน เพื่อป้องกันกระแสไม่สมดุลเนื่องจากการเหนี่ยวนำ และป้องกันการเคลื่อนตัวอย่างรุนแรงเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร รวมทั้งเพื่อความสะดวกในการบำรุงรักษา
2. **การต่อสาย** การต่อสายให้ได้เฉพาะในส่วนที่สามารถเปิดออก และเข้าถึงได้สะดวกเท่านั้น และพื้นที่หน้าตัดของสายและฉนวนรวมทั้งหัวต่อสายเมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 75 % ของพื้นที่หน้าตัดภายในของรางเดินสาย ณ จุดต่อสาย
3. **ขนาด** การเดินสายต้องมีขนาดใหญ่ไม่เกิน 150 x 300 มม.

**2.2.2.8 การเดินสายในรางเดินสายประกอบ**

รางเดินสายประกอบ (Auxiliary Gutters) จะมีลักษณะเช่นเดียวกับรางเดินสาย (Wireways) แต่มีจุดประสงค์การใช้งานที่ต่างกันคือ รางเดินสายประกอบจะเป็นที่ต่อสายรวมก่อนที่จะแยกเข้าแผงมิเตอร์ แผงจ่ายไฟย่อย หรือแผงสวิตช์ช่วยให้การต่อสาย และการบำรุงรักษาจุดต่อไฟทำได้สะดวก มีความเป็นระเบียบมากขึ้น แสดงดังภาพที่ 2.26



**ภาพที่ 2.26** รางเดินสายประกอบ

รางเดินสายประกอบมีลักษณะการติดตั้ง และการใช้งานเช่นเดียวกับรางเดินสาย แต่รางเดินสายประกอบจะต้องมีความยาวไม่เกิน 9 เมตร

**ตัวอย่างที่ 2.4** รางเดินสายขนาด 100 x 100 มม. สามารถบรรจุสายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 25 ตร.มม. ได้กี่สาย

**วิธีทำ**

สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 25 ตร.มม.

จากตารางที่ 2.21 มีพื้นที่ภาคตัดขวาง 73.8 ตร.มม.

รางเดินสายขนาด 100 x 100 มม.

พื้นที่ภาคตัดขวาง = 100 x 100 = 10,000 ตร.มม.

20% ของพื้นที่ภาคตัดขวาง = 0.2 x 100 ตร.มม.

จำนวนสายไฟ 

= 27.1

สามารถบรรจุได้ 27 สาย

เช่นเดียวกับในกรณีท่อร้อยสาย สามารถคำนวณหาจำนวนสายไฟฟ้าสูงสุดในรางเดินสาย ขนาดต่าง ๆ ได้ โดยใช้สายไฟฟ้า IEC 01 สาย NYY และสาย XLPE เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ดังแสดงในตารางที่ 2.14 ถึง ตารางที่ 2.16

**ตารางที่ 2.14** จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้า IEC 01 ในรางเดินสาย (Wireways)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ขนาด (mm2)** | **จำนวนสูงสุดของสาย IEC 01 ในรางเดินสาย** | | | | | | | | |
| **50x75** | **50x100** | **75x100** | **100x100** | **100x150** | **100x2000** | **100x250** | **100x300** | **150x300** |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2.5 | 59 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 45 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 35 | 47 | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 21 | 28 | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 | 15 | 20 | 31 | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 10 | 13 | 20 | 41 | - | - | - | - | - |
| 35 | 8 | 10 | 16 | 27 | 32 | - | - | - | - |
| 50 | - | 7 | 11 | 21 | 23 | 31 | 38 | - | - |
| 70 | - | - | - | 15 | 17 | 23 | 29 | 35 | - |
| 95 | - | - | - | - | 13 | 17 | 21 | 26 | 39 |
| 120 | - | - | - | - | - | - | 17 | 21 | 32 |
| 150 | - | - | - | - | - | - | 14 | 17 | 26 |
| 185 | - | - | - | - | - | - | - | - | 21 |
| 240 | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 |
| 300 | - | - | - | - | - | - | - | - | 13 |
| 400 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 500 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

**ตารางที่ 2.15** จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้า NYY ในรางเดินสาย (Wireways)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ขนาด (mm2)** | **จำนวนสูงสุดของสาย NYY ในรางเดินสาย** | | | | | | | | |
| **50x75** | **50x100** | **75x100** | **100x100** | **100x150** | **100x2000** | **100x250** | **100x300** | **105x300** |
| 1 | 12 | 16 | 24 | 32 | - | - | - | - | - |
| 1.5 | 11 | 15 | 22 | 30 | - | - | - | - | - |
| 2.5 | 9 | 13 | 19 | 26 | - | - | - | - | - |
| 4 | - | 11 | 17 | 23 | - | - | - | - | - |
| 6 | - | - | 15 | 21 | 31 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | 13 | 17 | 26 | 35 | - | - | - |
| 16 | - | - | - | 15 | 22 | 30 | 37 | - | - |
| 25 | - | - | - | - | 18 | 24 | 30 | 36 | - |
| 35 | - | - | - | - | - | 19 | 24 | 29 | 44 |
| 50 | - | - | - | - | - | 17 | 22 | 26 | 39 |
| 70 | - | - | - | - | - | - | 17 | 21 | 31 |
| 95 | - | - | - | - | - | - | - | 16 | 24 |
| 120 | - |  | - | - | - | - | - | - | 21 |
| 150 | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 |
| 185 | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 |
| 240 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 300 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 400 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 500 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

**ตารางที่ 2.16** จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้า XLPE ในรางเดินสาย (Wireways)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ขนาด (mm2)** | **จำนวนสูงสุดของสาย XLPE ในรางเดินสาย** | | | | | | | | |
| **50x75** | **50x100** | **75x100** | **100x100** | **100x150** | **100x2000** | **100x250** | **100x300** | **105x300** |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1.5 | 22 | 30 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2.5 | 19 | 26 | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 17 | 22 | 34 | - | - | - | - | - | - |
| 6 | - | 19 | 29 | - | - | - | - | - | - |
| 10 | - | 17 | 26 | 35 | - | - | - | - | - |
| 16 | - | - | 21 | 28 | 42 | - | - | - | - |
| 25 | - | - | 14 | 19 | 28 | - | - | - | - |
| 35 | - | - | - | 16 | 24 | 32 | -- | - | - |
| 50 | - | - | - | - | 19 | 25 | 32 | - | - |
| 70 | - | - | - | - | - | 21 | 26 | 31 | - |
| 95 | - | - | - | - | - | 19 | 20 | 24 | 37 |
| 120 | - | - | - | - | - | - | 16 | 20 | 30 |
| 150 | - | - | - | - | - | - | - | 16 | 24 |
| 185 | - | - | - | - | - | - | - | - | 20 |
| 240 | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 |
| 300 | - | - | - | - | - | - | - | - | 13 |
| 400 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 500 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

**2.2.2.9 การเดินสายในรางเคเบิ้ล**

รางเคเบิ้ล (Cable Trays) หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าเคเบิ้ลเทรย์ เป็นโครงสร้างสำหรับรองรับสายเคเบิ้ล รางเคเบิ้ลจะต้องมีความแข็งแรงมากพอที่จะรับน้ำหนักของสายทั้งหมดได้ และจะต้องไม่มีส่วนที่เป็นคมที่อาจทำให้ปลอกสาย หรือฉนวนฉีกขาด รางเคเบิ้ลไม่ถือว่าเป็นท่อสาย (Raceways) แต่ได้รับความนิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจากสามารถติดตั้งได้ง่าย และมีราคาถูก รางเคเบิ้ลอาจแบ่งออกได้ตามลักษณะต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. รางเคเบิ้ลแบบบันได (Ladder Type)



**ภาพที่ 2.27** รางเคเบิ้ลแบบบันได

รางเคเบิ้ลชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นโครงสร้างตามแนวยาว 2 ชุด ยึดติดกันด้วยขั้นบันได (Rung) จึงมีลักษณะคล้ายบันได จะใช้กับสายเคเบิ้ลกำลัง รางเคเบิ้ลแบบบันได มักทำมาจากเหล็กแผ่นมาตรฐาน ผ่านขบวนการพ่นด้วยสีฝุ่น (Epoxy/Polyester) หรือเคลือบผิวด้วยกรรมวิธี (Hot-Dip Galvanized) โดยมีขนาดที่ผลิตมาจำหน่าย ดังนี้

H (ความสูง) = 100 และ 120 มม.

W (ความกว้าง) = 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 และ 1,000 มม.

L (ความยาว) = 3,000 มม.

T (ความหนา) = 2 มม.

2. รางเคเบิ้ลแบบมีช่องระบายอากาศ (Perforated Type)



**ภาพที่ 2.28** รางเคเบิ้ลแบบมีช่องระบายอากาศ

รางเคเบิ้ลชนิดนี้จะเป็นชิ้นส่วนเดียวตลอด มีรูระบายอากาศด้านล่าง ใช้จับยึดสายชนิดใหญ่เส้นเดียว หรือสายควบคุมชนิดหลายตัวนำ รางเคเบิ้ลแบบมีช่อยระบายอากาศ มักทำมาจากเหล็กแผ่นมาตรฐาน ผ่านขบวนการพ่นด้วยสีฝุ่น (Epoxy/Polyester) เคลือบผิวด้วยกรรมวิธี (Hot-Dip Galvanized) หรือเคลือบด้วยวิธีอลูซิงค์ (Aluzinc) โดยมีขนาดที่ผลิตมาจำหน่าย ดังนี้

H (ความสูง) = 100 มม.

W (ความกว้าง) = 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 และ 1000 มม.

L (ความยาว) = 2,400 มม.

T (ความหนา) = 1.6 และ 2.0 มม.

3. รางเคเบิ้ลแบบด้านล่างทึบ (Solid-Bottom Type)



**ภาพที่ 2.29** รางเคเบิ้ลแบบด้านล่างทึบ

รางเคเบิ้ลชนิดนี้เป็นชิ้นส่วนเดียวกันโดยตลอด ด้านล่างจะเป็นแผ่นโลหะทึบมันจะใช้กับสายตัวนำทั่วไปที่มีขนาดเล็ก

ข้อดีประการหนึ่งของการใช้รางเคเบิ้ลก็คือ สามารถเพิ่ม เคลื่อนย้าย เปลี่ยนแปลง สายไฟฟ้าได้โดยสะด้วย ในการวางสายไฟฟ้ามักจะเผื่อที่เอาไว้สำหรับการขยายในอนาคตด้วย

**การเดินสายในรางเคเบิ้ล**

สายไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่อไปนี้ อนุญาตให้ติดตั้งในรางเคเบิ้ลได้

- สายเคเบิ้ลชนิด MI (Mineral-Insulated, Metal-Sheathed Cable) ชนิด MC (Metal-Clad Cable) และชนิด AC (Armored Cable)

- สายเคเบิ้ลแกนเดียวชนิดมีเปลือกนอกทั้งในระบบแรงต่ำและแรงสูง และขนาดไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม.

- สายเคเบิ้ลหายแกนในระบบแรงสูง และระบบแรงต่ำทุกขนาด

- ท่อสายชนิดต่าง ๆ

- สายชนิดหลายแกนสำหรับควบคุมไฟฟ้ากำลังและสัญญาณ

**การหาจำนวนสายไฟฟ้าสูงสุดในรางเคเบิ้ล**

ในการเลือกรางเคเบิ้ลเพื่อการเดินสายไฟฟ้านั้น โดยทั่วไปจะใช้วิธีการวางสายให้เรียงกันไปตามความกว้างของราง ตามปกติจะต้องมีที่ว่างเพื่อให้การเดินสายทำได้สะดวกขึ้น เหมาะสำหรับการเพิ่มเติมในอนาคต

ถ้าเผื่อที่ว่างไว้ประมาณ 20 - 25% การคำนวณขนาดของรางเคเบิ้ล สามารถทำได้โดยวิธีนำเอาเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าทั้งหมดรวมกัน แล้วเทียบกับความกว้างของรางเคเบิ้ลซึ่งก็จะถูกต้องทุกครั้ง โดยไม่จำเป็นต้องใช้ตาราง

บัสเวย์ (Busway) เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากบริษัทผู้ผลิต มีข้อดีตรงที่ติดตั้งได้สะดวกและสวยงาม การต่อแยกไปใช้งานทำได้สะดวกเนื่องจากจะมีจุดเตรียมต่อแยกไว้ให้แล้ว บัสเวย์มีรูปร่างต่างกันตามบริษัทผู้ผลิต การต่อแยกส่วนใหญ่จะใช้วิธีปลั๊กอิน (Plug-in) อาจมีเซอร์กิตเบรกเกอร์หรือฟิวส์ตรงจุดต่อแยกหรือไม่ก็ได้ บัสเวย์มีทั้งชนิดที่มีช่องระบายอากาศและชนิดปิดมิดชิด ตัวนำมีทั้งชนิดที่เป็นทองแดง และอะลูมิเนียม

**1. การติดตั้ง** ข้อกำหนดการติดตั้งมีดังนี้

1) ต้องติดตั้งในที่เปิดเผยและมองเห็นได้เท่านั้น

2) บัสเวย์ต้องติดตั้งในสถานที่ที่สามารถเข้าถึงได้ เพื่อการตรวจสอบ และบำรุงรักษาตลอดความยาวทั้งหมด

3) ถ้าติดตั้งบัสเวย์ในที่กำบังต้องมีหนทางเข้าไปหาบัสเวย์ได้ บัสเวย์ต้องเป็นชนิดปิดมิดชิดและเป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้ทั้งหมด

(ก) ไม่มีการติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินอยู่ที่ตัวของบัสเวย์ นอกจากเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับดวงโคมเฉพาะจุด

(ข) ทางเข้าไปถึงบัสเวย์ต้องไม่ใช่เป็นท่อลมปรับอากาศ

(ค) จุดต่อระหว่างช่วงและเครื่องประกอบ ต้องสามารถเข้าถึงได้เพื่อการบำรุงรักษา

4) บัสเวย์ต้องยึดให้มั่นคงและแข็งแรง ระยะห่างระหว่างจุดจับยึดต้องไม่เกิน 1.50 เมตร หรือตามการออกแบบของผู้ผลิต และที่จุดปลายทางต้องปิด

5) การต่อแยกบัสเวย์ ต้องต่อแยกด้วยเครื่องประกอบที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ

6) บัสเวย์ต้องไม่ติดตั้งให้สัมผัสกับวัสดุที่ติดไฟได้ง่าย

**2. ห้ามใช้** บัสเวย์ห้ามใช้ในกรณีดังต่อไปนี้

1) บริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพอย่างรุนแรง หรือมีการทำให้เกิดการผุกร่อน

2) ในปล่องขนของหรือปล่องลิฟต์

3) ในบริเวณอันตราย นอกจากระบุไว้เป็นอย่างอื่น

4) กลางแจ้ง สถานที่ชื้น และสถานที่เปียก นอกจากจะเป็นชนิดที่ได้ออกแบบให้ใช้ได้สำหรับงานนั้น ๆ

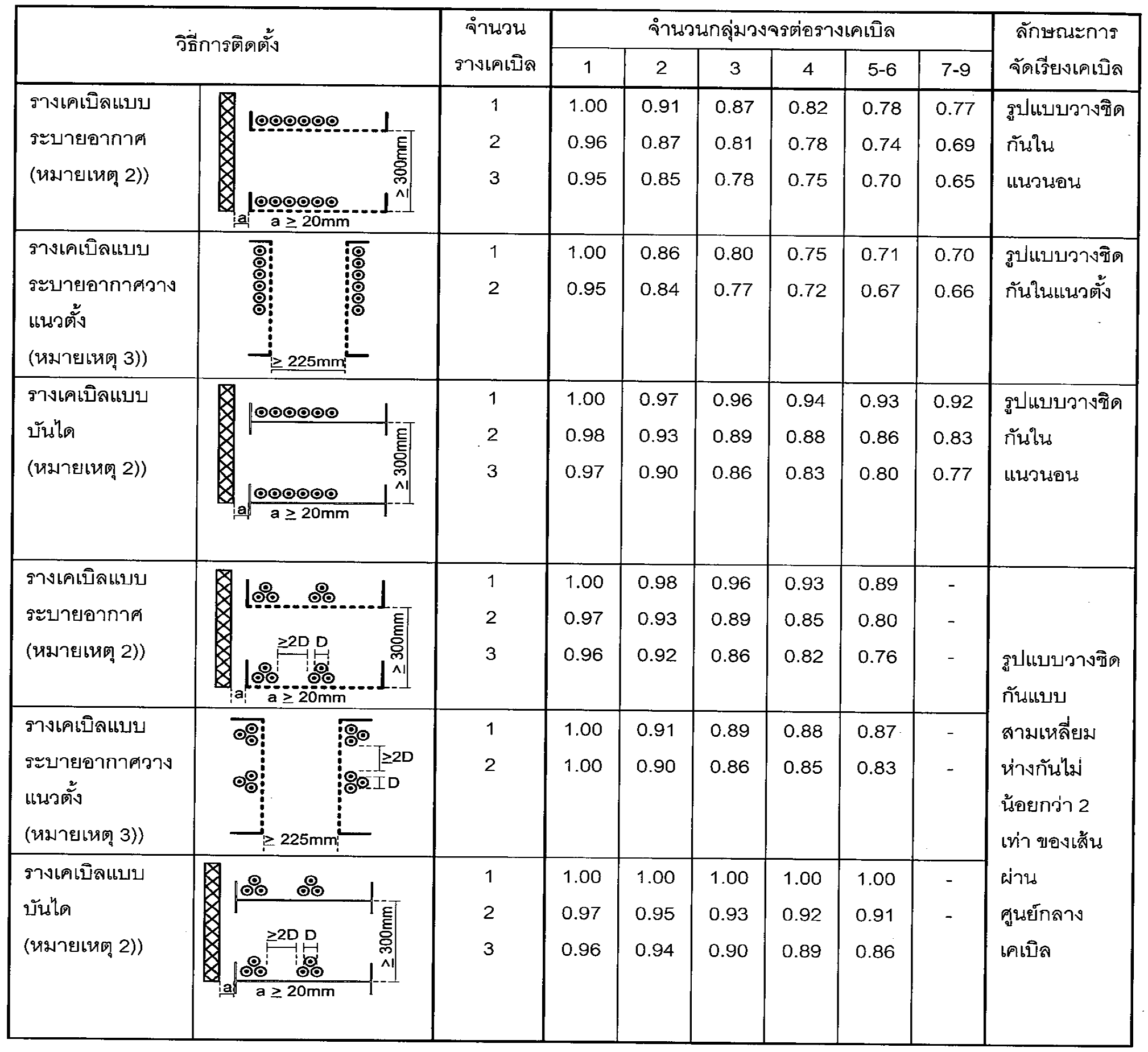
**3. การป้องกันกระแสเกิน** การต่อแยกบัสเวย์ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินที่จุดแยกเพื่อใช้ป้องกันวงจรที่ต่อแยกนั้น นอกจากจะระยุไว้เป็นอย่างอื่นในเรื่องนั้น ๆ

การลดขนาดของบัสเวย์ เฉพาะในงานอุตสาหกรรม ไม่ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินก็ได้ ถ้าบัสเวย์ที่เล็กลงมีขนาดกระแสไม่เน้อยกว่า 1/3 ของขนาดกระแสของบัสเวย์ต้นทาง หรือ 1/3 ของขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่อยู่ต้นทางของบัสเวย์ชุดเดียวกัน และความยาวของบัสเวย์ที่เล็กลงนั้นไม่เกิน 15 เมตร การลดขนาดบัสเวย์นอกจากที่กล่าวข้างต้นต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินที่จุดลดขนาด

**4. ขนาดกระแส** ขนาดกระแสของบัสเวย์ให้ใช้ตามบริษัทผู้ผลิต

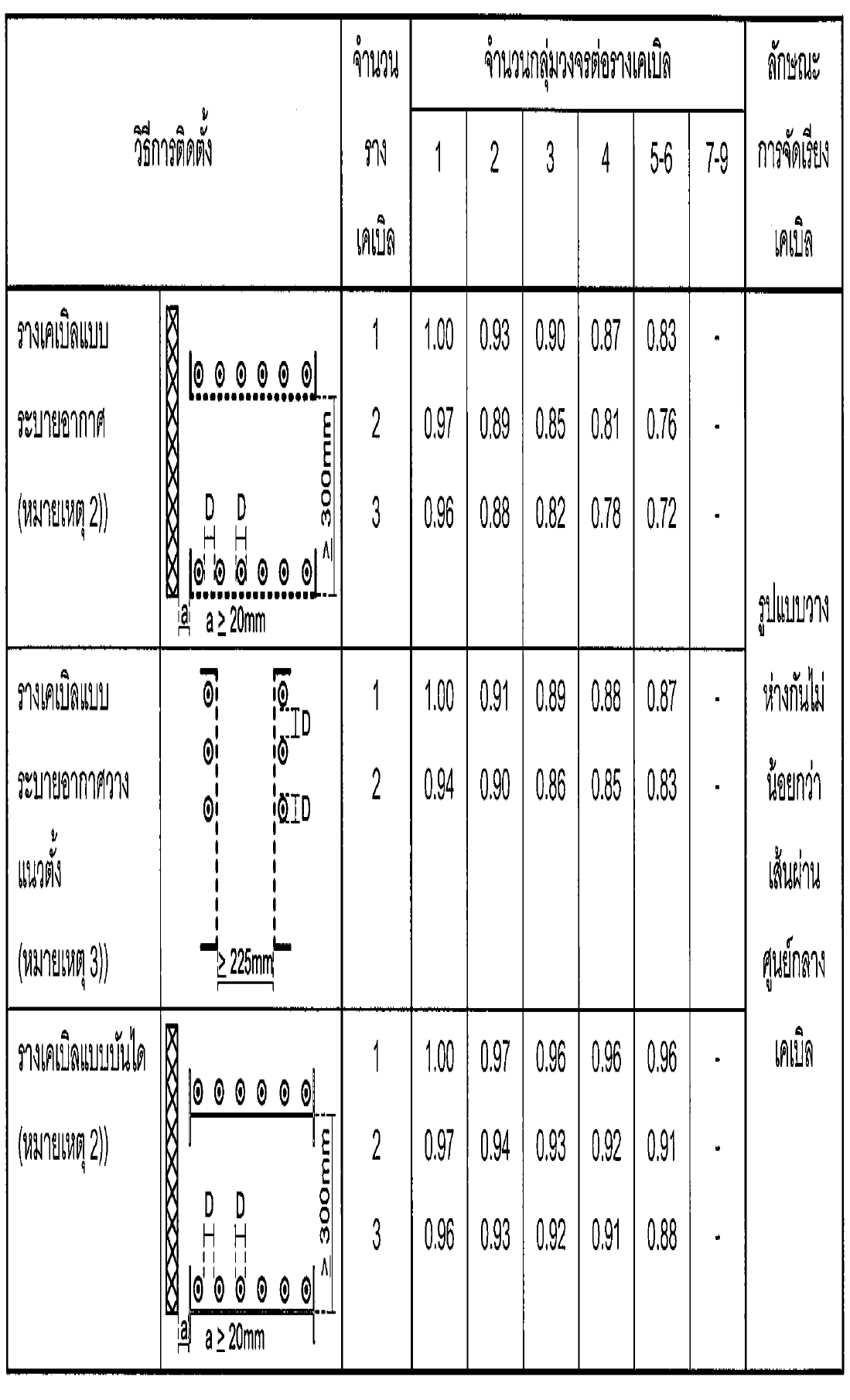
**ตารางที่ 5-40**

ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสสำหรับสายเคเบิ้ลแกนเดียว วางบนรางเคเบิ้ล เป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร



**ตารางที่ 5-40 (ต่อ)**

ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสสำหรับสายเคเบิ้ลแกนเดียว วางบนรางเคเบิ้ล เป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร

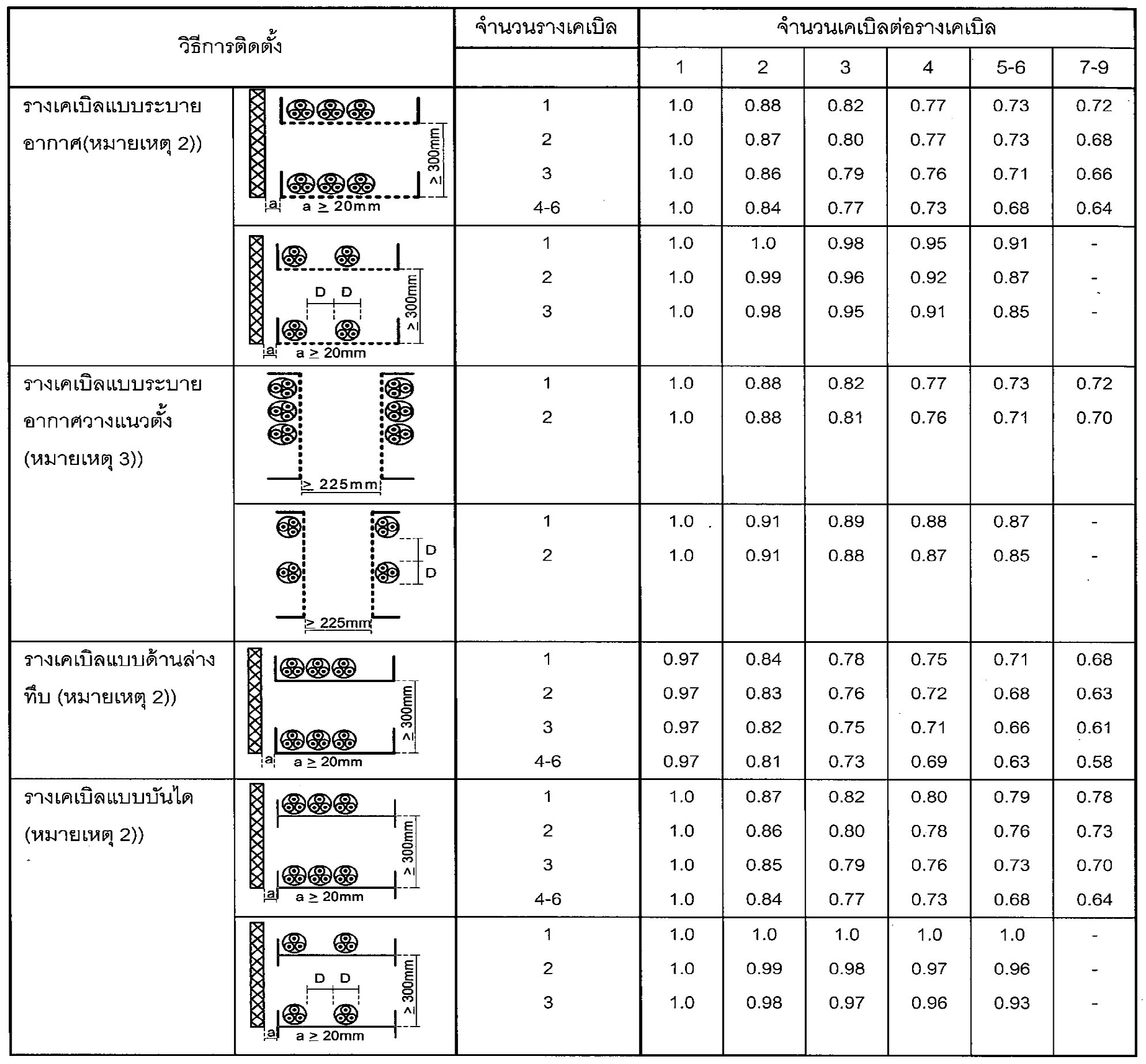


หมายเหตุ (ตารางที่ 5-40)

1. ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการวางสายไฟฟ้าชั้นเดียวเท่านั้น
2. ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิ้ลในแนวนอนที่มีระยะห่างระหว่างรางเคเบิ้ลในแนวดิ่ง ไม่น้อยกว่า 300 มม. และติดตั้งรางเคเบิ้ลห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 20 มม. เท่านั้น
3. ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิ้ลในแนวดิ่งที่มีระยะห่างระหว่างรางเคเบิ้ล ในแนวราบ ไม่น้อยกว่า 225 มม. เท่านั้น
4. ในกรณีที่จำนวนรางเคเบิ้ลมากกว่าหนึ่งราง ตัวคูณปรับค่าให้คิดจากรายเคเบิ้ลที่มีกลุ่มวงจรมากที่สุด

**ตารางที่ 5-41**

ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสสำหรับสายเคเบิ้ลหลายแกน วางบนรางเคเบิ้ลแบบระบายอากาศ แบบด้านล่างทึบหรือแบบบันได เมื่อวานเป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร



หมายเหตุ (ตารางที่ 5-41)

1. ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการวางสายไฟฟ้าชั้นเดียวเท่านั้น
2. ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิ้ลในแนวนอนที่มีระยะห่างระหว่างรางเคเบิ้ลในแนวดิ่ง ไม่น้อยกว่า 300 มม. และติดตั้งรางเคเบิ้ลห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 20 มม. เท่านั้น
3. ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิ้ลในแนวดิ่งที่มีระยะห่างระหว่างรางเคเบิ้ล ในแนวราบ ไม่น้อยกว่า 225 มม. เท่านั้น
4. ในกรณีที่จำนวนรางเคเบิ้ลมากกว่าหนึ่งราง ตัวคูณปรับค่าให้คิดจากรายเคเบิ้ลที่มีกลุ่มวงจรมากที่สุด

**วิธีการสอนและกิจกรรม**

1. ผู้สอนบรรยายเนื้อหา
2. นักศึกษาร่วมอภิปราย
3. ผู้สอนตั้งคำถามให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน
4. นักศึกษาทำแบบฝึกหัด
5. ให้งานที่มอบหมาย

**สื่อการสอน/อุปกรณ์การสอน**

1. หนังสือ

* วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. **มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556.** กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2556.
* ลือชัย ทองนิล. **การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานของการไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : ส.ส.ท., 2556.
* นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ. **เอกสารคำสอน รายวิชา 04-112-313 การออกแบบระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2559.

1. โสตทัศนวัสดุ

* กระดาน
* เครื่องฉายและคอมพิวเตอร์

**งานที่มอบหมาย**

* 1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
  2. ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสือที่เกี่ยวกับรางเดินสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย

**การวัดผล**

1. พิจารณาการเข้าชั้นเรียนตามเวลากำหนด สนใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียน
2. ตรวจแบบฝึกหัด การซักถาม-ตอบ

**แบบฝึกหัด**

* 1. การใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้าในงานไฟฟ้ามีจุดประสงค์เพื่ออะไร
  2. ท่อสาย (Raceways) ต่างจากท่อน้ำอย่างไร จงอธิบาย
  3. รางเคเบิ้ลคืออะไรจงอธิบาย
  4. ท่อร้อยสายไฟฟ้ามีกี่ชนิด อะไรบ้าง
  5. จงอธิบายวิธีการเดินสายในรางเคเบิ้ล
  6. กล่องดึงสาย (Pull Boxes) มีหลักเกณฑ์ของการคิดอย่างไร จงอธิบาย
  7. สาย IEC 01 ขนาด 50 ตร.มม จำนวน 10 เส้น และสาย IEC 01 ขนาด 25 ตร.มม จำนวน 20 เส้น จะใช้รางเดินสาย (Wireway) ขนาดเท่าใด
  8. การดึงสายภายในท่อนั้นหากระยะไม่ไกลมากนัก สามารถทำได้ด้วยการร้อยสายโดยตรงแต่ปกติแล้วจะใช้อุปกรณ์ดึงสายที่เรียกว่าอะไร
  9. รางเดินสายประกอบหมายถึงส่วนไหน จงอธิบาย
  10. จำนวนการดัดโค้งของท่อร้อยสายระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วไม่เกินกี่องศา